

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 754 576**

51 Int. Cl.:

B63B 1/04 (2006.01)

B63B 35/44 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.04.2016 PCT/EP2016/058003**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.10.2016 WO16169811**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.04.2016 E 16717317 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.09.2019 EP 3286069**

54 Título: **Soporte flotante de sección horizontal variable con la profundidad**

30 Prioridad:

22.04.2015 FR 1553611

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

20.04.2020

73 Titular/es:

IFP ENERGIES NOUVELLES (100.0%)

1 & 4 avenue de Bois-Préau

92500 Rueil-Malmaison, FR

72 Inventor/es:

PERDRIZET, TIMOTHEE;

BOZONNET, PAULINE;

GILBERT, PHILIPPE;

MABILE, CLAUDE;

PAPON, GERARD;

POIRETTE, YANN;

POURTIER, ALICE;

SAEEDI, NAVID;

DUPIN, VICTOR y

BANCEL, THIERRY

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 754 576 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

Soporte flotante de sección horizontal variable con la profundidad

5 La presente invención se refiere al campo de los soportes flotantes amarrados en el mar ("offshore"), en particular, para turbinas eólicas costa afuera.

10 En el caso de las turbinas eólicas costa afuera, el soporte flotante soporta, parcialmente emergida, la turbina eólica compuesta por unas palas, el rotor, la góndola y el mástil fijado sobre el soporte flotante. Estos soportes flotantes se pueden anclar al fondo marino mediante líneas de anclaje tensadas, semitensadas o líneas de anclaje catenarias. El soporte flotante tiene por objeto aportar flotabilidad y estabilidad a la turbina eólica, de manera que se absorban las fuerzas ejercidas sobre la misma, a la vez que se limitan los movimientos del conjunto.

15 En muchos países se están desarrollando frente a las costas diversos soportes flotantes dedicados a la instalación de turbinas eólicas de varios megavatios. Según la profundidad del sitio considerado, son posibles varias opciones de diseño. A pesar de su gran diversidad, surgen varias familias de soportes flotantes. Se pueden citar:

- los flotadores de tipo SPAR, caracterizados por una forma geométrica esbelta y que constan de un lastre grande con el fin de bajar el centro de gravedad del conjunto de la estructura al máximo y asegurar así la estabilidad (se habla entonces de estabilidad de masa),
- 20 - los flotadores de tipo barcaza: son soportes de poco calado y mucha manga. Su estabilidad está asegurada por su gran superficie de flotación (se habla entonces de estabilidad de forma). Sin embargo, este tipo de soporte es muy sensible al oleaje.
- los soportes de tipo TLP (del inglés "Tension Leg Platform" que podría traducirse como plataforma con piernas tensionadas), que tienen la particularidad de estar amarrados al fondo marino por unas líneas tensadas que garantizan la estabilidad de la estructura,
- 25 - los flotadores de tipo semisumergible: son unos soportes constituidos por al menos tres flotadores unidos por unos brazos con el fin de garantizar su rigidez. Estos soportes generalmente tienen poco desplazamiento y presentan una gran inercia de la superficie flotante, procurándoles así un par de enderezamiento suficiente para su estabilidad. Por otra parte, este tipo de flotador es menos sensible al oleaje que las barcazas.

35 El dimensionamiento de los soportes flotantes es un problema difícil, recurrente y con múltiples restricciones, porque debe adaptarse a cada aplicación (las restricciones son muy diferentes de una aplicación a otra) y a las condiciones ambientales del o de los sitios en los que están instalados (viento, oleaje, ...). Por ejemplo, las solicitudes de patente FR 2990005 (WO 2013160579), FR 2990477 (WO 2013167820) y FR 2999662 (US 2014167421) proponen diversas soluciones a estos problemas, modificando el ancla, conectando los flotadores entre sí o inclinando el flotador.

40 Además, la solicitud de patente FR 3005698 (WO 2014184454) divulga un soporte flotante para turbina eólica marina que comprende un lastre permanente y un lastre dinámico para satisfacer los criterios de estabilidad estática. No obstante, este soporte flotante no permite la instalación de la turbina eólica en el soporte en aguas poco profundas, por ejemplo, en un muelle.

La solicitud de patente WO 02/28704 A1 describe un flotador de tipo semisumergible.

45 Para hacerlo y con el fin de obtener la estabilidad del soporte flotante para diferentes profundidades de agua, la presente invención se refiere a un soporte flotante que comprende unos medios de lastrado para hacer variar el calado del soporte flotante. El soporte flotante según la invención tiene una sección horizontal variable con la profundidad, de manera que el momento cuadrático de la sección del soporte flotante, al nivel de la superficie de flotación, sea superior cuando el soporte flotante está sin lastre, en comparación con el momento cuadrático de la superficie de flotación del soporte flotante, al nivel de la superficie de flotación, cuando el soporte flotante está lastrado. De este modo, la estabilidad del soporte flotante para un calado poco profundo, inducida principalmente por la estabilidad de forma, está asegurada. En posición lastrada, la estabilidad del soporte flotante está inducida tanto por la estabilidad de masa como por la estabilidad de forma.

55 El dispositivo según la invención

La invención se refiere a un soporte flotante que consta de unos medios de lastrado y deslastrado del soporte flotante para hacer variar el calado de dicho soporte flotante, constando dicho soporte flotante de una sección variable con la profundidad. El momento cuadrático de dicha sección de dicho soporte flotante al nivel de la superficie de flotación de dicho soporte flotante deslastrado es superior al momento cuadrático de dicha sección de dicho soporte flotante al nivel de la superficie de flotación de dicho soporte flotante lastrado. El soporte flotante consta de una parte inferior que comprende un lastre permanente, una parte intermedia que comprende dichos medios de lastrado y deslastrado y una parte superior que comprende unos medios de flotación, estando dicha superficie de flotación de dicho soporte flotante deslastrado al nivel de dicha parte intermedia y estando dicha superficie de flotación de dicho soporte flotante lastrado al nivel de dicha parte superior.

Según la invención, dicha sección del soporte flotante al nivel de dicha superficie de flotación de dicho soporte flotante deslastrado es superior a dicha sección de dicho soporte flotante al nivel de dicha superficie de flotación de dicho soporte flotante lastrado.

5 Ventajosamente, en un plano horizontal de dicho soporte flotante, la dimensión exterior de dicha parte intermedia es más pequeña que la dimensión exterior de dicha parte inferior y es más grande que la dimensión exterior de dicha parte superior.

10 Según una variante de realización, dicho lastre permanente está hecho de hormigón armado o consta de una estructura metálica rellena de un material denso, tal como el hormigón o limaduras de hierro.

Preferentemente, dicha parte inferior tiene una forma sustancialmente troncocónica, tórica, paralelepípeda, cilíndrica o poligonal.

15 Ventajosamente, dicha parte inferior consta de varios módulos ensamblados.

Según un diseño de la invención, dicha parte intermedia comprende un casco de acero al menos parcialmente estanco.

20 Como alternativa, dicha parte intermedia comprende un casco de hormigón.

Según una característica de la invención, el lastre de dichos medios de lastrado comprende agua.

25 Según una realización de la invención, dicha parte intermedia está formada por un cilindro macizo, un tubo, un toro o una pluralidad de módulos distribuidos de manera continua o discontinua en la parte inferior.

Según un aspecto de la invención, dicha parte intermedia está formada por una estructura de acero y una pluralidad de módulos.

