

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 797 104**

51 Int. Cl.:

**B63B 1/10** (2006.01)

**B63B 39/03** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.12.2016** **E 16382658 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.03.2020** **EP 3342699**

54 Título: **Plataforma marítima flotante**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**01.12.2020**

73 Titular/es:

**NAUTILUS FLOATING SOLUTIONS, SL (100.0%)**  
**Parque Tecnológico de Bizkala Edificio 700**  
**48160 Derlo (Bizkaia), ES**

72 Inventor/es:

**AGUIRE SUSO, GOREN;**  
**GALVÁN FERNÁNDEZ, JOSEAN;**  
**PÉREZ MORÁN, GERMÁN;**  
**SÁNCHEZ LARA, MIREN JOSUNE;**  
**FERNÁNDEZ IBAÑEZ, JONATHAN y**  
**ALTUZARRA MAESTRE, JORGE**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

**ES 2 797 104 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

Plataforma marítima flotante

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a estructuras marítimas flotantes. Más particularmente, se refiere a estructuras marítimas flotantes semisumergibles para soportar turbinas eólicas.

10 **Estado de la técnica**

Existe una gran variedad de estructuras marítimas. Por lo general, tienen una estructura superior que aloja diferentes equipos dependiendo de su aplicación. Ejemplos de tales equipos son equipos de tuberías, dispositivos de perforación, dispositivos de almacenamiento y producción de energía. El diseño de toda la estructura normalmente está condicionado por la aplicación a la que está destinada.

Un ejemplo de una plataforma marítima semisumergible para la extracción de petróleo y gas se divulga en el documento US 8418640B2. Otros ejemplos de este tipo de estructuras marítimas se divulgan en el documento US 2007224000A1, en el documento US 7963241B2 y en el documento US 8807874B2.

También hay estructuras marítimas flotantes semisumergibles configuradas para soportar turbinas eólicas. Las estructuras diseñadas para el sector de petróleo y gas son más grandes y pesadas que las diseñadas para el sector eólico marino, ya que las consideraciones/restricciones de diseño son significativamente diferentes. Las estructuras de petróleo y gas soportan equipos más grandes y pesados, son estructuras tripuladas y la naturaleza de su aplicación lleva a niveles de seguridad más altos para evitar derrames de petróleo. Por consiguiente, los criterios de estabilidad deben asegurarse por medio de factores de seguridad de diseño, elementos de refuerzo adicionales y elementos más grandes para proporcionar flotabilidad y minimizar los movimientos de la plataforma. El diseño está impulsado por consideraciones de seguridad. Por ejemplo, generalmente se considera el doble casco y se maximiza el espacio en cubierta.

Por otro lado, las estructuras eólicas marítimas no están tripuladas con un riesgo muy bajo de derrames o afecciones al medio ambiente. El diseño está impulsado por la reducción de costes, por lo que las estructuras deben reducirse en tamaño pero asegurando la estabilidad para el correcto funcionamiento de la turbina eólica. Además, debido a la naturaleza de la aplicación, las estructuras de petróleo y gas no tienen restricciones en términos de períodos naturales de cabeceo y balanceo, como es el caso de las estructuras eólicas marítimas.

Un ejemplo de estructura marítima flotante semisumergible configurada para soportar turbinas eólicas se describe en el documento WO2014/031009, que divulga una de tales estructuras que tiene una estructura de pontón dispuesta en una configuración en estrella. La estructura marítima tiene cuatro columnas verticales: tres de ellas están dispuestas en los extremos respectivos de la estructura de pontón y una cuarta está situada en el centro de la estructura de pontón. Esta columna central soporta la turbina eólica. Esta configuración lleva a diseños con mayor distancia entre columnas, lo que implica que el pontón que las une es más grande y más caro. Un diseño similar se divulga en el documento CN102758447B, en el que se muestra una estructura flotante marítima que tiene tres columnas externas y una interna. Se dispone una cubierta en los extremos superiores de las tres columnas externas. La cubierta tiene una configuración en estrella que sobresale de un punto central, al que está conectado el extremo superior de la columna interna. Una placa de arfada está dispuesta debajo de las columnas. Sin embargo, debido a las grandes dimensiones de la placa de arfada, esta mueve una gran cantidad de agua, lo que genera momentos muy grandes en las conexiones con las columnas que llevan a problemas de fatiga. Por esta razón, se han dispuesto miembros de tirante para distribuir el momento. Sin embargo, no se recomiendan los miembros de tirante porque las soldaduras de estos elementos en entornos tan agresivos como el marino deben evitarse debido a problemas de fatiga. Estos problemas pueden superarse usando una estructura más gruesa, lo que implica más peso y el uso de grandes cantidades de acero.

El documento WO2012069498A1 divulga una estructura flotante marítima que tiene tres columnas externas dispuestas en torno al eje vertical central de la estructura y conectadas entre sí por miembros de conexión. Los miembros de conexión son pontones horizontales totalmente sumergidos, vigas expuestas que sirven como entrada para acceder a la turbina, una pieza de conexión central, montantes primarios y montantes secundarios.

A su vez, el documento WO2014013098A1 divulga una estructura marítima para soportar una turbina eólica. Tiene cuatro columnas exteriores y una quinta columna interna diseñada para soportar la turbina eólica. En este caso, el material de la estructura es hormigón, lo que lleva a un gran desplazamiento de agua y a un peso de plataforma mucho mayor. La configuración de cinco columnas proporciona una ventaja en términos de estabilidad, pero la estructura tiene un área de flotación más grande, lo que la hace más sensible a las corrientes, aumentando la complejidad y el coste del sistema de amarre.

Otra plataforma marítima para soportar turbinas eólicas se divulga en el documento EP2271547B1. Esta plataforma

tiene tres columnas estabilizadoras que tienen un volumen interno para contener un fluido de lastre. Por medio de un sistema de control de lastre, el fluido de lastre se mueve entre los volúmenes internos de las columnas para ajustar la alineación vertical de las columnas. La configuración de tres columnas lleva a una mayor distancia entre columnas para asegurar la estabilidad. El hecho de tener la turbina eólica en la parte superior de una de las columnas lleva a una configuración no simétrica, lo que hace que la estabilidad sea más compleja. La transferencia de lastre entre columnas es necesaria para mantener la verticalidad de la turbina eólica, lo que hace que el sistema sea más complejo y requiere redundancia para asegurar su funcionamiento en casos de fallo o emergencia.

Por lo tanto, existe la necesidad de desarrollar una nueva plataforma marítima flotante semisumergible que supere las desventajas mencionadas anteriormente al tiempo que se minimizan los costes.

### Descripción de la invención

La presente invención intenta resolver los inconvenientes mencionados anteriormente por medio de una nueva plataforma marítima flotante para soportar equipos de energía eólica. La plataforma tiene cuatro columnas flotadoras verticales que forman, junto con un pontón dispuesto en la parte inferior de las cuatro columnas y una cubierta o pieza de transición dispuesta en la parte superior de las columnas, la estructura principal de la plataforma. La plataforma flotante se fija al fondo marino por medio de un sistema de amarre. En funcionamiento, la turbina eólica y cualquier equipo auxiliar requerido para producir energía eólica se encuentran en la parte superior de la pieza de transición. La plataforma está concebida para soportar equipos eólicos marinos flotantes al proporcionar una solución técnica optimizada que maximiza la producción de energía de grandes turbinas eólicas (por ejemplo, de 5 a 10 MW) al tiempo que limita los costosos procedimientos de integración y mantenimiento marítimos.

En un primer aspecto de la invención, se proporciona una plataforma flotante semisumergible para soportar al menos una turbina eólica. La plataforma consta de cuatro columnas flotadoras, cada una de ellas unida en un primer extremo a un pontón de anillo; una pieza de transición configurada para soportar al menos una turbina eólica, estando dispuesta la pieza de transición en las columnas flotadoras en el extremo de las columnas opuesto a dicho primer extremo; y una placa de arfada ensamblada al perímetro interno del pontón de anillo. El pontón de anillo comprende cuatro porciones de pontón que forman un pontón de anillo de forma cuadrilátera en el que el primer extremo de cada columna está unido a una esquina respectiva de dicho pontón de anillo de forma de cuadrilátera. La placa de arfada está situada en el perímetro interno del pontón de anillo, y la placa de arfada y el pontón definen un hueco. La pieza de transición tiene cuatro brazos dispuestos en configuración de estrella y que sobresalen de un punto central en el que se encuentra la turbina eólica durante el uso de la plataforma, la conexión entre la pieza de transición y el extremo superior de las cuatro columnas está diseñada para situarse por encima de la zona de salpicaduras de mar. Cada una de las columnas flotadoras comprende al menos un tanque de lastre configurado para, durante el uso de la plataforma, distribuir agua de mar para ajustar el calado y para compensar la inclinación de la plataforma, siendo dicho al menos un tanque de lastre comprendido en cada columna independiente del al menos un tanque de lastre de las otras columnas.

En realizaciones de la invención, la placa de arfada está formada por cuatro porciones situadas en el perímetro interno del pontón de anillo, siendo dichas cuatro porciones de las que está formada la placa de arfada porciones en forma de triángulo o porciones de forma rectangular.

En realizaciones de la invención, la plataforma comprende además un sistema de lastre activo configurado para bombear agua de mar a cada tanque de lastre de dichas columnas, realizándose dicho bombeo de agua de mar a cada tanque de lastre independientemente del bombeo de agua de mar a otros tanques de lastre.

En realizaciones de la invención, cada columna se rigidiza internamente con largueros y larguerillos.

En realizaciones de la invención, cada columna se divide internamente en una pluralidad de secciones.

En realizaciones de la invención, las cuatro columnas tienen un mismo diámetro, la relación entre la distancia entre dos columnas adyacentes y dicho diámetro de columna se selecciona de tal manera que el período natural de la plataforma en arfada y el período natural de la plataforma en cabeceo/balanceo se mantenga igual o superior a 20 segundos, variando dicha relación según la potencia de la turbina eólica.

En realizaciones de la invención, la relación entre la superficie del hueco definido por el pontón y la placa de arfada y la suma de la superficie ocupada por el pontón más la superficie ocupada por la placa de arfada más la superficie del hueco definido por el pontón y la placa de arfada se selecciona de tal manera que el período natural de la plataforma en arfada se mantenga igual o superior a 20 segundos, variando dicha relación dependiendo de la potencia de la turbina eólica.

En realizaciones de la invención, el pontón se divide en una pluralidad de compartimentos configurados para ser rellenados con lastre de hormigón.

En realizaciones de la invención, el pontón comprende internamente una estructura de refuerzo que comprende

largueros y larguerillos.

En realizaciones de la invención, la placa de arfada comprende internamente una estructura de refuerzo que comprende largueros y larguerillos.

