

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 524 491**

21 Número de solicitud: 201300428

51 Int. Cl.:

**B63B 22/00** (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN PREVIO

B2

22 Fecha de presentación:

**06.05.2013**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**09.12.2014**

Fecha de modificación de las reivindicaciones:

**06.03.2015**

Fecha de la concesión:

**10.06.2015**

45 Fecha de publicación de la concesión:

**17.06.2015**

56 Se remite a la solicitud internacional:

**PCT/ES2014/000048**

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD DE CANTABRIA (50.0%)  
Pabellón de Gobierno, Avda. de los Castros s/n  
39005 Santander (Cantabria) ES y  
FUNDACIÓN INSTITUTO DE HIDRÁULICA  
AMBIENTAL DE CANTABRIA (50.0%)**

72 Inventor/es:

**GUANCHE GARCÍA , Raúl ;  
LÓPEZ LÓPEZ , Javier ;  
LOSADA RODRÍGUEZ , Iñigo;  
VIDAL PASCUAL , César y  
MEDINA SANTAMARÍA , Raúl**

74 Agente/Representante:

**PAZOS CARRO, Ángel**

54 Título: **Plataforma flotante para aplicaciones en mar abierto**

57 Resumen:

Una plataforma flotante de tipo SPAR (100) para la caracterización del recurso eólico marino, que comprende una columna vertical (13) formada por una parte inferior (2) y una parte superior (4), donde la parte inferior (2) es de mayor sección que la parte superior (4). Dicha plataforma (100) comprende una caseta (6) configurada para albergar al menos equipamiento de medición, donde dicha caseta (6) está dispuesta coronando la parte superior (4) de la columna vertical (13) y tiene mayor sección que dicha parte superior (4) de la columna vertical (13), y una placa de hormigón (1) fijada a la parte inferior (2) de la columna vertical (13) y configurada para incrementar el amortiguamiento de los movimientos verticales y dotar de estabilidad al conjunto.

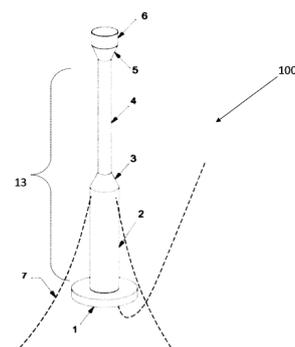


FIGURA 1

ES 2 524 491 B2

## DESCRIPCIÓN

Plataforma flotante para aplicaciones en mar abierto.

### 5 Campo de la invención

La presente invención pertenece al sector de la construcción y tecnología naval relacionada con las estructuras marinas alejadas de la costa o en mar abierto, también denominadas estructuras *offshore* y, más concretamente, al de las estructuras flotantes *offshore* del tipo SPAR. La invención descrita a continuación tiene su aplicación, entre otros ámbitos, en el de la estaciones meteorológicas marinas empleadas en la medición del recurso eólico marino *offshore*, mediante el uso de plataformas flotantes y de técnicas no intrusivas basadas en haces de láser, también denominados dispositivos LIDAR (*Light Detection And Ranging*).

### 15 Antecedentes de la invención

A la hora de caracterizar las condiciones meteo-oceanográficas de una ubicación en mar abierto u *offshore* determinada, se suelen emplear distintas herramientas, entre las que destacan el satélite, las boyas de medición y las estructuras fijas o mástiles meteorológicos fijos.

Los datos recogidos mediante estos sistemas de medición suelen ser empleados para la estimación del recurso eólico o las condiciones meteoceanicas en puntos determinados, así como para la calibración de modelos numéricos de reanálisis y técnicas de downscaling que permiten conocer las condiciones de viento en áreas cercanas en las que no se dispone de datos concretos.