30 Según una variante de realización, dicha parte intermedia es al menos parcialmente desmontable para retirarse cuando el soporte flotante está lastrado.

Además, dicho soporte flotante puede constar de un módulo de transición que forma la transición entre dicha parte intermedia y dicha parte superior.

35 Ventajosamente, dicho módulo de transición tiene una forma sustancialmente cónica o troncocónica.

Preferentemente, dicho módulo de transición está dispuesto alrededor de la parte superior.

40 Por otra parte, dicho módulo de transición puede estar dispuesto encima de al menos un módulo que forma dicha parte intermedia.

Según una característica de la invención, dicha parte superior está hecha de hormigón de baja densidad, de acero o de una mezcla de acero/material compuesto.

45 Según un aspecto de la invención, dicha parte superior consta de varios módulos.

Además, la invención se refiere a una instalación de turbina eólica en una extensión de agua que comprende una turbina eólica y un soporte flotante según una de las características anteriores, estando dicha turbina eólica instalada en dicho soporte flotante.

50 Breve presentación de las figuras

Otras características y ventajas del procedimiento según la invención se pondrán de manifiesto con la lectura de la siguiente descripción de ejemplos no limitantes de las realizaciones, con referencia a las figuras adjuntas y que se describen a continuación.

La figura 1 ilustra un soporte flotante según un modo de realización de la invención.
La figura 2 representa un soporte flotante según un modo de realización de la invención en la posición lastrada (figura de la izquierda) y en la posición deslastrada (figura de la derecha).
60 La figura 3 ilustra una variante de realización del soporte flotante en posición lastrada.
Las figuras 4a a 4e representan unas variantes de realización del soporte flotante en posición lastrada.
Las figuras 5a a 5d ilustran unas variantes de realización del lastre permanente del soporte flotante.
Las figuras 6a y 6b ilustran unas variantes de realización de la parte intermedia del soporte flotante.
Las figuras 7a a 7e representan diferentes variantes de realización de la parte intermedia del soporte flotante.
65 Las figuras 8 y 9 ilustran dos variantes de realización de la parte intermedia desmontable del soporte flotante.
Las figuras 10a a 10d ilustran unas variantes de realización del módulo de transición del soporte flotante.

Las figuras 11a y 11b representan dos variantes de realización de la parte superior del soporte flotante.

La figura 12 ilustra una parametrización geométrica de un flotador según un modo de realización de la invención.

Descripción detallada de la invención

5 La presente invención se refiere a un soporte flotante. El soporte flotante se puede utilizar como base para una turbina eólica marina ("offshore"), pero también se puede adaptar a otros campos, tales como la recuperación de hidrocarburos en el mar o para la recuperación de energía marina (energía térmica, undimotriz, de las corrientes marinas...).

10 El soporte flotante según la invención comprende unos medios de lastrado y deslastrado del soporte flotante, que permiten variar el calado del soporte flotante. El calado es la altura de la parte sumergida del soporte flotante. Corresponde a la distancia vertical entre la superficie de flotación y el punto más bajo del soporte flotante. La variación del calado permite regular, por tanto, la profundidad a la que se sumerge el soporte flotante: por ejemplo, para las operaciones portuarias de instalación, mantenimiento y desmantelamiento, el calado debe ser pequeño (porque hay poca profundidad del agua), mientras que es preferible tener un calado más elevado, cuando el soporte flotante está posicionado y anclado al fondo marino, con el fin de mejorar la estabilidad y el comportamiento dinámico del flotador. Ventajosamente, los medios de lastrado y deslastrado permiten la entrada de agua del medio marino dentro del soporte flotante para aumentar el peso del soporte flotante y así aumentar el calado. Como alternativa al agua de mar, los medios de lastrado y deslastrado pueden comprender un material (por ejemplo, un fluido de densidad suficiente, limaduras de hierro o arena...) que se puede retirar para permitir el deslastrado y, por lo tanto, reducir el calado. Preferentemente, los medios de lastrado y deslastrado están dispuestos en la parte baja del soporte flotante para mejorar la estabilidad de masa cuando está lastrado.

25 Según la invención, el soporte flotante tiene una sección horizontal variable con la profundidad. El soporte flotante está diseñado de manera que el momento cuadrático de la superficie de flotación, cuando el soporte flotante está deslastrado, sea mayor que el momento cuadrático de la superficie de flotación del soporte flotante lastrado. La sección del soporte flotante al nivel de la superficie de flotación corresponde a la sección horizontal al nivel del mar (al nivel de la línea de flotación). El momento cuadrático es una magnitud que caracteriza la geometría de una sección y que está definida con respecto a un eje o un punto; según la invención, el punto o el eje corresponde al eje de la turbina eólica. El momento cuadrático I de una sección S puede venir determinado por una fórmula de la forma: $I = \int_S y^2 ds$, siendo y la distancia entre el punto o eje de referencia y un punto de la superficie. Por ejemplo, el momento cuadrático I de un cilindro de diámetro D puede determinarse mediante una fórmula de tipo:

$$I = \frac{\pi d^4}{64}.$$

35 De este modo, según la invención, el momento cuadrático es mayor cuando el soporte flotante está deslastrado (con poco calado) que cuando el soporte flotante está lastrado, lo que permite garantizar la estabilidad del soporte flotante y de la turbina eólica (o del sistema que se instalará en el soporte flotante) en aguas poco profundas (con poco calado). De este modo, en posición de flotación deslastrada, el poco calado permite llevar a cabo las operaciones portuarias de instalación, mantenimiento y desmantelamiento en aguas poco profundas (por ejemplo, en el muelle). En la posición deslastrada, la estabilidad del soporte flotante equipado con la turbina eólica (o el sistema instalado en el mar) se debe principalmente a la estabilidad de forma.

40 En posición lastrada, la estabilidad de forma se reduce, pero se compensa con una mayor estabilidad de masa que proviene de una posición más baja del centro de gravedad gracias al lastre adicional. De este modo, la rigidez hidrostática del flotador (suma de la rigidez de la forma y de la masa) en arfada se reduce, mientras que en cabeceo y balanceo se incrementa. Esto permite garantizar la estabilidad de la turbina eólica flotante, incluyendo los fuertes empujes generados por la turbina eólica en funcionamiento. Además, los movimientos del flotador en posición lastrada son limitados, por un lado, gracias a la disminución de la rigidez hidrostática en arfada, lo que permite aumentar sustancialmente los periodos propios y, por otro lado, gracias a una superficie de flotación más pequeña, lo que permite limitar los esfuerzos de excitación generados por el oleaje.

45 Durante la fase de transición entre las posiciones totalmente lastrada y totalmente deslastrada, es decir, cuando la línea de flotación está situada en una posición intermedia, la estabilidad del flotador puede estar garantizada por la geometría del flotador, que se puede determinar de manera que las curvas de rigidez en arfada, cabeceo y balanceo en función del calado sean sustancialmente continuas.

50 De este modo, el soporte flotante según la invención tiene características geométricas y de masa que permiten beneficiarse al mismo tiempo de la estabilidad de forma y de la estabilidad de masa.