5 En realizaciones de la invención, la placa de arfada está soportada por vigas en voladizo que aseguran la continuidad estructural de las columnas y los refuerzos de los pontones.

10 En realizaciones de la invención, la plataforma comprende además un generador de turbina eólica colocado en dicho punto central de la pieza de transición.

En realizaciones de la invención, durante el uso de la plataforma, la pieza de transición permanece por encima de la zona de oleaje.

15 En realizaciones de la invención, la plataforma comprende además un sistema de amarre catenario que comprende una pluralidad de líneas de amarre catenarias configuradas para fijar la plataforma al lecho marino.

En realizaciones de la invención, el pontón de anillo de forma cuadrilátera es un pontón de anillo de forma cuadrada.

20 Las ventajas y características adicionales de la invención se harán evidentes a partir de la descripción detallada que sigue y se destacarán particularmente en las reivindicaciones adjuntas.

### Breve descripción de los dibujos

25 Para completar la descripción y para proporcionar una mejor comprensión de la invención, se proporciona un conjunto de dibujos. Dichos dibujos forman una parte integral de la descripción e ilustran una realización de la invención, que no debe interpretarse como una restricción del alcance de la invención, sino solo como un ejemplo de cómo puede llevarse a cabo la invención. Los dibujos comprenden las siguientes figuras:

30 Las figuras 1A y 1B muestran vistas laterales de una plataforma marítima flotante semisumergible 1 de acuerdo con una realización de la invención.

Las figuras 2A y 2B muestran dos esquemas de la estructura interna de cada columna.

35 La figura 3 muestra una vista superior de la plataforma de las figuras 1A y 1B, en la que la cubierta o pieza de transición puede verse con más detalle.

40 Las figuras 4A, 4B y 4C muestran en detalle la estructura interna de dos porciones vecinas que forman el pontón. La figura 4A muestra una sección transversal de una porción (bloque de construcción) del pontón. Las figuras 4B y 4C muestran en detalle la estructura interna del pontón, cómo se conecta al extremo más bajo de una de las cuatro columnas y la estructura interna de parte de la placa de arfada (hecha de porciones triangulares en la figura 4B y de porciones rectangulares en figura 4C).

45 Las figuras 5A y 5B muestran diferentes vistas que muestran la estructura interna de una de las posibles implementaciones de la placa de arfada de una plataforma de acuerdo con una realización de la invención.

50 La figura 6A muestra una vista superior de la plataforma marítima flotante semisumergible de acuerdo con una realización de la invención, que incluye el pontón, la placa de arfada y las cuatro columnas. La pieza de transición no se muestra. La figura 6B muestra una vista superior de una plataforma marítima flotante semisumergible de acuerdo con una realización alternativa de la invención, en la que la placa de arfada está implementada de manera diferente a la de la figura 6A.

55 La figura 7 muestra un gráfico que representa diferentes valores del período natural en arfada para diferentes relaciones de superficies de pontón, placa de arfada y hueco definido por la placa de arfada y el pontón, para dos tipos diferentes de turbinas eólicas.

60 La figura 8A muestra una vista superior de la plataforma marítima flotante semisumergible de acuerdo con una realización de la invención, que incluye la pieza de transición, el pontón, la placa de arfada y las cuatro columnas. La figura 8B muestra una vista lateral de la plataforma marítima flotante semisumergible de acuerdo con una realización de la invención. La figura 8C muestra una vista isométrica de la plataforma marítima flotante semisumergible de acuerdo con una realización de la invención.

65 Las figuras 9A y 9B muestran respectivamente la posición flotante vertical y la posición de escora de la plataforma de acuerdo con realizaciones de la invención.

La figura 10 muestra un gráfico que representa diferentes valores de período natural en arfada y de periodo

natural en rotación (cabeceo, balanceo) para una turbina eólica de 5 MW para diferentes relaciones de distancia entre columnas/diámetro de columna.

5 La figura 11 muestra un gráfico que representa diferentes valores de período natural en arfada y de periodo natural en rotación (cabeceo, balanceo) para una turbina eólica de 10 MW para diferentes relaciones de distancia entre columnas/diámetro de columna.

**Descripción de un modo de llevar a cabo la invención**

10 En este texto, el término “comprende” y sus derivaciones (tales como “que comprende”, etc.) no deben entenderse en un sentido excluyente, es decir, estos términos no deben interpretarse como excluyentes de la posibilidad de que lo que se describe y define puede incluir más elementos, etapas, etc.

15 En el contexto de la presente invención, el término “aproximadamente” y los términos de su familia (tales como “aproximado”, etc.) deben entenderse como indicadores de valores muy cercanos a los que acompañan al término mencionado anteriormente. Es decir, debe aceptarse una desviación dentro de los límites razonables de un valor exacto, porque una persona experta en la materia comprenderá que dicha desviación de los valores indicados es inevitable debido a imprecisiones de medición, etc. Lo mismo se aplica a los términos “alrededor de”, “en torno a” y “sustancialmente”.

20 La siguiente descripción no debe tomarse en un sentido limitante, sino que se proporciona únicamente con el fin de describir los principios generales de la invención. Las siguientes realizaciones de la invención se describirán a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos mencionados anteriormente que muestran aparatos y resultados de acuerdo con la invención.

25 Las figuras 1A y 1B muestran vistas laterales de una plataforma marítima flotante semisumergible 1 de acuerdo con una realización de la invención. Es una plataforma flotante estabilizada por columnas destinada a soportar turbinas eólicas marítimas. La plataforma marítima flotante semisumergible 1 generalmente se compone de un pontón 2, cuatro columnas flotadoras 3, una cubierta o pieza de transición 4 y una placa de arfada 5. En la parte superior de la pieza de transición 4, se dispone el equipo superior convencional normalmente proporcionado en una estructura marítima. En este caso, se instala una turbina eólica y, opcionalmente, equipos auxiliares para la turbina eólica en la pieza de transición 4. En el contexto de la presente invención, la expresión “turbina eólica” se usa para referirse a turbinas eólicas y a cualquier equipo relacionado requerido para obtener energía eólica marítima, como generadores de turbinas eólicas, palas, una torre, una góndola, etc. El pontón 2 es un pontón de anillo. En este texto, el término “anillo” se refiere a una estructura que define una porción hueca, independientemente de la forma que adopte. Esto significa que un pontón de anillo de acuerdo con la invención no tiene necesariamente forma circular. De hecho, el pontón de anillo 2 de la invención es preferentemente un pontón de anillo de forma cuadrada. En otras palabras, el pontón 2 define un espacio centrado o pozo centrado. Como se muestra en las figuras 1A y 1B, cada esquina del pontón de anillo 2 recibe la parte inferior de una de las cuatro columnas 3. En otras palabras, la parte inferior de cada columna 3 está conectada a o integrada en una de las cuatro esquinas del pontón de anillo 2. Por consiguiente, las columnas 3 están unidas rígidamente al pontón 2.

45 La placa de arfada 5 está ensamblada o incrustada en el pontón 2. Es sustancialmente plana. La placa de arfada 5 está situada en el perímetro interno del pontón de anillo 2. En la realización mostrada en las figuras 1A y 1B, la placa de arfada 5 está hecha de cuatro porciones de forma de triángulo sustancialmente en ángulo recto. Para cada porción, los dos lados que forman el ángulo recto están dispuestos parcialmente llenando el espacio hueco creado por el pontón 2 en una esquina. Es decir, como se muestra en las figuras 1A y 1B, hay una porción (de placa de arfada 4) por esquina interna del pontón 2. En otras palabras, cada placa triangular está situada delante de la base de una columna flotante 3. La figura 6A muestra una vista superior de una plataforma flotante que tiene una placa de arfada como la que se acaba de describir (hecha de cuatro porciones de forma de triángulo sustancialmente en ángulo recto). La figura 6B muestra una vista superior de una plataforma flotante de acuerdo con otra realización de la invención, en la que la placa de arfada es una placa de arfada de anillo de forma cuadrada hecha de cuatro partes sustancialmente iguales. Cada parte está hecha de dos láminas planas que definen un ángulo recto. Las cuatro partes se juntan formando un anillo de forma cuadrada dispuesto en el área externa del espacio centrado definido por el pontón 2. En ambas realizaciones, la placa de arfada 5 delimita el orificio central de la plataforma. Por consiguiente, la placa de arfada 5 define una parte hueca sustancialmente cuadrada, como se explica más adelante en detalle. La superficie de la placa de arfada 5 puede tener largueros y refuerzos y está diseñada para retener agua mientras proporciona rigidez. La plataforma 1 también tiene un sistema de amarre catenario 6. Como puede observarse, la plataforma 1 no tiene arriostramientos de refuerzo, travesaños o largueros que conecten pares de columnas 3 a lo largo de su longitud. Tampoco hay arriostramientos que conecten las columnas con el pontón o que conecten la placa de arfada (o las porciones que forman la placa de arfada) con el pontón o las columnas.

60 Las columnas 3 son preferentemente circulares en sección transversal, aunque puede usarse alternativamente otra forma de su sección transversal, tal como una sección transversal rectangular. La combinación del pontón 2, la placa de arfada 5 y las columnas 3 define un cuerpo flotador. Las cuatro columnas proporcionan flotabilidad para soportar la turbina eólica y suficiente inercia del plano de agua para la estabilidad. Las figuras 2A y 2B muestran dos

esquemas de la estructura interna de las columnas 3 de acuerdo con realizaciones de la invención, en las que se usan columnas que tienen una sección transversal circular. En otras palabras, en la realización mostrada, las columnas 3 tienen forma cilíndrica. Las columnas 3 son al menos parcialmente huecas. Como puede observarse, cada columna puede tener una estructura interna de refuerzo 31 que proporciona rigidez a la columna. Como se muestra en las figuras 2A y 2B, la envolvente 32 de las columnas está preferentemente rigidizada con largueros verticales 34 (tales como perfiles en "T" o placas lacrimadas) y bastidores de anillo 33 (tales como placas planas) para proporcionar suficiente rendimiento local y global y resistencia al pandeo. Los largueros y los bastidores están preferentemente espaciados de forma regular. La presión a la que está sometida cada columna durante el uso de la plataforma aumenta de la parte superior a la parte inferior de la columna. En otras palabras, la parte más baja de cada columna está sometida a una presión mayor que la parte más alta de cada columna. Dado que las secciones más profundas (más bajas) de la envolvente 32 están, durante el uso de la plataforma, sometidas a cargas de presión mayores, cada columna se divide preferentemente horizontalmente en una pluralidad de secciones o bloques de construcción divididos por cubiertas reforzadas 35 que se dimensionan de acuerdo con su mayor presión hidrostática. La figura 2A también muestra la sección 36 de una cubierta. Esto implica que todos los miembros de la misma tipología tienen las mismas dimensiones. La envolvente 32 de la que está hecha cada columna es preferentemente metálica. En una realización particular, está hecha de acero. El espesor de las láminas metálicas varía dependiendo de la altura de la columna a la que se disponen estas láminas (cuanto menor sea la altura, más gruesas son).