En los últimos tiempos se están desarrollando sistemas flotantes "móviles" que sirven para dar soporte a dispositivos de medición tipo LIDAR, cuya principal ventaja es que permiten una fácil y rápida instalación en aguas someras y también en aguas profundas *offshore*. Este tipo de dispositivos ofrece una amplia versatilidad y flexibilidad al poder ser reubicados rápidamente de una localización a otra. El empleo de estos dispositivos permitirá caracterizar el recurso eólico marino *offshore* y el posterior desarrollo de la industria eólica marina, principalmente en aguas profundas y poco profundas.

De entre todos los conceptos y diseños que actualmente están en vías de desarrollo sobre plataformas flotantes para la instalación de dispositivos LIDAR, destacan:

- 40 - WindSentinel™, de AXIS Technologies, que es un dispositivo del tipo boya;
- FLIDAR™ (*floating* LIDAR), de 3E, que también es un dispositivo tipo boya diseñado para entornos en mar abierto severos; y
- 45 - SeaZephIR®, de Natural Power, que es un dispositivo tipo SPAR.

Los diseños actuales de plataformas LIDAR flotantes presentan ciertos inconvenientes: Por una parte, la mayoría presenta unas dimensiones y formas inadecuadas para un correcto comportamiento en la mar en zonas ajeadas de la costa y sin resguardo. Su comportamiento en la mar frente a oleaje severo presenta grandes movimientos y aceleraciones que deben ser compensados posteriormente por el sistema de medidas.

Además, los diseños identificados presentan una altura libre por encima del agua, francobordo, insuficiente para evitar que el dispositivo LIDAR sufra problemas derivados de los rociones de agua de mar, siendo previsible que con estados de mar severos las olas pasen directamente por encima del mismo, provocando el fallo o mal funcionamiento del sistema. Por otra parte, los diseños enumerados están orientados, fundamentalmente, a su utilización en aguas resguardadas o interiores, en donde los estados de mar habituales, así como los estados de mar típicos de operación de una granja eólica *offshore*, son poco severos. Se trata de diseños poco robustos, lo que perjudica sustancialmente las medidas si operan en aguas *offshore*. Por último, los dispositivos actualmente disponibles son de reducidas dimensiones, lo cual limita mucho su capacidad para la generación y almacenamiento de energía. Esto redundaría en una autonomía limitada. Así mismo, son dispositivos con una menor versatilidad ya que no permiten la implementación de sensorica adicional que complementa las medidas de viento de los dispositivos LIDAR.

Por otra parte, a mediados de los años noventa aparecieron las primeras plataformas flotantes de tipo SPAR, destinadas al sector del *offshore* del petróleo y el gas. Destacan tres tipos: las SPAR clásicas, las SPAR con celosía y las *cell* SPAR. Las plataformas SPAR clásicas son las primeras y consisten en grandes cilindros verticales de metal, normalmente acero, rellenos con un lastre de agua y rocas, que se sujeta al lecho marino mediante cables. Las plataformas SPAR con celosía (*Truss* SPAR) son una evolución de las anteriores y presentan en su zona intermedia un tramo formado por una estructura en celosía, similar a la que tienen las plataformas fijas tipo *jacket* con el objetivo de reducir el peso y el coste. El último concepto es la "*cell* SPAR", basado en un conjunto de grandes tubulares de acero anidados verticalmente. Nótese que el término SPAR significa literalmente "*Surface Piercing Articulated Caisson*", pero hoy día no se usa literalmente, porque las actuales plataformas tipo SPAR no son cajones articulados, sino cilindros verticales. Un experto sabe que el término SPAR se ha seguido usando para identificar las plataformas flotantes cilíndricas citadas en este párrafo.

La patente española ES2301443B1 describe un sistema de medición de recursos eólicos en aguas profundas basado en una estructura flotante tipo SPAR. La estructura está fijada por un dispositivo de fondeo para mantener su posición. Está provista de instrumentación que registra el movimiento de la estructura para corregir las mediciones de viento.