60 La figura 1 representa un soporte flotante 1 según un modo de realización de la invención. La figura 1 ilustra de manera no limitativa un ejemplo de variante de la sección del soporte flotante 1 en función de la profundidad. El soporte flotante 1 comprende unos medios de lastrado 2. El nivel de la línea de flotación media en la posición deslastrada se presenta con la referencia Lfd. En posición lastrada, el nivel de la línea de flotación media se presenta con la referencia Lfb. Gracias a la sección variable del soporte flotante que disminuye entre las líneas Lfd y Lfb, la sección Sb y el momento

cuadrático de la superficie de flotación del soporte flotante lastrado son respectivamente inferiores a la sección S_d y al momento cuadrático de la superficie de flotación del soporte flotante deslastrado.

Según un modo de realización de la invención, el soporte flotante comprende:

- 5
- una parte inferior que comprende un lastre permanente, que constituye una masa fija en la base del soporte flotante que permite la estabilidad de masa. Preferentemente, la parte inferior comprende materiales pesados, como el hormigón.
 - una parte intermedia que comprende los medios de lastrado, que también sirven como medios de deslastrado.
- 10 Esta parte intermedia corresponde a un primer módulo de flotabilidad lastrable. Durante las fases de instalación y mantenimiento o, de manera más general, cuando se requiere poco calado de manera temporal, este módulo se deslastra y la superficie de flotación está al nivel de este módulo. Este aporta así flotabilidad al conjunto. La estabilidad del flotador está entonces garantizada principalmente por su estabilidad de forma que procede de su momento cuadrático en la superficie de flotación. Cuando hay suficiente profundidad de agua, se aumenta el calado
- 15 lastrando completamente el módulo con agua de mar u otro fluido o material denso, lo que permite aumentar el calado y mejorar el rendimiento del flotador en términos de estabilidad y comportamiento dinámico. El módulo ya no proporciona ni flotabilidad, ni rigidez hidrostática de forma, pero contribuye a la estabilidad de masa.
- una parte superior, denominada flotador principal, que corresponde al módulo de flotabilidad principal. Este permite garantizar, cuando el flotador está lastrado, la flotabilidad del soporte flotante equipado con una turbina eólica o cualquier sistema que deba instalarse en el soporte flotante. Preferentemente, la parte superior tiene un diseño ligero para no penalizar la estabilidad de masa del conjunto.
- 20

25 La denominación "inferior/superior" debe considerarse según la dirección vertical del soporte flotante en su posición de uso: el lastre permanente de la parte inferior se encuentra sumergido en profundidad y la parte superior sobresale parcialmente de la superficie del agua. La parte intermedia está colocada entre los extremos de las partes inferior y superior.

30 En la posición deslastrada, la línea de flotación media está al nivel de la parte intermedia y, por lo tanto, la parte intermedia emerge parcialmente. En posición lastrada, la línea de flotación media está al nivel del flotador principal (parte superior) y, por lo tanto, la parte intermedia está completamente sumergida.

35 Preferentemente, en el plano horizontal, las dimensiones de la parte intermedia son reducidas en relación con las dimensiones de la parte inferior y son mayores que las dimensiones de la parte superior. De este modo, la sección y, por lo tanto, el momento cuadrático al nivel de la superficie de flotación es superior en la posición deslastrada que en la posición lastrada. Por ejemplo, con las tres partes de forma sustancialmente cilíndrica, el diámetro de la parte inferior es mayor que el diámetro de la parte intermedia, que a su vez es más grande que el diámetro de la parte superior.

40 Además, el soporte flotante según este modo de realización de la invención puede comprender, de manera opcional, un módulo de transición, que permite realizar la transición geométrica entre la parte intermedia y la parte superior. El módulo de transición garantiza, durante las operaciones de lastrado/deslastrado, la continuidad de la rigidez hidrostática del soporte en función del calado. Su geometría está definida de manera que la estabilidad del flotador esté asegurada independientemente de cuál sea el calado. El módulo de transición puede ser lastrable o no lastrable.

45 La figura 2 ilustra un ejemplo no limitante de este modo de realización sin módulo de transición. La figura de la izquierda corresponde a una posición lastrada y la figura de la derecha a una posición deslastrada. El soporte flotante comprende una parte inferior 4, una parte intermedia 2 y una parte superior 3. Estas tres partes están representadas esquemáticamente, pero pueden adoptar una cualquiera de las formas de las variantes de realización descritas más adelante. Según la figura 2, las dimensiones de la parte intermedia 2 son más pequeñas que las dimensiones de la parte inferior 4 y son más grandes que las dimensiones de la parte superior 3. En la posición deslastrada (figura de la derecha), la parte intermedia 2 no comprende lastre, la línea de flotación está al nivel de la parte intermedia 2 y hay poco calado. Por otra parte, la sección S_d al nivel de la superficie de flotación es la de la parte intermedia 2. En la posición lastrada (figura de la izquierda), la parte intermedia 2 comprende lastre, la línea de flotación está al nivel de la parte superior 3 y el calado es elevado. Por otra parte, la sección S_b al nivel de la superficie de flotación es la de la parte superior 3. Dado que, para este ejemplo de realización, la sección horizontal de la parte intermedia 2 es mayor que la sección horizontal de la parte superior 3, la sección S_d es mayor que la sección S_b .

50

55

60 La figura 3 ilustra una variante de realización del soporte flotante según la figura 2, que además comprende un módulo de transición 5 que forma una transición geométrica entre la parte intermedia 2 y la parte superior 3. Como se ilustra, pero de manera no limitativa, el módulo de transición es lastrable y tiene una forma troncocónica que conecta de manera continua el diámetro de la parte intermedia 2 con el diámetro de la parte superior 3.

65 En el resto de la descripción, se describen e ilustran diversas variantes de este modo de realización (soporte flotante con parte inferior, parte intermedia y parte superior). Las variantes tecnológicamente compatibles se pueden combinar entre sí, para combinar sus efectos. En concreto, el módulo de transición se puede añadir a todas las variantes de realización que no están provistas del mismo.

Según una variante de realización, el flotador principal (la parte superior) pasa a través de la parte intermedia, esto permite absorber directamente la masa y las fuerzas de la turbina eólica (o el sistema que se instalará en el mar) mediante el lastre permanente de la parte inferior.

5 La figura 4a ilustra un ejemplo de esta variante de realización, en la que la parte superior 3 pasa a través de la parte intermedia 2 y está dispuesta sobre la parte inferior 4. La parte intermedia 2 consta entonces de una abertura que permite el paso de la parte superior 3.

10 Según un aspecto de la invención, un tubo central puede pasar a través de las tres partes, concretamente, para el paso de cables, tales como cables eléctricos.

La figura 4b ilustra un ejemplo de esta variante de realización, en la que un tubo central 19 pasa a través de la parte superior 3, de la parte intermedia 2 y de la parte inferior 4.

15 Según una característica de la invención, la parte inferior puede pasar a través de la parte intermedia. La parte inferior (con el lastre permanente) también puede tener una dimensión más pequeña o igual a la dimensión de la parte intermedia. Como alternativa, la parte inferior puede tener una dimensión mayor que la dimensión de la parte intermedia.

20 La figura 4c ilustra un ejemplo de esta variante de realización, en el que la parte inferior 4 pasa a través de la parte intermedia 2. La parte inferior 4 tiene, en el plano horizontal, una dimensión más pequeña que la dimensión de la parte intermedia 2.

25 La figura 4d presenta una realización de la invención en la que la parte inferior 4, que comprende el lastre permanente, está integrada en la parte intermedia 2. En este caso, el lastre permanente tiene una dimensión menor que la de la parte intermedia 2.