Las cuatro columnas 3 proporcionan flotabilidad para soportar la turbina eólica y suficiente inercia del plano de agua para la estabilidad. El pontón de anillo 2 también proporciona flotabilidad y estabilidad. Para este fin, la plataforma 1 incluye dos tipos de lastre para asegurar la estabilidad: lastre fijo, preferentemente lastre de hormigón, que es lastre pasivo, y lastre de agua activo, que es extraíble e independiente para cada columna. Por lo tanto, este lastre de agua es variable, es decir, la cantidad de agua que actúa como lastre en cada columna no es fija y generalmente es diferente para cada columna. Con respecto al lastre pasivo o fijo, el pontón de anillo 2 puede compartimentarse y llenarse parcialmente con lastre de hormigón fijo. Por lo tanto, este lastre fijo está en su lugar durante la vida operativa de la plataforma. En lo que respecta al lastre de agua activo, los tanques de lastre se encuentran en la sección inferior de cada columna. Preferentemente hay un tanque de lastre por columna. El preferentemente un tanque de lastre de cada columna es independiente de los tanques de lastre de las otras columnas. Durante el uso de la plataforma, un sistema de lastre activo bombea agua de mar a cada tanque de lastre para ajustar el calado y para compensar la inclinación media producida por las cargas de viento en la turbina. Cada tanque de lastre de agua es independiente de los otros tanques de lastre, por lo que no hay transferencia de lastre de agua entre las columnas. Los tanques de lastre están compartimentados y cada compartimento está completamente lleno de agua en funcionamiento, para evitar efectos de chapoteo. En una realización particular, cada tanque está dividido en varios compartimentos que varían preferentemente entre 2 y 8, y más preferentemente entre 2 y 5. En otras palabras, el agua que llena cada tanque de lastre no viaja de una columna a otra columna. A modo de ejemplo, en cada columna, el primer compartimento (el más bajo), que coincide sustancialmente con la altura del pontón 2, puede llenarse con lastre fijo, preferentemente lastre de hormigón, mientras que el segundo compartimento puede llenarse con agua de mar (lastre variable). El resto de la columna se divide en compartimentos adicionales que preferentemente varían entre 2 y 6. Las columnas están hechas preferentemente de metal, más preferentemente de acero.

La figura 3 muestra la cubierta o pieza de transición 4 dispuesta en la parte superior de las cuatro columnas 3 y diseñada para soportar la turbina eólica. En particular, se muestra una vista despiezada, que permite ver la estructura interna de la pieza de transición 4. La pieza de transición 4 es preferentemente una pieza sustancialmente plana. La pieza de transición 4 está hecha de cuatro conexiones, preferentemente de forma rectangular, que conectan el extremo superior de cada una de las cuatro columnas 3 con un área central de la parte 4, destinada a recibir el extremo más bajo de una torre de turbina. Por consiguiente, el extremo más alto de las cuatro columnas 3 está situado en el extremo distal de los brazos respectivos de la pieza de transición 4. En otras palabras, la pieza de transición 4 tiene cuatro brazos dispuestos en una configuración en estrella y que sobresalen de un punto central. Este punto central es el punto en el que se conecta el extremo inferior de la torre de la turbina. Preferentemente, cada par de brazos vecinos de los cuatro brazos que forman la pieza de transición 4 está separado por un ángulo de 90 °, es decir, dos brazos vecinos forman un ángulo de 90 °. La conexión entre la pieza de transición 4 y el final de las cuatro columnas 3 está diseñada para situarse por encima de la zona de salpicadura, con un espacio libre por encima de la cresta de ola más grande con un período de retorno de 100 años (es decir, una probabilidad del 1 % de estar sometida a la cresta de ola más grande en un año). La turbina eólica está diseñada para situarse centrada en relación con las columnas. La pieza de transición 4 está hecha preferentemente de metal, más preferentemente de acero.

Volviendo a las figuras 1A y 1B, la plataforma 1 tiene un pontón 2 en forma de anillo, es decir, un pontón que define un hueco en su parte interna, que interconecta columnas en sus extremos más bajos. Durante el uso de la plataforma como estructura marítima para soportar una o más turbinas eólicas, el pontón 2 está sumergido. El pontón 2 tiene preferentemente forma de anillo cuadrado. Como se muestra en la figura 4A, que ilustra la estructura interna del pontón 2, el pontón 2 se divide preferentemente mediante mamparos 23 en una pluralidad de compartimentos o bloques de construcción que pueden llenarse con lastre fijo, como hormigón. El casco del pontón está preferentemente rigidizado con bastidores de anillo o larguerillos 22 y largueros 21 (largueros horizontales)

como se muestra en las figuras 4B y 4C. Los bastidores 22 y los largueros 21 están preferentemente espaciados de forma regular. El pontón 2 puede estar formado por cuatro porciones sustancialmente planas. Los pares de porciones están alineados dos a dos y las porciones adyacentes forman un ángulo de 90° entre sí, y las cuatro forman una parte sustancialmente plana que tiene un hueco interno. Por consiguiente, cada porción de pontón se une a la base de pares de columnas adyacentes. Cada porción de pontón se extiende entre la base de pares de columnas adyacentes. El contorno exterior del pontón 2 no excede el contorno de las columnas 3. La figura 4B muestra en detalle otra vista de la estructura interna de dos porciones vecinas y cómo se conectan al extremo más bajo de una de las cuatro columnas 3 de la plataforma. También se muestran los largueros 21 a lo largo de las porciones que forman el pontón 2 y los larguerillos 22 dispuestos transversalmente con respecto a los largueros 21. El extremo más bajo de la columna 3 mostrada puede soldarse al refuerzo de refuerzo (largueros y larguerillos) del pontón 2. Preferentemente, el refuerzo de refuerzo del pontón coincide con el refuerzo de refuerzo de cada columna para una mejor transmisión de esfuerzos.

La figura 4B también muestra la estructura interna de parte de la placa de arfada 5, que en este caso es una placa de arfada que tiene porciones en forma de triángulo. Se observa que aunque la figura 4B se refiere a una placa de arfada 5 que tiene porciones en forma de triángulo, la estructura interna de la placa de arfada se aplica de manera similar a una placa de arfada formada por cuatro rectángulos (como se describe en relación con la figura 4C y 6B). La placa de arfada 5 (más precisamente, cada una de las cuatro porciones que forman la placa de arfada) puede estar rigidizada internamente con largueros 51 y larguerillos 52 dispuestos transversalmente con respecto a los largueros 51. Los largueros 51 y/o larguerillos 52 se disponen preferentemente espaciados de forma regular. Preferentemente, el refuerzo de refuerzo del pontón (largueros 21 y larguerillos 22) coincide con el refuerzo de refuerzo de cada porción de placa de arfada (largueros 51 y larguerillos 52) para una mejor transmisión de esfuerzos. Como puede verse en las figuras 4B y 4C, la placa de arfada 5 es preferentemente una sola parte, es decir, cada porción (como una porción de forma triangular o de forma rectangular) está conectada a porciones vecinas y su estructura interna también está conectada. La placa de arfada 5 está hecha preferentemente de metal, más preferentemente de acero.

Las figuras 5A y 5B también muestran la estructura interna de la placa de arfada 5 y la ubicación de la placa de arfada con respecto al pontón 2 y las columnas 3 de una plataforma de acuerdo con una realización de la invención. En esta realización, la placa de arfada 5 está hecha de cuatro triángulos, pero en realizaciones alternativas puede estar hecha de rectángulos. La placa de arfada, es decir, las cuatro porciones que forman la placa de arfada 5, se encuentran en la parte inferior de la estructura y entre las columnas 3, unidas al perímetro interno del pontón 2. La placa de arfada está preferentemente soportada por vigas en voladizo que aseguran la continuidad estructural de la columna y de los refuerzos de pontón. No se usan arriostramientos para soportar las porciones que forman las placas de arfada. Las porciones que forman la placa de arfada son internas al perímetro definido por el pontón. Como puede verse en las figuras 5A y 5B y en las figuras 6A y 6B, cada columna (precisamente, la base de cada columna) está dispuesta cerrada al diámetro exterior de las esquinas respectivas del pontón. La placa de arfada 5 se extiende desde el perímetro interno del pontón 2 hacia la parte interna del hueco definido por el pontón 2 (en otras palabras, hacia la parte interna de la plataforma).

Las figuras 6A y 6B muestran respectivas vistas superiores del cuerpo flotador de acuerdo con dos posibles realizaciones de la invención. La pieza de transición no se muestra (en funcionamiento no está sumergida). En estas figuras se identifican tres importantes áreas o superficies de diseño de la plataforma: una primera superficie S1 que representa la superficie ocupada por el pontón 2 y las cuatro columnas 3; una segunda superficie S2 que representa la superficie ocupada por la placa de arfada 5; y una superficie abierta S3, dispuesta en el centro de la estructura y limitada por la placa de arfada y el pontón. En una realización preferente de la invención, la relación entre el área abierta S3 y el área total (S1+S2+S3) está diseñada de manera que el período natural de la plataforma en arfada se mantenga igual o superior a 20 segundos, como se explica a continuación. Esta relación puede variar dependiendo al menos de la potencia nominal de la turbina eólica, como se explica a continuación. También puede variar dependiendo de las condiciones del sitio de despliegue.

Las frecuencias naturales de toda la plataforma deben estar fuera de los períodos del intervalo marino para evitar resonancias. Esto implica que los períodos propios del cuerpo rígido del conjunto comprendido por la plataforma flotante, la turbina eólica y el sistema de amarre deben estar fuera del intervalo que varía entre 5 s y 19 s (que corresponden a los períodos marinos).

Para plataformas semisumergibles, de acuerdo con DNV-RP-C205 (abril de 2014)-Tabla 7.1, el período natural para el grado de libertad de arfada (arriba/abajo) es de en torno a 20 s. Por lo tanto, en arfada, la fuerza de excitación tiene un período cercano al período natural típico de la plataforma, lo que implica el peligro de entrar en resonancia. Para evitar este fenómeno, la superficie orientada al movimiento de arfada (movimiento vertical) es el parámetro clave como se explica a continuación.