La solicitud de patente WO2011/095666A2 describe un mástil meteorológico marino para la medida de recurso marino, formado por un fuste y un soporte flotante que queda fijado al fondo marino mediante un sistema de anclaje. El fuste es modular, basado en tramos de acero decrecientes en sentido ascendente. El soporte está formado por un cilindro central, un tanque flotador y el lastre. En el exterior del fuste se montan los anemómetros ultrasónicos y de cazoleta, la instrumentación ambiental y los dispositivos GPS, mientras que en el interior del fuste se inserta la instrumentación de medida y corrección de movimientos (inclinómetros y acelerómetros). Según la descripción de esta solicitud de patente, el mástil es capaz de funcionar con escoras menores de 10° en aguas con profundidades medias y altas, en el rango de 30-200 m. Los sucesivos tramos que conforman la parte sumergida tienen por objetivo asegurar el par restaurador mínimo necesario para otorgar a la estructura de estabilidad suficiente. Sin embargo, esos tramos suponen una complicación constructiva significativa, así como zonas de concentración de tensiones muy sensibles a la rotura por fatiga.

## Resumen de la invención

La presente invención trata de resolver los inconvenientes mencionados anteriormente mediante una plataforma flotante de tipo SPAR para la caracterización del recurso eólico marino optimizada.

Concretamente, en un primer aspecto de la presente invención, se proporciona una plataforma flotante de tipo SPAR para la caracterización del recurso eólico marino. que comprende una columna vertical formada por una parte inferior y una parte superior, donde la parte inferior es de mayor sección que la parte superior. La plataforma comprende una caseta configurada para albergar al menos equipamiento de medición. La caseta está dispuesta coronando la parte superior de la columna vertical y tiene mayor sección que dicha parte superior de la columna vertical. La estructura comprende además una placa de hormigón fijada a la parte inferior de la columna vertical y configurada para incrementar el amortiguamiento de los movimientos verticales y dotar de estabilidad al conjunto.

Preferentemente, la plataforma está diseñada para que durante su operación, la parte que queda por debajo de la línea de flotación sea de mayor longitud que la parte que queda por encima de la línea de flotación.

En una posible realización, dichas parte inferior y parte superior de la columna están conectadas mediante un cambio de sección diseñado para reducir la sección de la columna y así aumentar el periodo propio del dispositivo.

En una posible realización, la parte inferior está interiormente compartimentada. En ese caso, la parte inferior comprende preferentemente al menos dos tanques de lastre: uno de hormigón y otro de agua, estando el tanque de hormigón configurado para estar lleno y estando el tanque de agua configurado para llenarse una vez la plataforma ha salido de las aguas del puerto o zona de resguardo en donde se ha construido.

Preferentemente dichas parte inferior y parte superior de la columna vertical son cilíndricas.

Preferentemente dichas parte inferior y parte superior de la columna vertical son huecas.

Preferentemente la columna es de acero.

Preferentemente la placa de hormigón es una placa de hormigón prefabricado.

En una posible realización, la plataforma comprende además un sistema de fondeo que comprende una pluralidad de líneas de fondeo.

Preferentemente la caseta está unida a dicha parte superior de la columna mediante una pieza de transición, diseñada para reducir las cargas por impacto del oleaje en la caseta.

Preferentemente la plataforma está diseñada para que durante su operación, la parte inferior de la columna quede por debajo de la línea de flotación, mientras que la parte superior de la columna quede parcialmente por debajo de dicha línea de flotación, quedando el resto de la parte superior de la columna por encima de la línea de flotación.

Las ventajas de la invención se harán evidentes en la descripción siguiente.