30 La figura 4e ilustra una realización de la invención en la que las secciones y los momentos cuadráticos de la superficie de flotación no están correlacionados. De este modo, la sección lastrada Sb es mayor que la sección deslastrada Sd, mientras que el momento cuadrático de la superficie de flotación lastrada Ib es menor que el momento cuadrático de la superficie de flotación deslastrada Id.

35 El lastre permanente también puede permitir generar una masa de agua añadida y una amortiguación hidrodinámica, para aumentar respectivamente los períodos naturales del flotador desfasándolos, fuera de los períodos de oleaje, y para reducir la amplitud del movimiento del soporte flotante por efecto de las olas. Para ello, su dimensión en un plano horizontal es mayor que la dimensión de la parte intermedia y/o la de la parte superior.

40 Por otra parte, el lastre permanente permite, desde un punto de vista estructural, absorber la masa de la turbina eólica (o el sistema instalado en el mar) y una parte de las fuerzas generadas por el viento sobre la turbina eólica.

Ventajosamente, el lastre permanente está hecho de un material pesado. Por ejemplo, el lastre permanente puede ser de hormigón armado. Como alternativa, el lastre permanente está compuesto por una estructura metálica, preferentemente de acero, relleno con un material pesado, tal como el hormigón o limaduras de hierro.

45 Según una configuración de la invención, el lastre permanente puede tener una forma sustancialmente cilíndrica. La figura 5a ilustra un ejemplo de esta variante de realización, para la que la parte inferior 4 comprende un lastre permanente cilíndrico.

50 Según otro diseño, el lastre permanente puede tener una forma sustancialmente troncocónica. La figura 5b ilustra un ejemplo de esta variante de realización, para la que la parte inferior 4 consta de un lastre permanente troncocónico.

Según unas variantes de realización no ilustradas, el lastre permanente y, por lo tanto, la parte inferior, puede tener una forma sustancialmente tórica, paralelepípeda, cúbica, poligonal...

55 Según una posibilidad, la parte inferior puede estar conectada con la parte intermedia por medio de refuerzos. La figura 5c ilustra un ejemplo de esta variante de realización, para la que uno o más refuerzos 6 están dispuestos entre la parte inferior 4 y la parte intermedia 2. Como alternativa, la parte inferior puede estar conectada con la parte superior por medio de refuerzos, en concreto, cuando la parte intermedia es desmontable.

60 Por otra parte, el lastre permanente puede estar constituido por varios elementos prefabricados y que se ensamblan en el muelle. El ensamblaje puede adoptar una cualquiera de las formas descritas anteriormente. La figura 5d representa un ejemplo de una parte inferior 4 que comprende varios módulos 7. Según el ejemplo ilustrado, la parte inferior está formada por seis módulos triangulares, cuya ensambladura forma un hexágono.

65 Según un aspecto, la parte intermedia (el módulo de flotabilidad lastrable) preferentemente está compuesta de un casco metálico, preferentemente de acero, completamente estanco (casco cerrado) o semi-estanco (casco abierto por

la parte de abajo, es decir, abierto hacia la parte inferior). El casco semi-estanco permite ahorrar, en masa y en costes, de la parte inferior del casco metálico, pero no permite garantizar la estanqueidad de este casco a largo plazo ya que el agua puede circular entre el hormigón y el casco. Solo se requiere que el casco sea estanco en la posición deslastrada y, por lo tanto, de manera muy temporal (instalación, mantenimiento), las eventuales entradas de agua pueden compensarse con un sistema temporal de bombeo. La parte intermedia también puede estar hecha de hormigón e integrada en la parte inferior que comprende el lastre permanente 4.

La figura 6a representa parcialmente una parte intermedia 2 para la variante de realización descrita anteriormente, para la que la parte intermedia 2 consta de un casco estanco 8, que está cerrado y tiene una pared al nivel de la parte inferior 4. Para esta variante, el agua de mar no puede penetrar en el lastre 2.

La figura 6b representa parcialmente una parte intermedia 2 para la variante de realización descrita anteriormente, para la que la parte intermedia 2 consta de un casco semi-estanco 8, que tiene paredes laterales, pero no tiene una pared al nivel de la parte inferior 4. Para esta variante, existe un riesgo limitado de que penetre agua de mar en el lastre 2.

Según una implementación de la invención, la parte intermedia puede estar hecha de una sola pieza que tenga una forma sustancialmente cilíndrica (maciza o hueca) o tórica. Como alternativa, la parte intermedia puede constar de una pluralidad de módulos distribuidos de manera continua o discontinua sobre la parte inferior.

La figura 7a representa una variante de realización, para la que la parte intermedia 2 está hecha de una sola pieza y tiene una forma cilíndrica. Como se ilustran de manera no limitativa, las partes inferior 4 y superior 3 también tienen una forma sustancialmente cilíndrica.

La figura 7b representa una variante de realización, para la que la parte intermedia 2 está formada por una pluralidad de módulos 9. Los módulos 9 están distribuidos de manera discontinua sobre la parte inferior 4. Los módulos 9 tienen sustancialmente una forma cilíndrica y están alejados los unos de los otros y no están en contacto con la parte superior 3. Como se ilustran de manera no limitativa, las partes inferior 4 y superior 3 tienen una forma sustancialmente cilíndrica. Como alternativa, los módulos pueden estar adosados entre sí o estar adosados a la parte intermedia.

La figura 7c ilustra una variante de realización, para la que la parte intermedia 2 está formada por una pluralidad de módulos 10. Los módulos 10 están distribuidos de manera discontinua sobre la parte inferior 4. Los módulos 10 tienen sustancialmente una forma paralelepípeda y están alejados los unos de los otros y están en contacto con la parte superior 3. Como se ilustran de manera no limitativa, las partes inferior 4 y superior 3 tienen una forma sustancialmente paralelepípeda. Como alternativa, los módulos se pueden distribuir de manera que estén adosados. Además, los módulos pueden adoptar otras formas: cilíndricas, tubular...

Las figuras 7d y 7e ilustran una variante de realización con y sin los volúmenes de flotabilidad, para la que la parte intermedia está formada por una pluralidad de módulos 11. Los módulos 11 están distribuidos de manera continua sobre la parte inferior 4 alrededor de la parte superior 3. Los módulos 11 pueden estar contenidos en una estructura 12 formando una jaula.

Ventajosamente, el módulo de flotabilidad lastrable (la parte intermedia) puede ser desmontable y reutilizarse, por lo tanto, para diferentes flotadores durante su instalación. La parte desmontable se retira cuando el soporte flotante está en posición lastrada y anclado en el fondo marino. En este caso, ya no garantiza la transferencia de la carga hacia la parte baja. Este módulo desmontable puede tener una forma tórica o cilíndrica, o una forma optimizada para un desmontaje simple, o estar constituida por varios elementos distribuidos de manera continua o discontinua. También puede estar constituido por varios submódulos flexibles encerrados en una estructura de tipo jaula, lo que permite la transferencia de fuerzas a las partes intermedias e inferiores.

Las figuras 8a y 8b ilustran una variante de realización, para la que la parte intermedia comprende un módulo 13 desmontable. Preferentemente, el módulo 13 puede tener una forma de una porción de cilindro o troncocónica que, en posición montada, rodea la parte superior 3 y está dispuesta sobre la parte inferior 4.