El período natural en arfada está dado por,

$$T_3 = 2\pi \left( \frac{M + A_{33}}{\rho g S} \right)$$

Donde,

- 5 M Masa de toda la estructura (estructura de acero, lastre, turbina eólica, sistema de amarre, etc.).
- A<sub>33</sub> Masa añadida de arfada. Es la inercia añadida a la plataforma durante los movimientos verticales, porque al acelerar o desacelerar en arfada, la plataforma mueve (o desvía) el volumen del fluido circundante a medida que se mueve a través de él. La masa añadida en arfada es directamente proporcional a S1+S2, o en otras palabras, inversamente proporcional a la superficie S3.
- 10 ρ Densidad del agua de mar.
- g Aceleración de la gravedad
- S Área del plano de agua. Es el área cerrada de las cuatro columnas en la línea de agua.

15 Aplicando la fórmula anterior al diseño actual de la plataforma, considerando diferentes aberturas de orificio, tipologías de placas de arfada y diferentes características de potencia de las turbinas eólicas, se obtiene el gráfico que se muestra en la figura 7. La figura 7 muestra el período natural en arfada T<sub>3</sub> para diferentes relaciones de S3/(S1+S2+S3) para dos turbinas eólicas diferentes; una turbina eólica de 5 MW y una turbina eólica de 10 MW, siendo la segunda más grande y más pesada, como consecuencia de lo cual la plataforma flotante debe soportar cargas mayores. Para una turbina eólica de 5 MW, con el objetivo de tener un período natural en arfada superior a 20 s (es decir, fuera de los períodos marinos que generalmente varían entre 5 y 19 s), la relación de S3/(S1+S2+S3) debe ser como máximo del 12 %. Cuanto menor es el porcentaje, mayor es el coste porque se necesita más estructura de metal (es decir, acero). Para una turbina eólica de 10 MW, con el objetivo de tener un período de frecuencia natural en arfada superior a 20 s (es decir, fuera de los períodos marinos), la relación de S3/(S1+S2+S3) debe ser como máximo del 45 %. Cuanto menor es el porcentaje, mayor es el coste porque se necesita más estructura de acero. Aunque no se muestra en la figura 7, si se usan turbinas eólicas de potencia entre 5 MW y 10 MW (por ejemplo, 6 MW, 7 MW, 8 MW o 9 MW), la curva del período natural en arfada T<sub>3</sub> mostrará que la relación de S3/(S1+S2+S3) debe estar entre el 12 % y el 45 %. Por lo tanto, la plataforma se diseña preferentemente de tal manera que el período natural de la plataforma en arfada T<sub>3</sub> se mantenga igual o superior a 20 segundos. El valor específico de la relación S3/(S1+S2+S3) que permite que el período natural de la plataforma en arfada T<sub>3</sub> sea igual o superior a 20 segundos depende del tipo de turbina eólica (en particular, de la potencia de la misma, que tiene un efecto en su tamaño y en su peso). En una realización más preferente, atendiendo al coste mínimo de la estructura, el período natural de la plataforma en arfada T<sub>3</sub> se mantiene lo más cerca posible a 20 segundos sin ser inferior a 20 segundos, con el fin de estar fuera de los períodos marinos que normalmente varían entre 5 y 19 s.

35 En una realización particular de la invención, y considerando turbinas eólicas que varían entre 5 MW y 10 MW, la relación entre el área abierta S3 y el área total (S1+S2+S3) se mantiene entre el 12 % y el 45 %.

Haciendo referencia ahora a las columnas de la plataforma, en algunas realizaciones de la invención, la relación "diámetro de columna D/distancia entre centros de columna L" se mantiene como sigue:

$$3 < L/D < 6,75$$

45 Esto se representa en la figura 8B, en la que se muestra la distancia entre centros de columna L y el diámetro de columna D. En la figura 8A, también se muestran la altura de columna H, el calado T y el nivel medio del mar MSL. Las razones para esta selección 3<L/D<6,75 se explican a continuación.

50 En una realización preferente de la invención, la relación entre la distancia entre centros de columna L y el diámetro de columna D está diseñada de tal manera que el período natural de la plataforma en arfada y el período natural de la plataforma en cabeceo/balanceo (rotación) se mantiene igual o superior a 20 segundos, como se explica a continuación. Esta relación puede variar dependiendo al menos de la potencia nominal de la turbina eólica.

55 Con el objetivo de mejorar la estabilidad al tiempo que se reduce el ángulo de escora/compensación contra el vuelco debido a las cargas de la turbina eólica, la plataforma está diseñada preferentemente para tener una altura metacéntrica ( $\overline{GM}$ ) siempre mayor de 6 m. Las figuras 9A y 9B muestran respectivamente la posición flotante vertical y la posición de escora de la plataforma de acuerdo con realizaciones de la invención.

La altura metacéntrica ( $\overline{GM}$ ) se puede calcular como:

$$\overline{GM} = \overline{KB} + \overline{BM} - \overline{KG} \quad \text{Ec.1}$$

Donde,

$\overline{KB}$  Centro de flotabilidad (altura sobre la quilla, considerándose la quilla el punto más bajo de la plataforma), donde K y B se muestran en las figuras 9A y 9B. B es un punto móvil debido a inclinaciones.

5  $\overline{BM}$  Distancia entre el centro de flotabilidad y el metacentro y puede considerarse fija para ángulos de escora/compensación pequeños. M y G también se muestran en las figuras 9A y 9B.

$$\overline{BM} = I/\nabla, \quad \text{Ec.2}$$

10 donde I es el segundo momento de área del plano de agua y  $\nabla$  es el volumen desplazado.

Para la plataforma actual, suponiendo que la estabilidad es proporcionada principalmente por las columnas, puede considerarse que:

$$I \approx 4\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 \left(\frac{L}{2}\right)^2 + \pi \left(\frac{D}{2}\right)^4 \quad \text{Ec.3}$$

$$\nabla \approx 4\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 T \quad \text{Ec.4}$$

15 Donde, de acuerdo con las figuras 8A y 8B, es el diámetro de columna, T es el calado y L es la distancia entre centros de columnas.

20  $\overline{KG}$  Distancia entre el centro de gravedad y la quilla, como se muestra en las figuras 9A y 9B.

Sustituyendo la Ec. 3 y la Ec. 4 en la Ec.2:

$$\overline{BM} \approx \frac{\left(\frac{L}{2}\right)^2}{T} + \frac{\left(\frac{D}{2}\right)^2}{4T} \quad \text{Ec.5}$$

25 Considerando que para la plataforma actual  $\overline{KB} \approx \overline{KG}$ ,  $\overline{GM} > 6$  y sustituyendo la Ec. 5 en la Ec. 1 se obtienen las siguientes expresiones:

$$\frac{\left(\frac{L}{2}\right)^2}{T} + \frac{\left(\frac{D}{2}\right)^2}{4T} > 6 \quad \text{Ec.6}$$

$$4(L)^2 + (D)^2 > 96 D \quad \text{Ec.7}$$

$$4\left(\frac{L}{D}\right)^2 + 1 > 96 \frac{D}{(D)^2} \quad \text{Ec.8}$$

$$\frac{L}{D} > \sqrt{24 \frac{T}{(D)^2} - \frac{1}{4}} \quad \text{Ec.9}$$

$$\frac{L^2}{D^2} > 24 \frac{T}{D^2} - \frac{1}{4} \quad \text{Ec.10}$$

$$L^2 > 24 T - \frac{D^2}{4} \quad \text{Ec.11}$$

$$4L^2 + D^2 > 96 T \quad \text{Ec.12}$$

La relación entre los centros de columna, el calado y los diámetros expresada en la Ec. 12 se ha deducido de la premisa de  $\overline{GM} > 6$  establecida para reducir el ángulo de escora/compensación contra el vuelco debido a las cargas de la turbina eólica. Sin embargo, este valor tiene un máximo determinado por el período natural de los movimientos de rotación, cabeceo y balanceo, para evitar resonancias con las fuerzas de excitación marinas.

5 El período natural de los movimientos de rotación ( $T_0$ ) está definido por la Ec. 13 y debe estar fuera de las fuerzas de excitación marinas (5-19 s). Obsérvese que en el diseño actual de la plataforma, debido a la simetría en direcciones transversales y longitudinales, los períodos naturales en cabeceo y balanceo son iguales.

$$T_0 = T_4 = T_5 = 2\pi \sqrt{\frac{I + A_0}{\rho g \nabla \cdot \overline{GM}}} \quad \text{Ec.23}$$

10 Donde,

15 I Inercia de toda la estructura (acero, lastre, turbina eólica, sistema de amarre, etc.) en el grado de libertad de balanceo/cabeceo.  
 $A_0$  Inercia añadida de balanceo/cabeceo. Es la inercia añadida a la plataforma durante los movimientos de rotación porque al acelerar o desacelerar en balanceo/cabeceo, la plataforma mueve (o desvía) el volumen de fluido circundante a medida que se mueve a través de él.  
 $\rho$  Densidad del agua de mar.  
 $g$  Aceleración de la gravedad.  
 $S$  Área del plano de agua. Es el área encerrada de las cuatro columnas en la línea de agua.  
 $\nabla$  Volumen desplazado.  
 $\overline{GM}$  Altura metacéntrica.

25 Como puede verse en la Ec. 13, un aumento en la  $\overline{GM}$  provoca una reducción del período de rotación (cabeceo y balanceo) con el consiguiente riesgo de estar dentro del intervalo del período marino.

30 Aplicando la fórmula anterior (Ec. 13) al diseño actual de la plataforma para calcular el período natural de rotación (cabeceo/balanceo), considerando la relación entre superficies  $S_3/(S_1+S_2+S_3)$  ya discutida para evitar resonancias en arfada y analizar diferentes características de potencia de las turbinas eólicas, se obtienen las figuras 10 y 11.

35 La figura 10 muestra que para una turbina eólica de 5 MW, con el objetivo de tener una frecuencia natural de arfada ( $T_3$ ) y de cabeceo/balanceo ( $T_4$ ) fuera de los períodos marinos (5-19 s), la relación "distancia entre columnas-diámetro de columna" debe ser mayor que 3 y menor que 4,75, mientras que la figura 11 muestra que para una turbina eólica de 10 MW, con el objetivo de tener una frecuencia natural de arfada ( $T_3$ ) y de cabeceo/balanceo ( $T_4$ ) fuera de los períodos marinos (5-19 s), la relación "distancia entre columnas-diámetro de columna" debe ser mayor que 4,75 y menor que 6,75.

40 Por lo tanto, en una realización particular para evitar resonancias, la relación "distancia entre columnas-diámetro de columna" debe ser mayor que 3 y menor que 6,75. Esta relación preferentemente se reduce (se ajusta) para cada turbina eólica específica. Por consiguiente, mientras que para una turbina eólica de 5 MW  $3 < L/D < 4,75$  y para una turbina eólica de 10 MW  $4,75 < L/D < 6,75$ , para otros valores de turbinas eólicas (como 6 MW, 7 MW, 8 MW...) esta relación puede ser diferente.