### **Breve descripción de las figuras**

- 5 Con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica del mismo, y para complementar esta descripción, se acompaña como parte integrante de la misma, un juego de dibujos, cuyo carácter es ilustrativo y no limitativo. En estos dibujos:
- 10 - La figura 1 ilustra una vista en perspectiva 3D de una plataforma flotante de acuerdo con una posible realización de la invención.
- La figura 2 ilustra una vista en perspectiva 3D de una plataforma flotante de acuerdo con una posible realización de la invención.
- 15 - La figura 3 muestra una vista de perfil que incluye un sistema de fondeo de una plataforma flotante de acuerdo con una posible realización de la invención.
- La figura 4 muestra una vista de perfil que incluye un sistema de fondeo de una plataforma flotante de acuerdo con una posible realización de la invención.
- 20 - La figura 5 muestra una vista de perfil que incluye un sistema de fondeo de una plataforma flotante de acuerdo con una posible realización de la invención.
- 25 - Las figuras 6 y 7 muestran el patrón de respuestas de los movimientos verticales de una plataforma ejemplificada de acuerdo con la invención. y de una plataforma similar pero sin placa de heave, para diferentes períodos de oleaje y suponiendo la linealidad de sus respuestas.
- 30 - La figura 8 muestra una serie temporal de oleaje incidente para un estado de mar de supervivencia, para una plataforma ejemplificada de acuerdo con la invención.
- La figura 9 muestra una serie temporal de movimientos verticales de respuesta, para una plataforma ejemplificada de acuerdo con la invención.
- 35 - La figura 10 muestra una serie temporal de movimientos longitudinales de respuesta, para una plataforma ejemplificada de acuerdo con la invención.
- La figura 11 muestra una serie temporal de giros de cabeceo de respuesta, para una plataforma ejemplificada de acuerdo con la invención.
- 40

### **Descripción detallada de la invención**

45 En este texto, el término "comprende" y sus variantes no deben entenderse en un sentido excluyente, es decir, estos términos no pretenden excluir otras características técnicas, aditivos, componentes o pasos.

Además, los términos "aproximadamente", "sustancialmente", "alrededor de", "unos", etc. deben entenderse como indicando valores próximos a los que dichos términos  
50 acompañen, ya que por errores de cálculo o de medida, resulte imposible conseguir esos valores con total exactitud.

En este contexto, se entiende por "aguas poco profundas" aquellas áreas marinas en las que el oleaje se encuentra significativamente modificado por el fondo. Estas áreas suelen comprender profundidades de hasta 20-30 metros.

- 5 Las siguientes realizaciones preferidas se proporcionan a modo de ilustración, y no se pretende que sean limitativos de la presente invención. Además, la presente invención cubre todas las posibles combinaciones de realizaciones particulares y preferidas aquí indicadas. Para los expertos en la materia, otros objetos, ventajas y características de la invención se desprenderán en parte de la descripción y en parte de la práctica de la  
10 invención.

A continuación, se describe la plataforma de la invención que da solución a los problemas identificados del estado actual de la técnica, y que se trata de una plataforma flotante del tipo SPAR de pequeñas dimensiones, geometría sencilla y con un calado muy reducido.  
15 La plataforma dispone de una muy reducida área en la flotación que le permite fijar el periodo propio fuera de los periodos propios del oleaje en combinación con la placa de heave, tal y como se describe a continuación. Además, su sencillez geométrica facilita y economiza el proceso constructivo, ya que está conformada por dos tramos preferentemente cilíndricos y una pieza de transición. La plataforma está especialmente  
20 diseñada para que su inclinación no supere el 5%. Esto se consigue gracias a un área reducida en la flotación junto con una placa de heave que permite aumentar significativamente la masa añadida, aumentar los periodos propios del dispositivo y alcanzar un par restaurador significativo capaz de limitar la inclinación operacional del dispositivo. Está además diseñada para que funcione óptimamente en aguas poco  
25 profundas, aunque también puede usarse en aguas profundas con ligeras modificaciones del sistema de fondeo.