Las figuras 9a a 9c ilustran una variante de realización para diferentes posiciones de lastrado, para la que la parte intermedia comprende una pluralidad de módulos 13 desmontables coronados por módulos de transición 5. Los lastres de los módulos 13 se llenan progresivamente y se desconectan cuando la cantidad de aire restante permite garantizar la flotabilidad de los lastres, que remontan así a la superficie para ser remolcados a continuación.

Para las variantes de realización que constan de un módulo de transición, en las fases transitorias de lastrado y deslastrado, el módulo de transición permite garantizar la estabilidad del flotador como complemento del lastre permanente, garantizando la continuidad de la rigidez hidrostática en función del calado.

Para ello, la superficie de flotación del módulo de transición, por su parte superior, puede disminuir de manera sustancialmente continua hacia la del flotador principal (parte superior), por ejemplo, mediante una forma cónica. El ángulo formado por el cono puede estar definido entonces de manera que cumpla los criterios de estabilidad a lo largo

de todas estas operaciones.

De acuerdo con un diseño del flotador que consta de un módulo de transición, el módulo de transición puede ser lastrable o no lastrable. También puede estar integrado en el módulo de flotabilidad lastrable en el caso de que este sea desmontable (véanse las figuras 9a a 9c).

Las figuras 10a y 10b ilustran una variante de realización, para la que el soporte flotante consta de un módulo de transición 5 de forma sustancialmente troncocónica. La figura 10a corresponde a la posición deslastrada del soporte flotante, y la figura 10b corresponde a la posición lastrada del soporte flotante. El módulo de transición 5 está dispuesto alrededor de la parte superior 3 y por encima de la parte intermedia 2. En posición lastrada, la superficie del agua está al nivel del módulo de transición 5, que tiene una sección más pequeña (porque es decreciente) que la sección de la parte inferior.

La figura 10c ilustra una variante de realización, para la que el soporte flotante consta de un módulo de transición 14. El módulo de transición 14 tiene sustancialmente una forma cilíndrica, cuyo diámetro exterior corresponde al diámetro exterior de la parte inferior 2 y tiene un diámetro interior que disminuye con la profundidad.

La figura 10d ilustra una variante de realización, para la que el soporte flotante consta de una pluralidad de módulos de transición 15 dispuestos sobre una pluralidad de módulos 9 de lastrado. Los módulos de transición 15 tienen sustancialmente una forma troncocónica.

La parte superior garantiza la flotabilidad del soporte flotante y su estabilidad de forma cuando el flotador está lastrado. También puede garantizar que se absorba una parte de las fuerzas generadas por la turbina eólica (o el sistema que se instalará en el soporte flotante) y los anclajes. Está dimensionado para ser lo más ligero posible para no perjudicar la estabilidad del conjunto del flotador. Para hacerlo, puede estar hecho de un material ligero como un hormigón de baja densidad o de acero, o de un material mixto de acero/material compuesto.

La parte superior puede comprender una pluralidad de módulos de flotabilidad. Los módulos de flotabilidad se pueden hacer en forma de un sistema de doble casco. La figura 11a ilustra una variante de realización de un módulo de flotabilidad de doble casco 16 de este tipo.

Como alternativa, la parte superior puede comprender una pluralidad de módulos de flotabilidad de acero o módulos de flotabilidad flexibles (materiales plásticos, estructuras inflables, espumas) distribuidos en el interior de una estructura metálica no estanca, preferentemente, de acero. La estructura metálica permite garantizar la transferencia de cargas hacia la parte baja y absorber parte de las fuerzas generadas por la turbina eólica (o el sistema que se instalará en el soporte flotante) y los anclajes. Las figuras 11b y 11c ilustran tal variante de realización de la parte superior que comprende una estructura metálica 17 y módulos flexibles 18.

Además, la parte superior puede tener una sección variable que aumente con la profundidad. De este modo, durante el lastrado, la sección al nivel de la superficie de flotación disminuye, lo que permite obtener una continuidad de la rigidez hidrostática sin un módulo de transición. Por ejemplo, la parte superior puede tener al menos una porción de forma sustancialmente cónica.

El soporte flotante según la invención puede comprender otras partes además de las descritas. Además, el soporte flotante puede constar de unos medios para fijar las líneas de anclaje.

La presente invención también se refiere a una instalación de turbina eólica sobre una extensión de agua (por ejemplo, el mar). La instalación comprende una turbina eólica de eje vertical o de eje horizontal, y un soporte flotante de acuerdo con una cualquiera de las combinaciones de variantes descritas anteriormente. El soporte flotante según la invención permite una estabilidad de la turbina eólica con poco calado y con un calado más elevado.

Ejemplo

En esta parte, se presenta un ejemplo de dimensionamiento de un soporte flotante según la invención. Se asume que el flotador principal (parte superior), el módulo de flotabilidad lastrable (parte intermedia) y el lastre permanente (parte inferior) tienen una forma cilíndrica.

Una turbina eólica genérica de 5 MW está instalada en el flotador.

La figura 12 representa una parametrización geométrica de un soporte según la invención que comprende una parte inferior 4, una parte intermedia 2 y una parte superior 3.

El soporte flotante puede tener las siguientes dimensiones para soportar una turbina eólica de 5 MW:

Tabla 1: Características del soporte flotante

R1	8 m
R2	16 m
R3	22 m
H1	30 m
H2	5 m
H3	2 m
Hcono	16 m
Masa de acero	640 toneladas
Masa de hormigón	6.000 toneladas
Masa de agua	12.000 toneladas
Período propio de arfada	30 s

El soporte flotante según el ejemplo permite que la turbina eólica flotante se mantenga estable en posición lastrada y en posición deslastrada.