45 En resumen, debido a la naturaleza de la aplicación (energía eólica marítima) para la que está diseñada la plataforma flotante actual, la plataforma debe diseñarse considerando las restricciones en términos de períodos naturales de arfada, cabeceo y balanceo, que por ejemplo las estructuras de petróleo y gas no tienen. Como consecuencia, las relaciones geométricas específicas propuestas para la plataforma flotante actual son completamente diferentes de las que pueden usarse para aplicaciones de petróleo y gas.

50 Volviendo a las figuras 1A y 1B, la plataforma flotante 1 tiene un sistema de amarre catenario 6. La plataforma 1 está anclada al lecho marino usando líneas de amarre convencionales y anclajes integrados de arrastre. Las líneas de amarre 6 pueden unirse a las columnas debajo de la línea de agua operativa usando una guía. Preferentemente, el número de líneas de amarre es el mismo para todas las columnas 3. La energía generada por medio de la plataforma (en particular, por la turbina eólica y el equipo auxiliar dispuesto en la pieza de transición) se evacúa mediante un cable dinámico que conecta la plataforma flotante en un extremo, y otra plataforma flotante u otro cable al otro extremo, dependiendo de la configuración del parque eólico.

60 A continuación, se describe el procedimiento de fabricación e instalación de una plataforma como la descrita con referencia a las figuras 1A a 8.

Primero, la estructura puede fabricarse por bloques (columnas, pontones y pieza de transición).

Los bloques se ensamblan. La fase de ensamblaje puede realizarse en diferentes ubicaciones, como en (i) astillero, (ii) dique seco, (iii) puerto de atraque o (iv) pontón semisumergible.

5 Después de su finalización, la estructura (plataforma) se descarga en el agua. Dependiendo de la instalación de fabricación, la operación de descarga puede requerir (i) una grada, (ii) la inundación del dique seco, (iii) una grúa, un pontón semisumergible o un elevador sincronizado o (iv) la inundación del pontón. En todos los casos, el calado requerido para la descarga es de en torno a 6 m.

10 Luego, la plataforma se remolca hacia el área de ensamblaje de la turbina eólica, puerto de atraque, que requiere un calado de en torno a 15 m.

15 En esta fase, el lastre pasivo de hormigón se vierte en los pontones.

Después de añadir lastre pasivo de hormigón, la turbina eólica se ensambla en la parte superior de la estructura flotante usando una grúa en tierra.

20 En caso de ensamblaje en dique seco (ii), las últimas dos etapas (el vertido de lastre pasivo de hormigón en los pontones y el ensamblaje de la turbina eólica en la parte superior de la estructura flotante usando una grúa en tierra) puede realizarse en el dique seco.

25 Toda la estructura se remolca al sitio de despliegue en aguas profundas (>50 m), donde están preinstaladas las líneas de amarre y un cable umbilical.

El sistema de lastre activo se usa para alcanzar el calado operativo de la estructura al llenar los tanques con agua de mar.

30 La estructura se engancha a los amarres y el cable umbilical se une a la estructura.

Si es necesario, toda la estructura puede desconectarse de las líneas de amarre y del cable umbilical y remolcarse a puerto para reparaciones mayores.

35 El mismo procedimiento es aplicable para el desmantelamiento: la desconexión de las líneas de amarre y del cable umbilical y el remolcado de la estructura flotante incluida la turbina eólica al área de desmantelamiento.

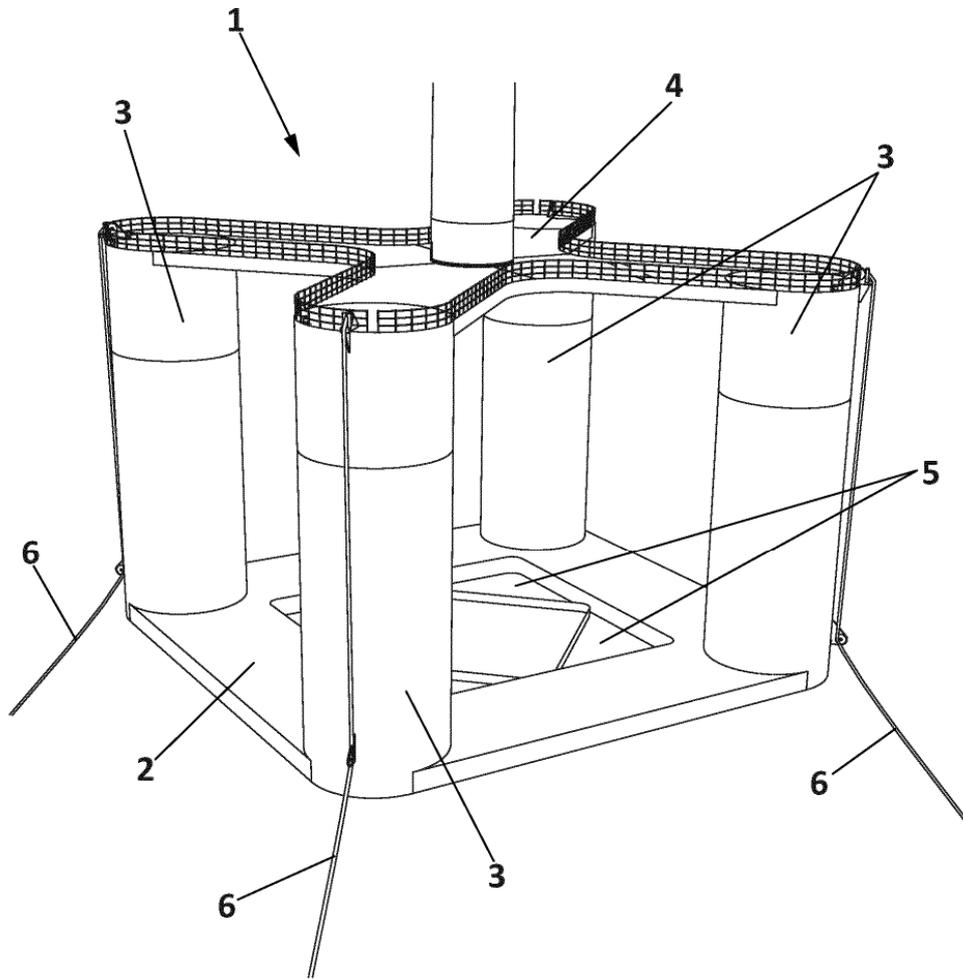
40 En resumen, se ha divulgado una nueva plataforma marítima flotante para soportar equipos de energía eólica. La plataforma está destinada a soportar equipos eólicos marítimos flotantes proporcionando una solución técnica optimizada que maximiza la producción de energía de grandes turbinas eólicas (por ejemplo, de 5 a 10 MW) al tiempo que limita los costosos procedimientos de integración y mantenimiento en alta mar, ya que la fabricación de la plataforma y su despliegue en el mar junto con turbinas eólicas, generadores y otros equipos auxiliares es de gran simplicidad.

45 Por otro lado, la invención obviamente no se limita a las realizaciones específicas descritas en el presente documento, sino que también abarca cualquier variación que pueda ser considerada por cualquier persona experta en la materia (por ejemplo, con respecto a la elección de materiales, dimensiones, componentes, configuración, etc.), dentro del alcance general de la invención como se define en las reivindicaciones.