La figura 1 muestra un esquema de una plataforma flotante de tipo SPAR 100, de acuerdo con una posible realización de la invención. El cuerpo central de la plataforma  
30 100 de la figura 1 está constituido por una única columna vertical, preferentemente cilíndrica 13. La columna 13 es hueca. Esta columna 13 está formada por una parte inferior 2, seguida por un cambio de sección 3 que permite reducir la sección de la misma, de forma que la parte superior 4 de la columna 13 es de sección menor que la parte inferior 2. Tanto la parte superior 4 como la inferior 2 son de sección constante. La  
35 plataforma está diseñada para que el cambio de sección 3 quede por debajo de la línea de flotación. Es decir, la parte de la columna 13 destinada a estar fuera del agua es casi toda la parte superior 4 (pero no toda), mientras que la parte inferior 2, de mayor sección, está completamente sumergida. Asimismo, una pequeña parte de la parte de menor sección 4 está también sumergida. En la parte superior 4 se encuentra una caseta 6 preparada para albergar los equipamientos necesarios para la medida mediante LIDAR. Preferentemente entre la parte superior 4 y la caseta 6 hay un cambio de sección S para facilitar la evacuación del oleaje al ascender por el fuste 4. Son estos elementos, por su elevada altura respecto a la base de la plataforma 100, los que introducen un par  
40 desestabilizador que es en compensado mediante la flotación en gran parte concentrada en la parte inferior 2 de la columna y la masa en gran parte concentrada en la placa de heave 1 (que se describe a continuación).

La plataforma 100 dispone de una placa inferior de hormigón 1, denominada placa de heave o placa de alteada, que incrementa notablemente el amortiguamiento de los  
50 movimientos verticales y mejora significativamente el comportamiento del dispositivo en el mar, fundamentalmente porque aumenta significativamente la masa añadida del

sistema gracias a su sobre-diámetro respecto a la columna 13. A la vez, actúa de lastre fijo reduciendo la altura del centro de gravedad de todo el conjunto aportando mayor par restaurador al sistema. Esta placa de hormigón prefabricado 1 es preferentemente un anillo, y puede ser homogénea o con agujeros. La placa 1 es de mayores dimensiones (diámetro, en el caso de ser un anillo) que la sección de la parte inferior 2 de la columna. La columna 13 está directamente unida a la placa inferior, placa de *heave* o placa de alzada 1.

La plataforma 100 está diseñada para que el calado (parte sumergida, por debajo de la línea de flotación) sea mayor que la parte que queda por encima de la flotación.

Los inventores han observado que una correcta selección de la relación entre la parte sumergida y la emergida permite optimizar varias cuestiones: Por una parte, reducidos calados permiten utilizar la plataforma en aguas poco profundas, es decir, cerca de la costa, por ejemplo, a profundidades de unos 25 m (pero también a profundidades mayores, como 100 m). Esto es posible gracias a concentrar gran parte del lastre en la placa de *heave* 1 y gracias a que la placa de *heave* 1 es capaz de aumentar la masa significativamente. A su vez, la parte inferior 2 de la columna alberga gran parte de la flotación y por lo tanto, la altura metacéntrica resultante de combinar ambos permite reducir significativamente el calado de la estructura. Por otra parte, la parte exterior al mar, ha de ser tal que permita localizar la caseta 6 fuera de la acción de la severidad del oleaje.

Coronando la estructura se localiza una caseta 6, preferentemente cilíndrica, preferentemente de mayor diámetro o sección que la parte superior 4 de la columna 13, preferentemente conectada con la parte superior 4 de la columna 13 a través de una pieza de transición 5. La caseta 6 está destinada a albergar equipos o dispositivos, tales como los dispositivos de medición meteorológicos y un sistema de medición LIDAR, así como baterías y otros dispositivos eléctricos necesarios para una correcta operación del dispositivo. Gracias al par restaurador conseguido con la combinación de la placa de *heave* 1 y de la parte inferior 2 de la columna, se puede situar la caseta 6 a una altura significativa por encima del nivel del mar, dejándola por lo tanto fuera de la acción del oleaje y rocciones propios del ascenso-descenso de la ola a lo largo de la parte superior 4 de la columna y de la pieza de transición 5.

Con la plataforma de la invención, se ha conseguido aumentar el periodo propio del dispositivo en alzada por encima de 20 segundos, así como el periodo propio de balance o pitch, que se encuentra por encima de los 25 segundos. Gracias a la combinación ya mencionada de la placa de *heave* 1 y de la parte inferior 2 de la columna, se ha conseguido una respuesta lineal de la estructura frente a la acción del oleaje, evitando por tanto fenómenos resonantes potencialmente dañinos para la estructura.