REIVINDICACIONES

1. Soporte flotante que consta de unos medios de lastrado y deslastrado (2) del soporte flotante (1) para hacer variar el calado de dicho soporte flotante, constando dicho soporte flotante (1) de una sección variable con la profundidad, en el que el momento cuadrático de dicha sección (Sd) de dicho soporte flotante al nivel de la superficie de flotación (Lfd) de dicho soporte flotante deslastrado es superior al momento cuadrático de dicha sección (Sb) de dicho soporte flotante al nivel de la superficie de flotación (Lfb) de dicho soporte flotante lastrado, caracterizado por que dicho soporte flotante (1) consta de una parte inferior (4) que comprende un lastre permanente, una parte intermedia (2) que comprende dichos medios de lastrado y deslastrado y una parte superior (3) que comprende unos medios de flotación, estando dicha superficie de flotación (Sd) de dicho soporte flotante deslastrado al nivel de dicha parte intermedia (2) y estando dicha superficie de flotación (Sb) de dicho soporte flotante lastrado al nivel de dicha parte superior (3, 13).
2. Soporte flotante según la reivindicación 1, en el que dicha sección (Sd) del soporte flotante al nivel de dicha superficie de flotación (Lfd) de dicho soporte flotante deslastrado es superior a dicha sección (Sb) de dicho soporte flotante al nivel de dicha superficie de flotación (Lfb) de dicho soporte flotante lastrado.
3. Soporte flotante según una de las reivindicaciones anteriores, en el que, en un plano horizontal de dicho soporte flotante, la dimensión exterior de dicha parte intermedia (2) es más pequeña que la dimensión exterior de dicha parte inferior (4) y es más grande que la dimensión exterior de dicha parte superior (3, 13).
4. Soporte flotante según una de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho lastre permanente está hecho de hormigón armado o consta de una estructura metálica rellena de un material denso, tal como el hormigón o limaduras de hierro.
5. Soporte flotante según una de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha parte inferior (4) tiene una forma sustancialmente troncocónica, tórica, paralelepípeda, cilíndrica o poligonal.
6. Soporte flotante según una de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha parte inferior (4) consta de varios módulos (7) ensamblados.
7. Soporte flotante según una de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha parte intermedia (2) comprende un casco de acero (8) al menos parcialmente estanco.
8. Soporte flotante según una de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha parte intermedia comprende un casco de hormigón.
9. Soporte flotante según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el lastre de dichos medios de lastrado (2) comprende agua.
10. Soporte flotante según una de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha parte intermedia (2) está formada por un cilindro macizo, un tubo, un toro o una pluralidad de módulos (9, 10, 11) distribuidos de manera continua o discontinua en la parte inferior (4).
11. Soporte flotante según la reivindicación 10, en el que dicha parte intermedia (2) está formada por una estructura de acero (12) y una pluralidad de módulos (11).
12. Soporte flotante según una de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha parte intermedia (13) es al menos parcialmente desmontable para ser retirada cuando el soporte flotante está lastrado.
13. Soporte flotante según una de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho soporte flotante (1) consta de un módulo de transición (5, 14, 15) que forma la transición entre dicha parte intermedia (2) y dicha parte superior (3).
14. Soporte según la reivindicación 13, en el que dicho módulo de transición (5) tiene una forma sustancialmente cónica o troncocónica.
15. Soporte según una de las reivindicaciones 13 o 14, en el que dicho módulo de transición (5, 14, 15) está dispuesto alrededor de la parte superior.
16. Soporte según una de las reivindicaciones 13 o 14, en el que dicho módulo de transición (15) está dispuesto encima de al menos un módulo (9, 10, 11) que forma dicha parte intermedia (2).
17. Soporte según una de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha parte superior (3) está hecha de hormigón de baja densidad, de acero o de una mezcla de acero/material compuesto.
18. Soporte según una de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha parte superior (3) consta de varios módulos (16).

19. Instalación de turbina eólica en una extensión de agua que comprende una turbina eólica y un soporte flotante (1) según una de las reivindicaciones anteriores, estando dicha turbina eólica instalada en dicho soporte flotante.