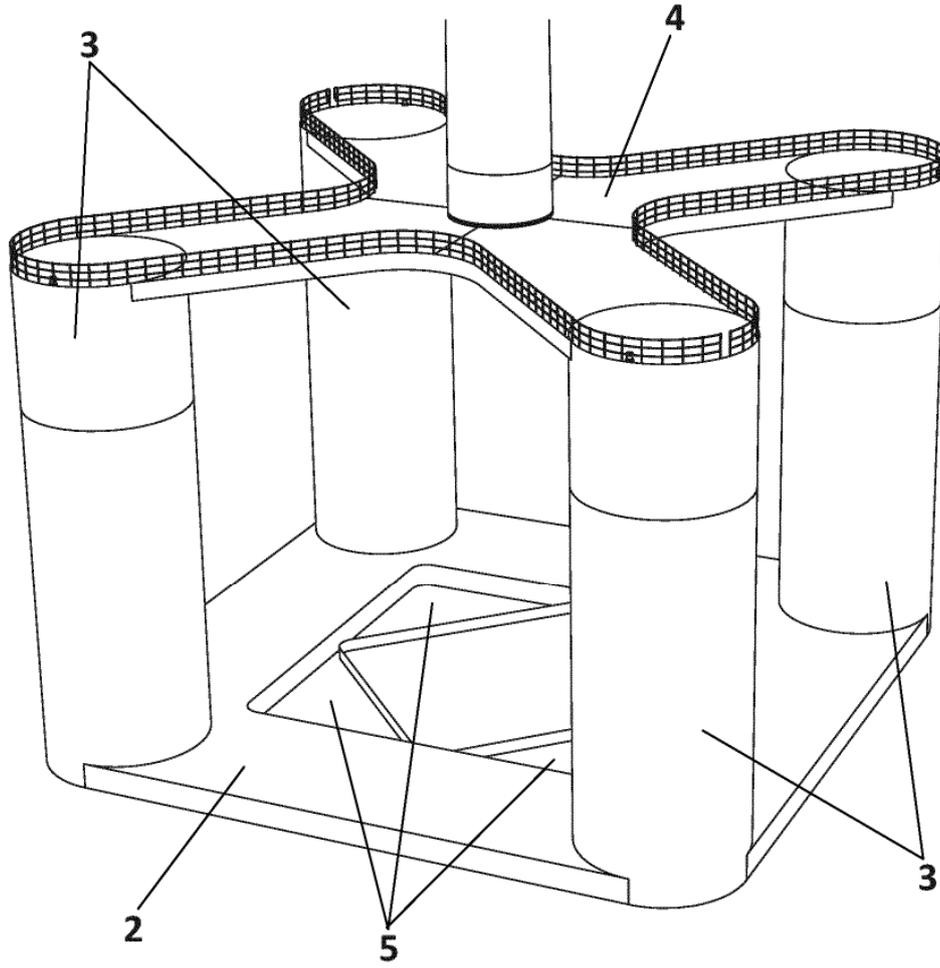
REIVINDICACIONES

1. Una plataforma flotante semisumergible (1) para soportar al menos una turbina eólica, que comprende cuatro columnas flotadoras (3); una pieza de transición (4) que tiene cuatro brazos dispuestos en configuración de estrella y que sobresale de un punto central en el que se encuentra la turbina eólica durante el uso de la plataforma, estando dispuesta la pieza de transición (4) en las columnas flotadoras (3), en el extremo superior de las mismas, estando la conexión entre la pieza de transición (4) y el extremo superior de las cuatro columnas (3) diseñada para situarse por encima de la zona de salpicadura del mar; y una placa de arfada (5); estando la plataforma flotante semisumergible (1) **caracterizada por que** además comprende un pontón de anillo (2) que comprende cuatro porciones de pontón que forman un pontón de anillo de forma cuadrilátera (2), en donde el primer extremo más bajo de cada columna (3) está unido a una esquina respectiva de dicho pontón de anillo de forma cuadrilátera (2), la placa de arfada (5) está ensamblada al perímetro interno del pontón de anillo (2), definiendo el pontón (2) y la placa de arfada (5) un hueco, cada una de las columnas flotadoras (3) comprende al menos un tanque de lastre configurado para, durante el uso de la plataforma, distribuir agua de mar para ajustar el calado y para compensar la inclinación de la plataforma (1), dicho al menos un tanque de lastre comprendido en cada columna (3) es independiente del al menos un tanque de lastre de las otras columnas (3).
2. La plataforma (1) de la reivindicación 1, en la que dicha placa de arfada (5) está formada por cuatro porciones situadas en el perímetro interno del pontón de anillo (2), siendo dichas cuatro porciones de las que está formada la placa de arfada (5) porciones en forma de triángulo o porciones de forma rectangular.
3. La plataforma (1) de cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, que además comprende un sistema de lastre activo configurado para bombear agua de mar a cada tanque de lastre de dichas columnas (3), realizándose dicho bombeo de agua de mar a cada tanque de lastre independientemente del bombeo de agua de mar a otros tanques de lastre.
4. La plataforma (1) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que cada columna (3) está reforzada internamente con largueros y larguerillos.
5. La plataforma (1) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que cada columna (3) está internamente dividida en una pluralidad de secciones.
6. La plataforma (1) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que las cuatro columnas (3) tienen un mismo diámetro (D), seleccionándose la relación entre la distancia entre dos columnas (L) adyacentes y dicho diámetro de columna (D) de manera que el período natural de la plataforma en arfada y el período natural de la plataforma en cabeceo/balanceo se mantenga igual o superior a 20 segundos, variando dicha relación según la potencia de la turbina eólica.
7. La plataforma (1) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la relación entre la superficie (S3) del hueco definido por el pontón (2) y la placa de arfada (5) y la suma de la superficie (S1) ocupada por el pontón (2) más la superficie (S2) ocupada por la placa de arfada (5) más la superficie (S3) del hueco definido por el pontón (2) y la placa de arfada (5) se selecciona de manera que el período natural de la plataforma en arfada se mantenga igual o superior a 20 segundos, variando dicha relación según la potencia de la turbina eólica.
8. La plataforma (1) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el pontón (2) está dividido en una pluralidad de compartimentos configurados para ser llenados con lastre fijo.
9. La plataforma (1) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el pontón (2) comprende internamente una estructura de refuerzo que comprende largueros y larguerillos.
10. La plataforma (1) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la placa de arfada (5) comprende internamente una estructura de refuerzo que comprende largueros y larguerillos.
11. La plataforma (1) de las reivindicaciones 4, 9 y 10, en la que la placa de arfada (5) está soportada por vigas en voladizo que aseguran la continuidad estructural de las columnas y los refuerzos de pontón.
12. La plataforma (1) de cualquier reivindicación anterior, que además comprende un generador de turbina eólica colocado en dicho punto central de la pieza de transición (4).
13. La plataforma (1) de cualquier reivindicación anterior, en la que, durante el uso de la plataforma, la pieza de transición (4) permanece por encima de la zona de oleaje.
14. La plataforma (1) de cualquier reivindicación anterior, que además comprende un sistema de amarre catenario que comprende una pluralidad de líneas de amarre catenarias configuradas para fijar la plataforma al lecho marino.
15. La plataforma (1) de cualquier reivindicación anterior, en la que dicho pontón de anillo de forma cuadrilátera (2)

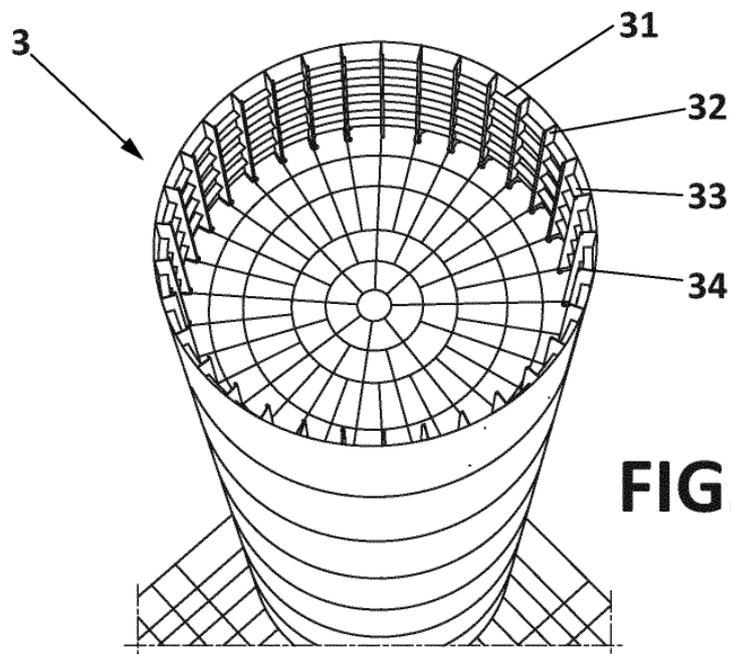
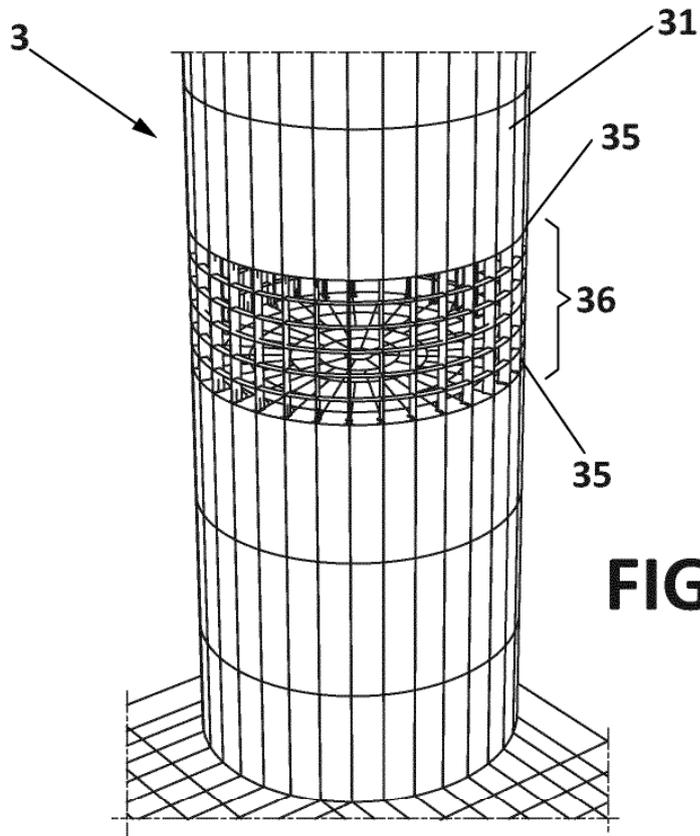
es un pontón de anillo de forma cuadrada (2).