Como se ha explicado, la parte sumergida de la plataforma 100 presenta un calado muy reducido, preferentemente inferior a 20 metros.

El cambio de sección 3 se realiza preferentemente mediante el empleo de una pieza troncocónica. Lo mismo ocurre con la pieza de transición 5 de la realización que incluye la caseta 6. Además, en esa realización, la pieza de transición troncocónica 5 tiene como finalidad adicional reducir las cargas por impacto del oleaje en la caseta 6, mejorando el desalajo del agua y el roción asociado.

La plataforma 100 comprende también un sistema de fondeo 7, formado por una pluralidad de líneas de fondeo.

5 Como muestra el detalle de la figura 2, la parte sumergida o parte de mayor sección 2 está interiormente compartimentado. Preferentemente tiene al menos dos tanques de lastre: uno de hormigón 10 y otro de agua 11. El tanque de hormigón 10 siempre ha de estar lleno, mientras que el de agua 11 está diseñado para llenarse una vez la plataforma 100 haya salido de las aguas del puerto, o zona de resguardo en donde se ha construido, con el fin de bajar el centro de gravedad e incrementar su estabilidad como paso previo a  
10 la unión de la misma al sistema de fondeo compuesto por catenarias o bien a su remolque. Es preciso señalar que el lastre móvil o de agua tiene por objetivo el ajuste fino de la línea de flotación, aspecto de particular relevancia en este tipo de estructuras.

15 El material de construcción empleado en todos (parte superior e inferior de la columna, transición 3 transición 5, caseta...) los elementos que constituyen la plataforma 100 es preferentemente acero de calidad naval, salvo en la placa de *heave* 1, que se construye en hormigón armado. Alternativamente, el acero puede sustituirse por titanio, fibra de carbono o fibra de vidrio.

20 La figura 3 muestra en detalle el sistema de fondeo 7. En una posible realización, éste está constituido por 3 líneas de fondeo separadas 120° entre sí. Las líneas de fondeo, que no son objeto de la presente invención, pueden estar fabricadas, por ejemplo, por cadena de acero con eslabón sin conrete, de estacha marina o una combinación de ambos. Así mismo, estas líneas de fondeo pueden estar dispuestas con o sin pretensión  
25 inicial forzada mediante la adición de bloques o muertos de hormigón 12 dispuestos a una distancia variable L desde la posición de anclaje en la plataforma 100. Esta posibilidad se ilustra en la figura 5.

30 Como muestra la figura 4. el sistema de fondeo 7 por catenarias puede ser mejorado mediante el uso de una cuarta línea 8 dispuesta de tal forma que su peso baje el centro de gravedad del conjunto y trabaje en contra de los giros, incrementando el par adrizante del sistema, tal y como se aprecia en dicha figura. Esta línea 8 no está diseñada para fondear el sistema, sino que su función es únicamente la de incrementar el *damping* del conjunto a los giros. En su extremo está preferentemente unida a un peso muerto 9. La  
35 longitud de esta línea 8 debe ser lo suficientemente grande como para no interferir en la posición del sistema aún cuando los movimientos de la plataforma sean máximos.

40 Las líneas de fondeo 7 se unen a la plataforma 100 mediante una pieza, preferentemente de acero, u orejeta, conectada firmemente con la estructura de la plataforma a varios metros por debajo del nivel del mar en reposo. Preferentemente, esta distancia es de unos 5 metros. En el otro extremo, las líneas de fondeo 7 están firmemente sujetas al fondo marino mediante el empleo de un dispositivo de anclaje convencional, que puede ser, por ejemplo: un ancla, un muerto, un pilote o un pilote de succión.