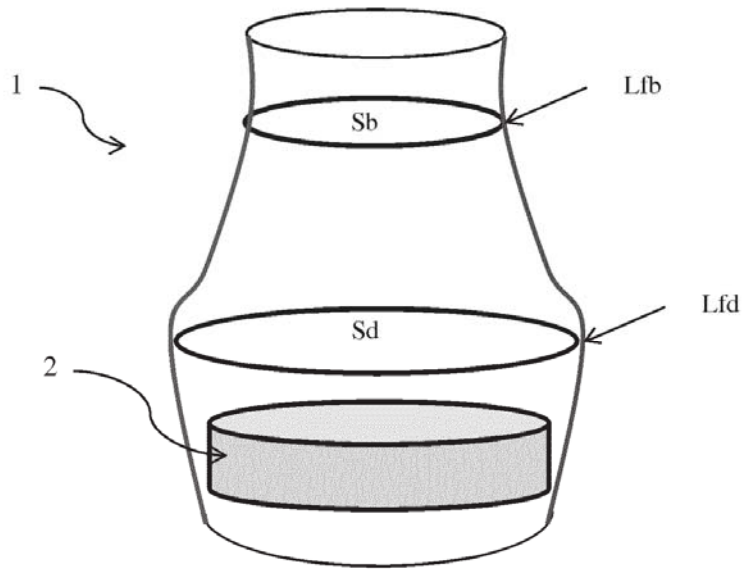


Figura 1

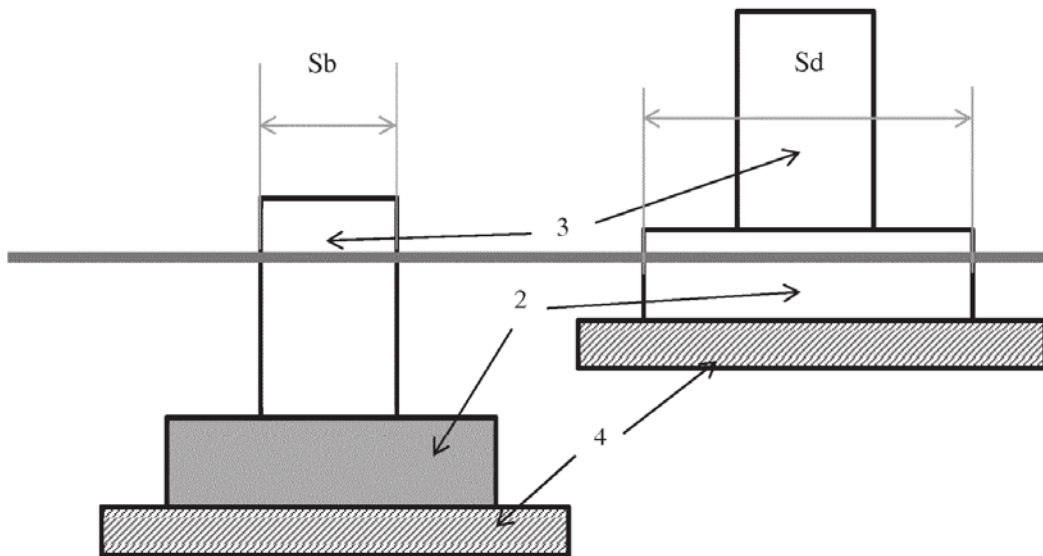


Figura 2

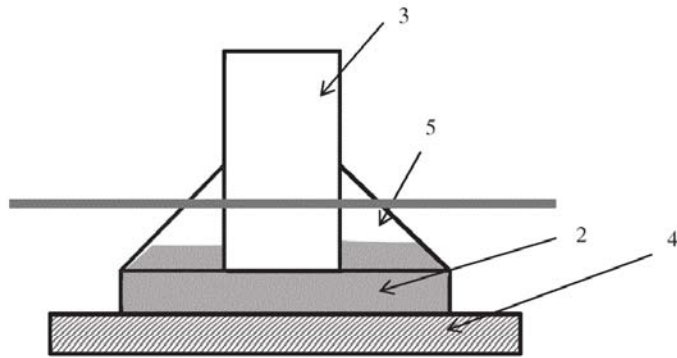


Figura 3

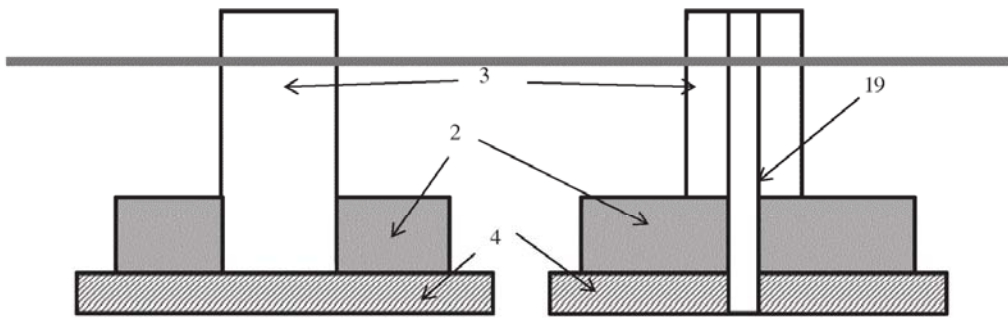


Figura 4a

Figura 4b

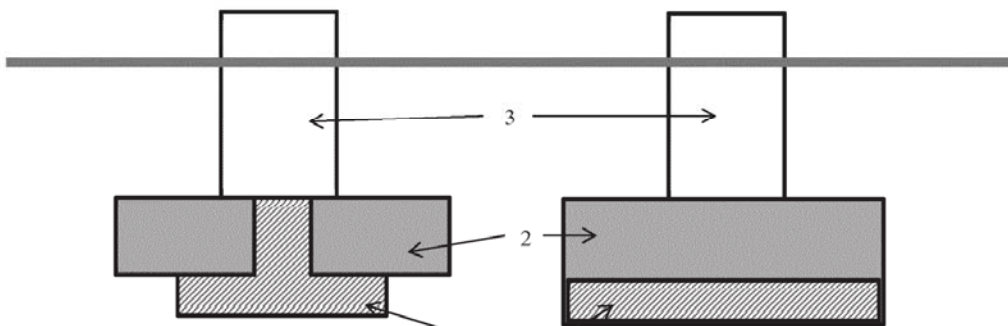


Figura 4c

Figura 4d

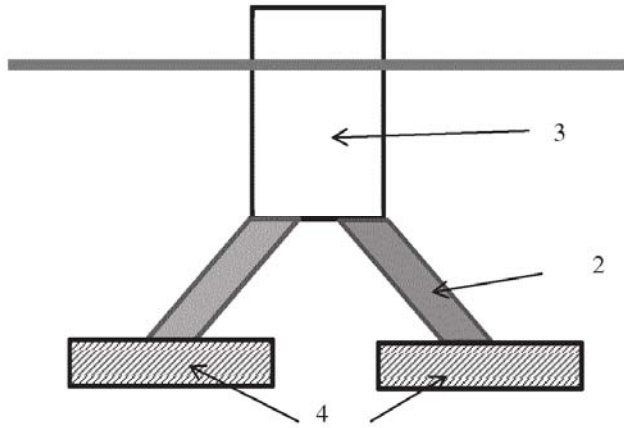


Figura 4e



Figura 5a



Figura 5b

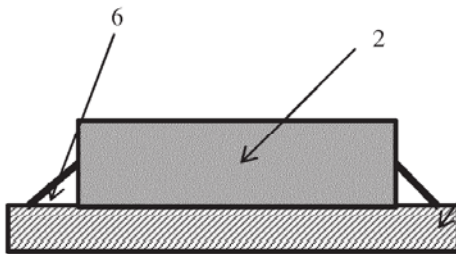


Figura 5c

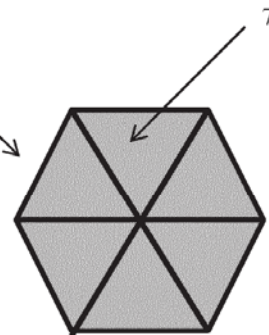


Figura 5d

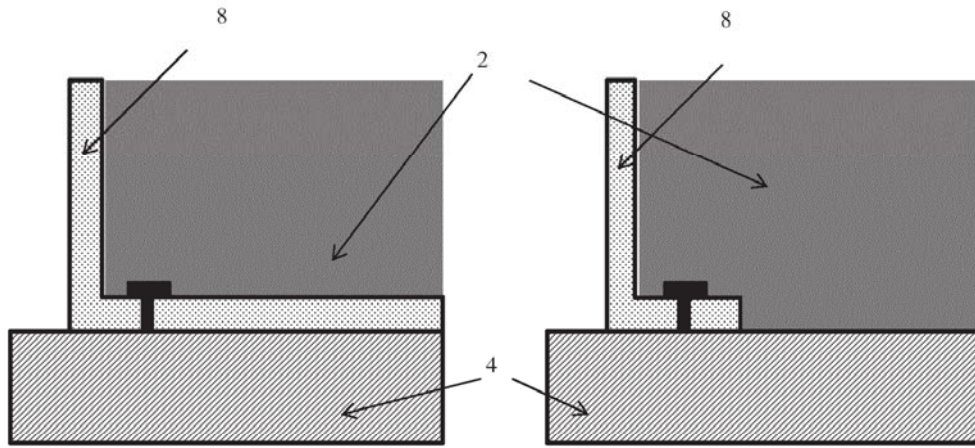
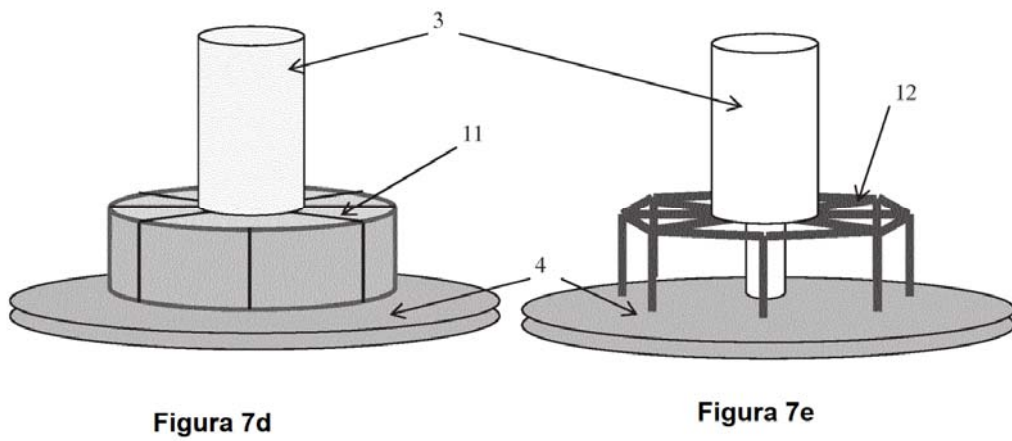
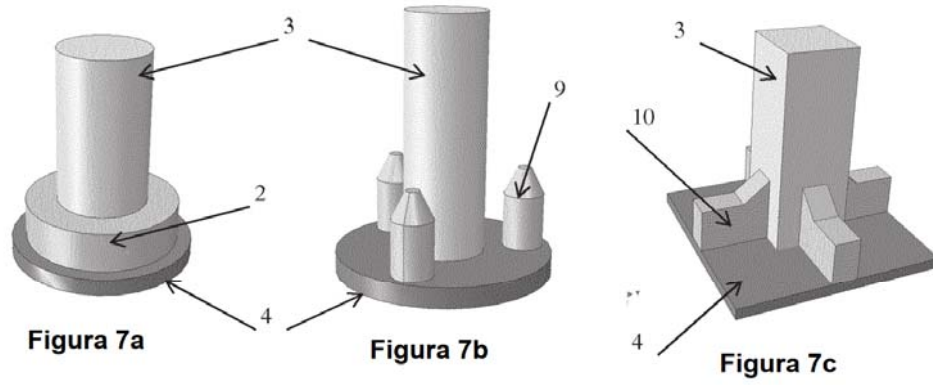