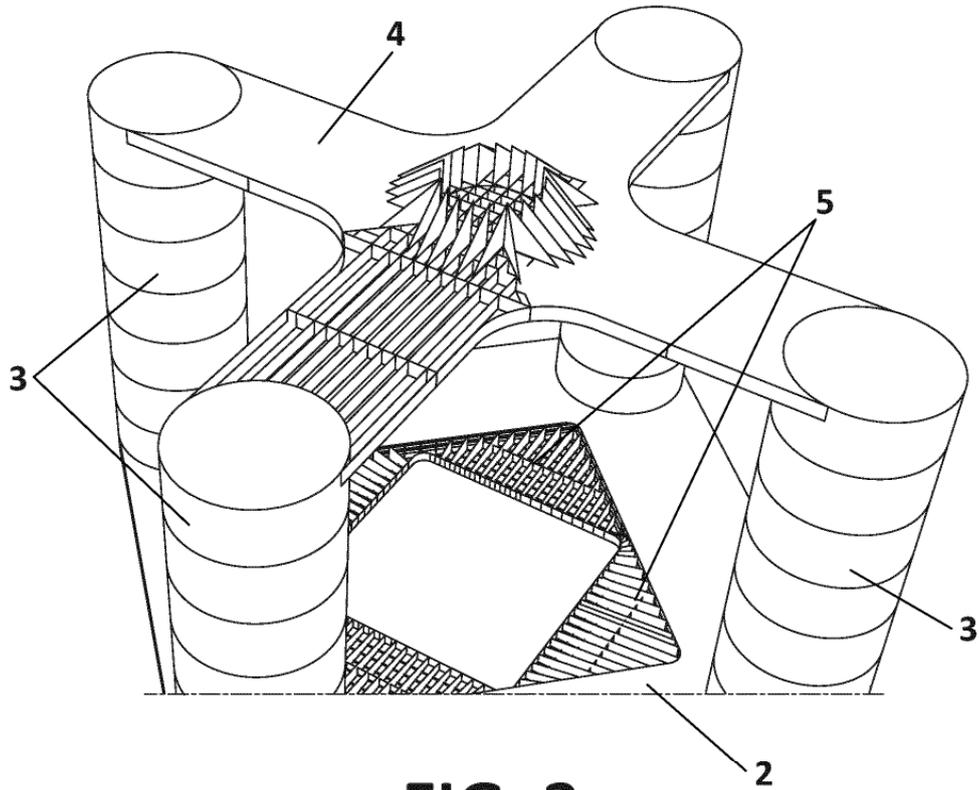


**FIG. 1A**

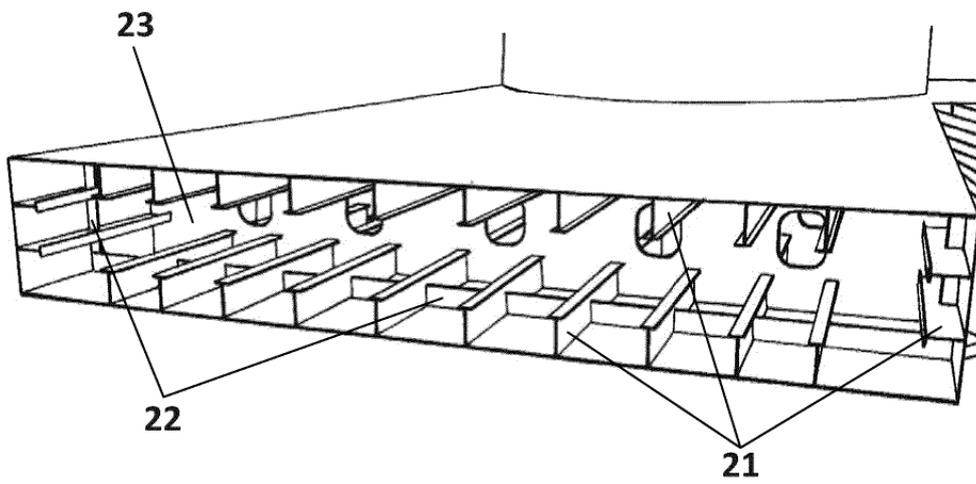


**FIG. 1B**

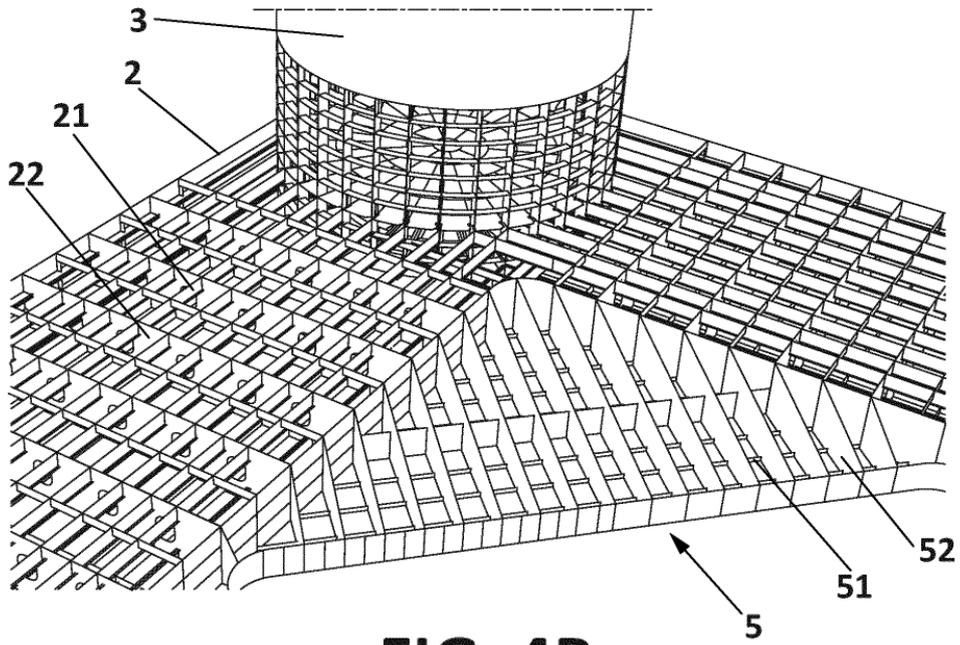




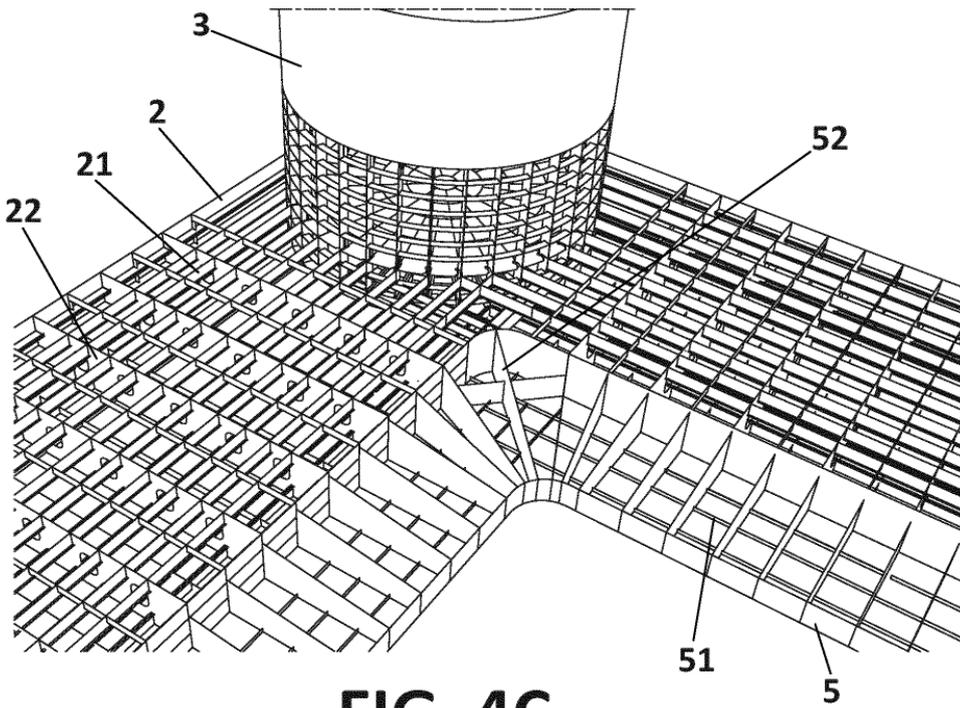
**FIG. 3**



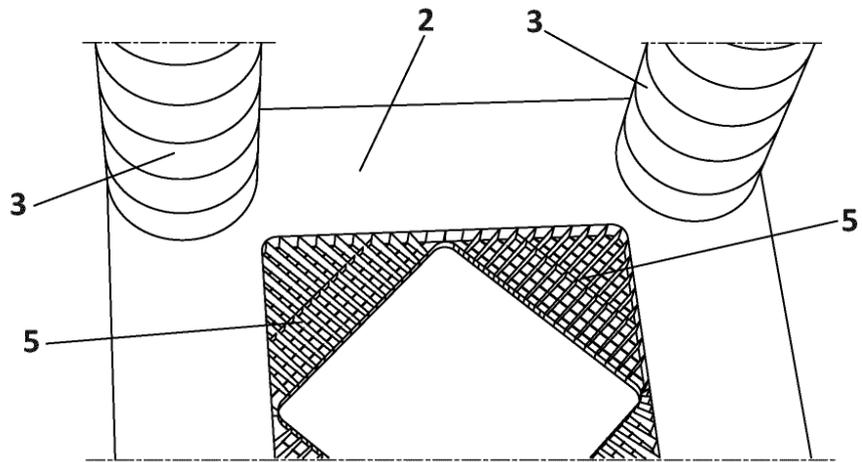
**FIG. 4A**



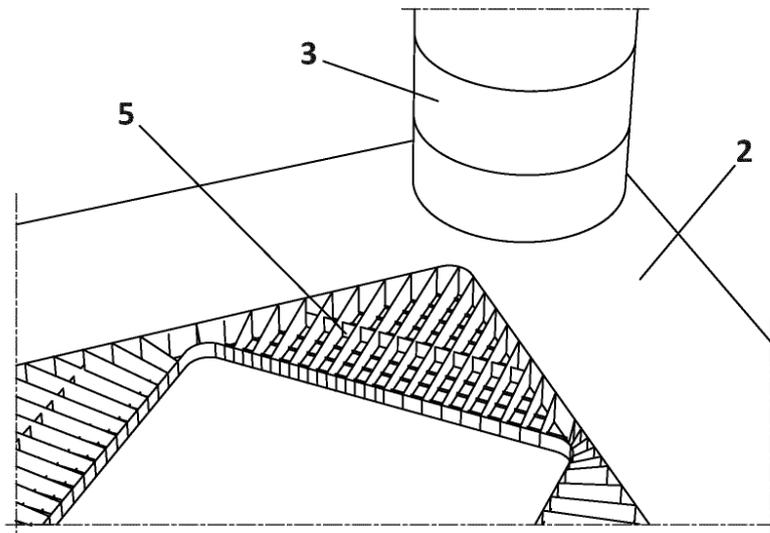
**FIG. 4B**



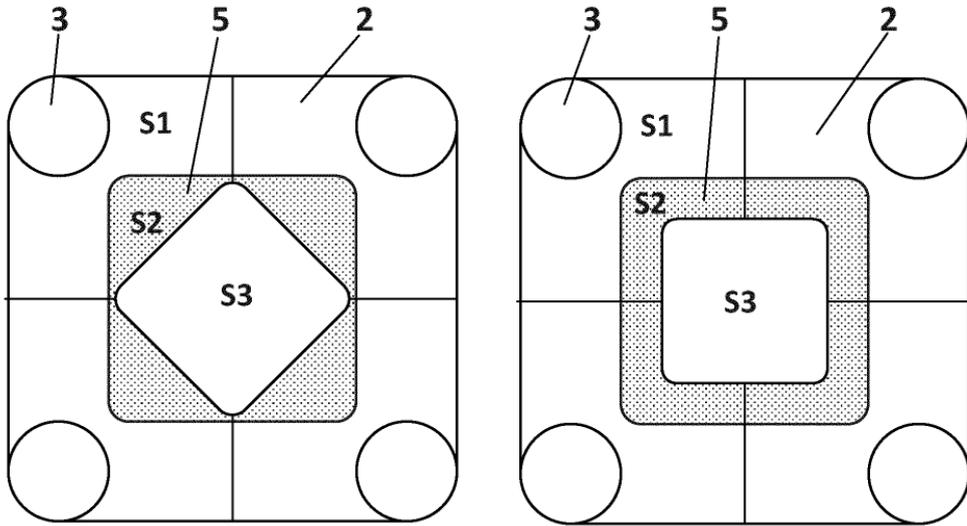