Figura 6a

Figura 6b



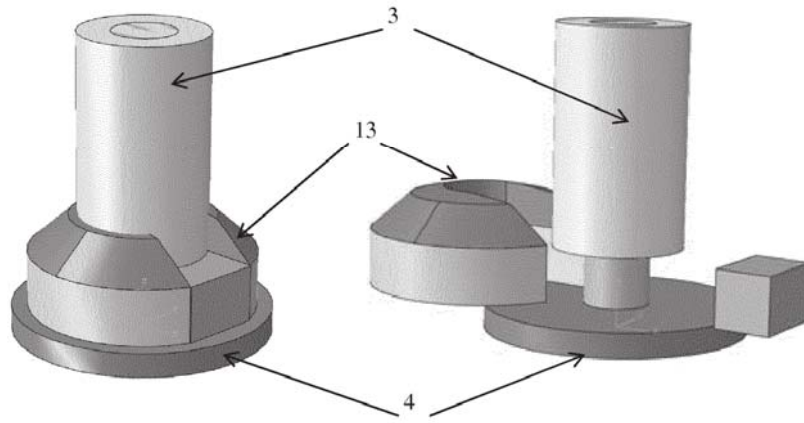


Figura 8a

Figura 8b

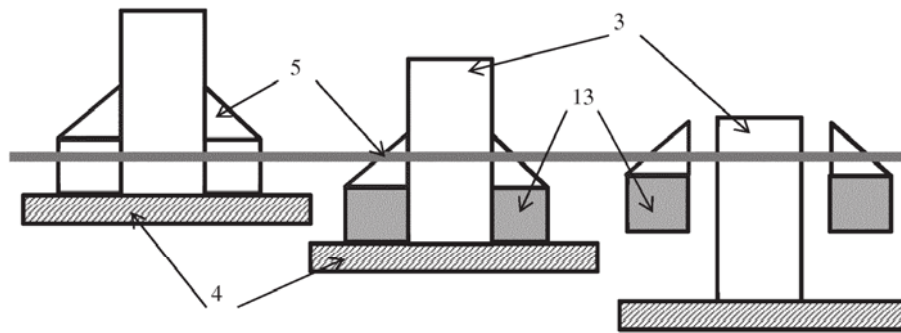
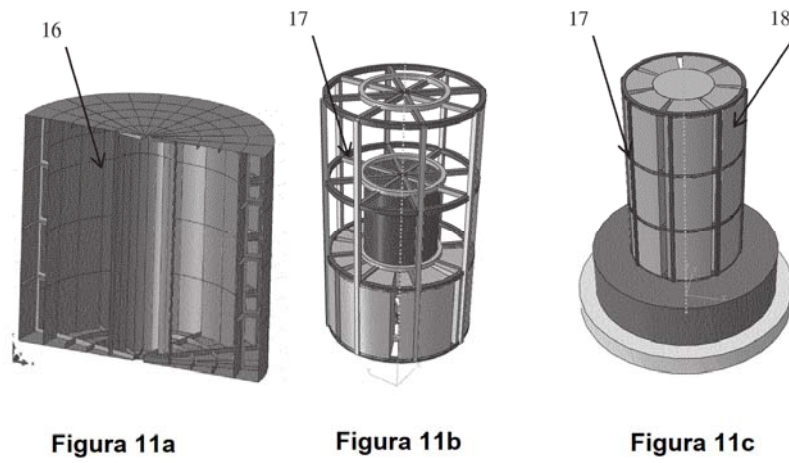
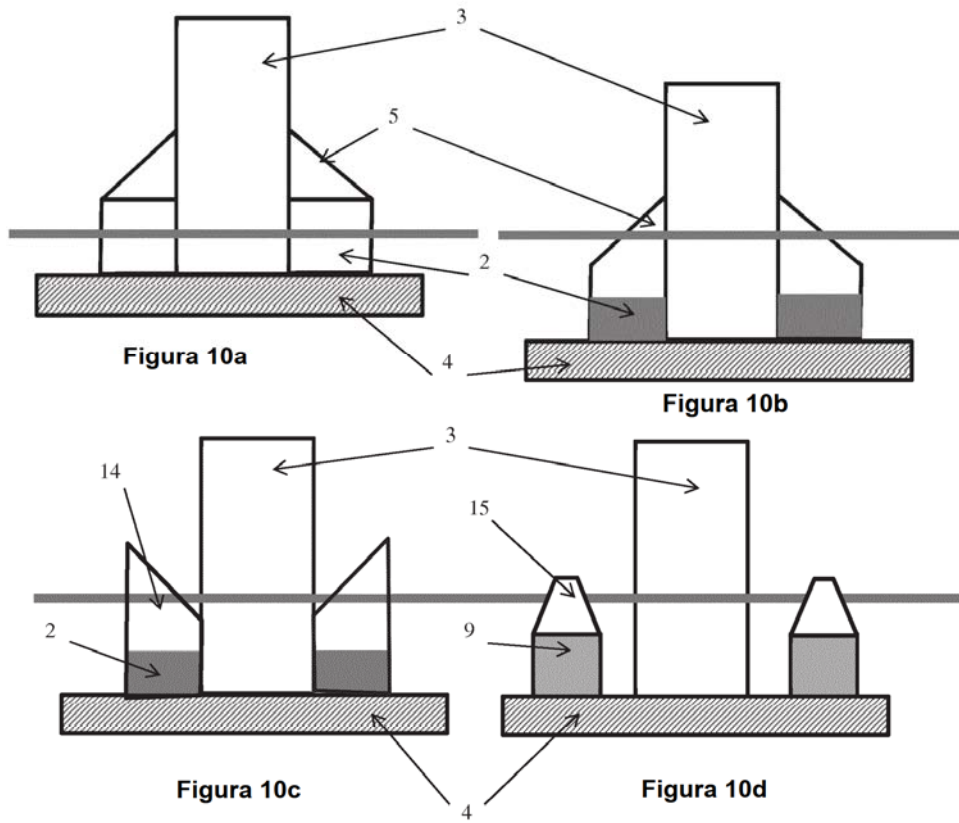


Figura 9a

Figura 9b

Figura 9c



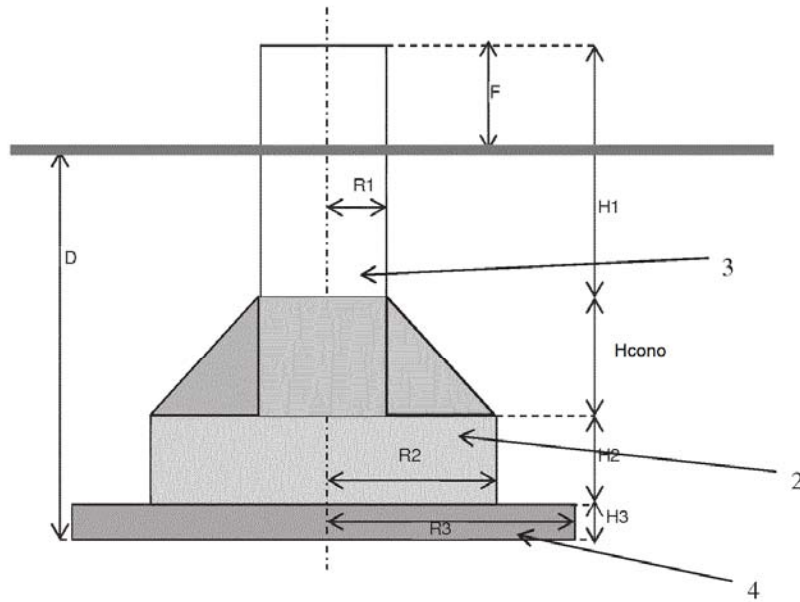


Figura 12