**FIG. 4C**



**FIG. 5A**

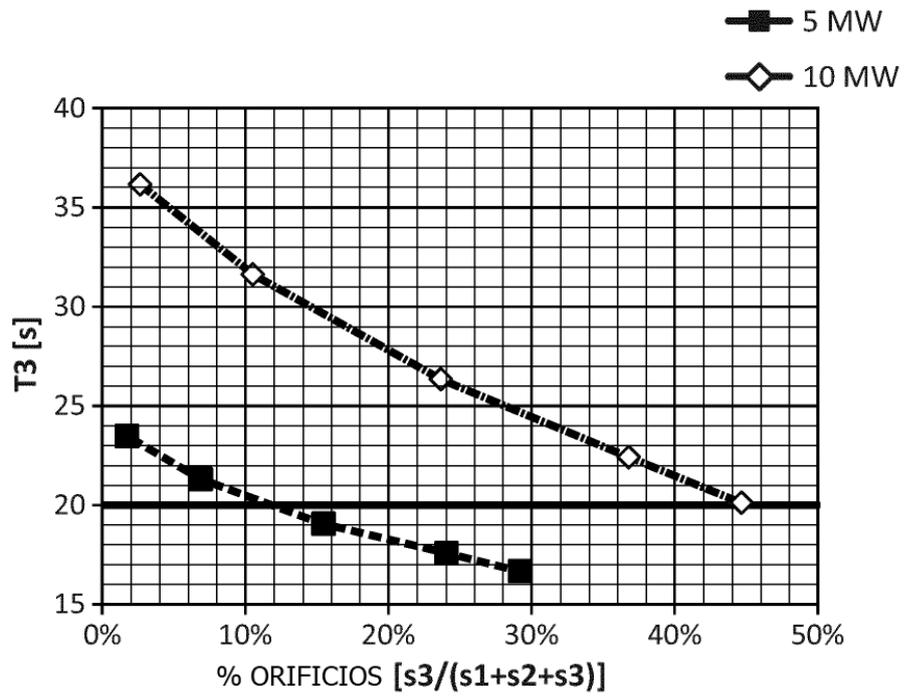


**FIG. 5B**



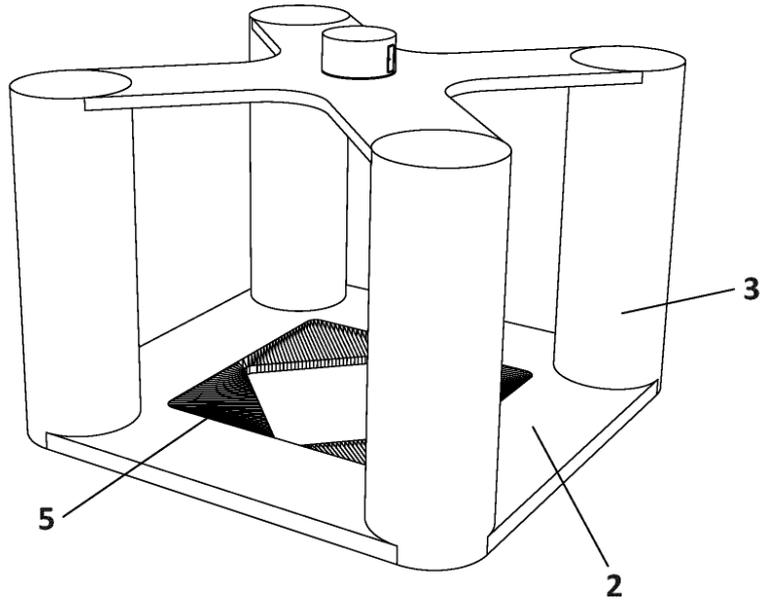
**FIG. 6A**

**FIG. 6B**

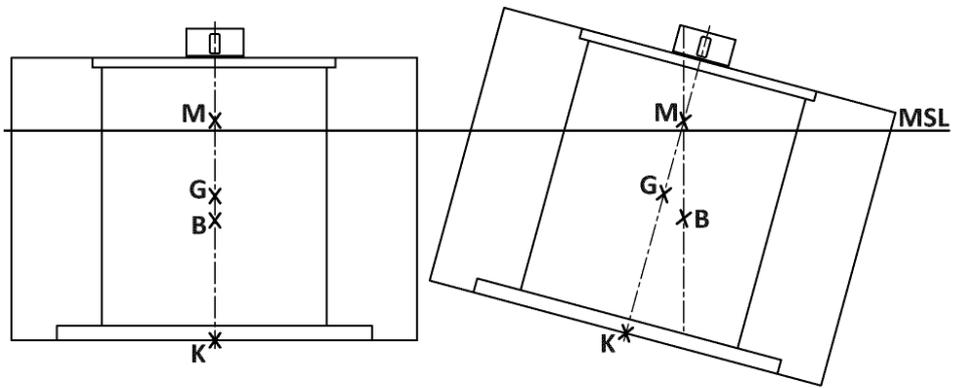


**FIG. 7**





**FIG. 8C**



**FIG. 9A**

**FIG. 9B**

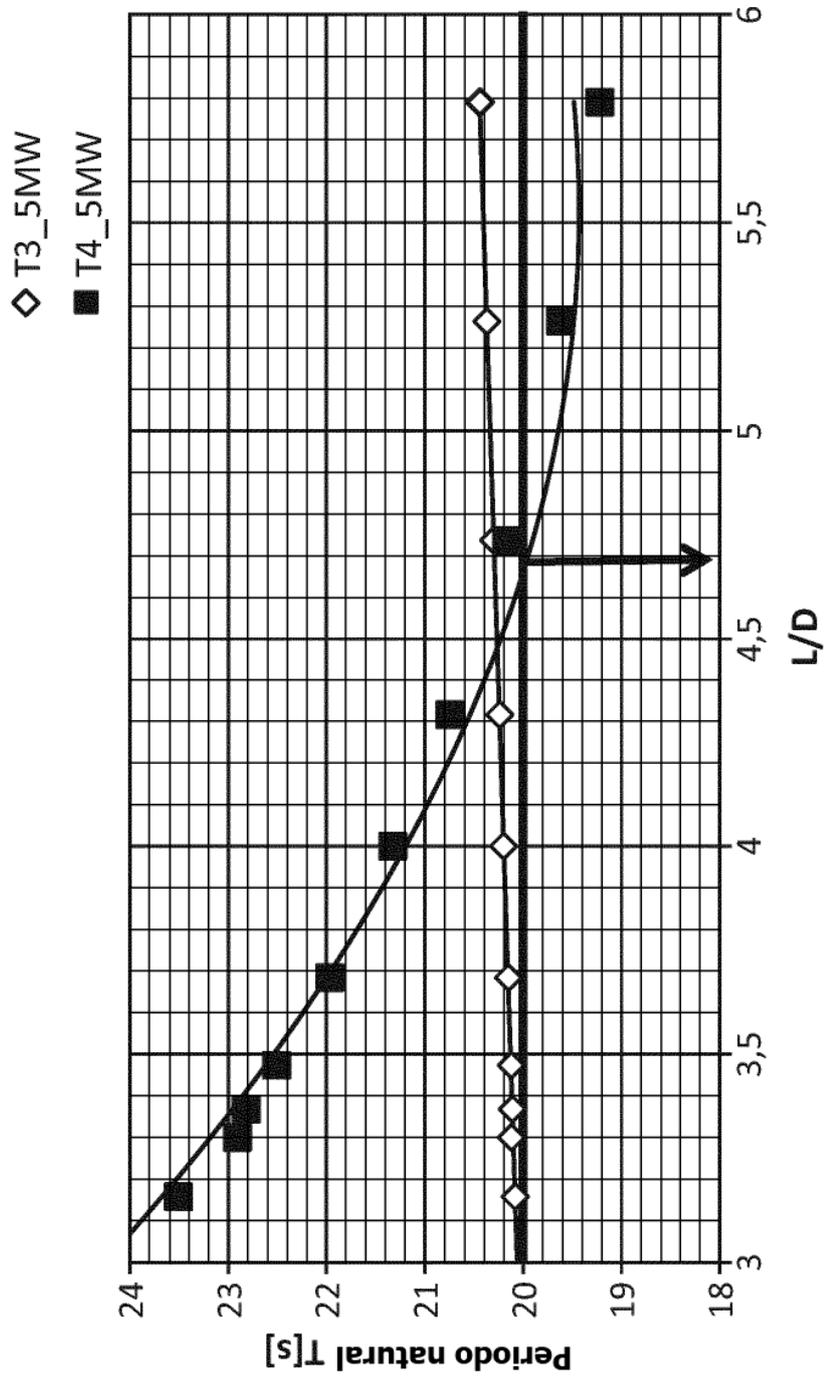
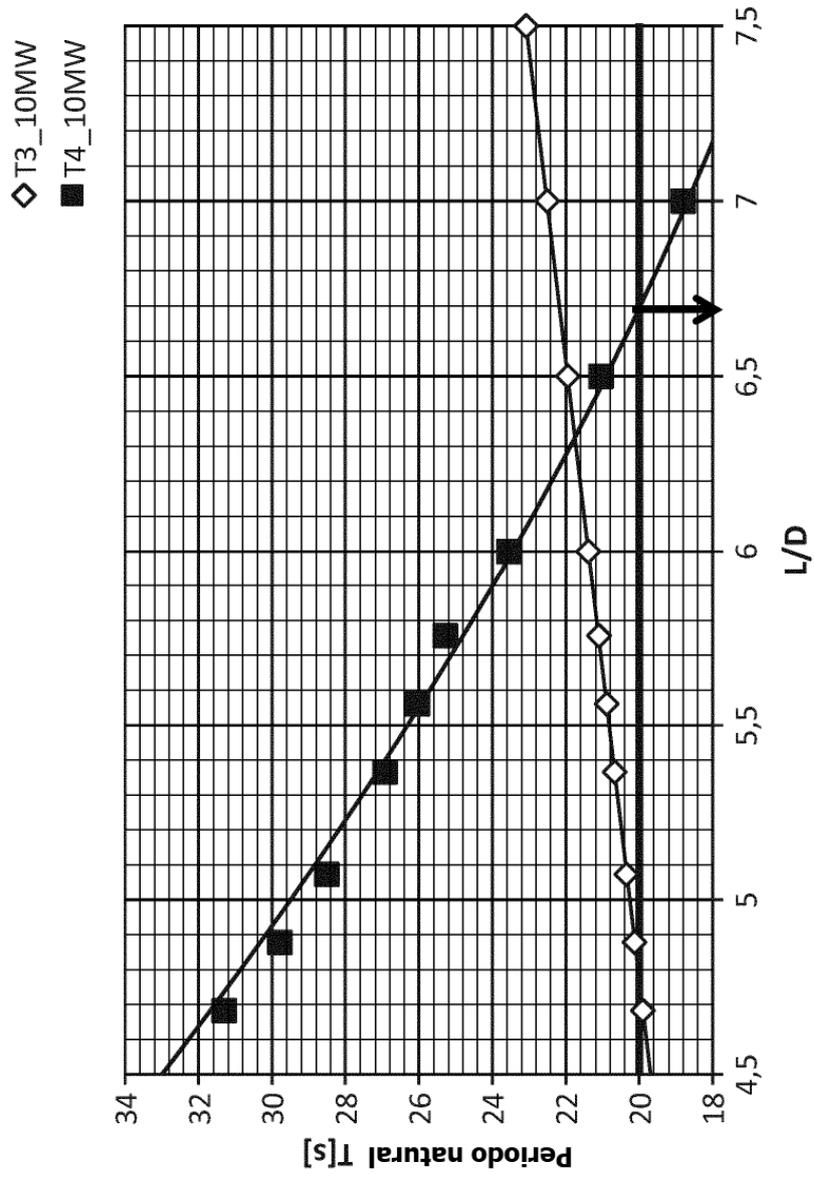


FIG. 10



**FIG. 11**