45 En suma, la plataforma flotante de la invención, presenta una serie de características propias y originales que lo diferencian claramente respecto del resto de diseños que constituyen el estado de la técnica actual, tales como:

- 50 - El empleo de hormigón como material de construcción de la placa de heave.
- El reducido calado que le permite operar en aguas someras.

- 5 - La placa de hormigón en la base, que sirve para amortiguar significativamente los desplazamientos verticales durante su operación y en cualquier condición de mar. Esta placa vertical provoca, al moverse en sentido vertical, un desplazamiento extra de agua a su alrededor, denominado masa añadida, generando un efecto de amortiguamiento sobre la estructura que reduce significativamente los desplazamientos verticales incrementando notablemente sus prestaciones operacionales respecto de cualquier otro diseño.
- 10 - Los sistemas de fondeo especialmente adaptados a las características del diseño: preferentemente 3 catenarias.
- Catenarias con sistema de compensación de giros.
- Catenarias con pretensión.
- 15 - La localización de la caseta de instrumentación a una altura lo suficientemente alta como para estar fuera de la acción del oleaje. Preferentemente por encima del nivel medio del mar en una altura de ola máxima esperada durante la vida útil de la estructura.
- 20 - Su versatilidad a la hora de poder operar en aguas de profundidad intermedia y profundas, además de con muy distintas condiciones climáticas.
- Su capacidad para albergar sistemas de generación y acumulación de energía que la dotan de una alta autonomía.
- 25 - La disponibilidad de espacio suficiente para implementar sensórica adicional al LIDAR para la medida de parámetros met-oceánicos adicionales.
- Por su capacidad y comportamiento es una pequeña plataforma científico-técnica autónoma offshore.
- 30 Y por lo tanto:
- La plataforma presenta inmejorables características de estabilidad a flote, con diferentes condiciones de peso y cargas de operación o ambientales. Pudiendo, llegado el caso, salir de puerto remolcado en posición vertical gracias a su reducido calado en la condición de remolque.
- 35 - El diseño del sistema de fondeo está optimizado para lograr la reducción de las tensiones máximas en las líneas de fondeo y ayudar a mejorar el par adrizante o restaurador de la estructura; reduciendo los movimientos de pitch (cabeceo) y roll (balanceo) durante su operación.
- 40 - El dispositivo está dotado de la suficiente estabilidad como para permitir instalar en puerto todos los sistemas de medición, de tal forma que puede ser remolcado al lugar de instalación con todos los equipos y sistemas ya instalados.
- 45 En resumen, la plataforma flotante 100 de la invención presenta varias ventajas frente a plataformas convencionales, entre las que destacan:
- 50 - Sus reducidas dimensiones, que implican una considerable reducción de los costes de fabricación en comparación con los mástiles meteorológicos fijos empleados actualmente.

- 5 - La versatilidad de su diseño, que permite que esta plataforma puede ser reubicada con facilidad y rapidez, lo que la hace muy atractiva desde el punto de vista del inversor, ya que puede utilizarla en diversas campañas de medición con condiciones climáticas y marinas cambiantes y muy diversas. Esto hace que en comparación con los mástiles meteorológicos fijos y los actuales flotantes LIDAR, presente mejores cualidades operacionales y mayor atractivo desde el punto de vista de su explotación.
- 10 - Las dimensiones y la característica de estabilidad lograda con esta plataforma permite su utilización con diferentes climas marinos y en aguas de profundidad variable, tanto en aguas someras, como intermedias y profundas.
- 15 - Sus reducidas dimensiones permiten realizar su construcción en cualquier instalación de carácter industrial o portuario acondicionado para ello, no siendo necesario el empleo de grandes infraestructuras dedicadas a la construcción naval, como son los Astilleros o Factorías Navales. Este hecho es de vital importancia para acercar al máximo posible la construcción de estas unidades al lugar de operación, y por lo tanto, reducir drásticamente los costes de transporte, mejorando sustancialmente la rentabilidad de la inversión y por lo tanto su atractivo.
- 20 - El empleo de la placa de amortiguamiento a heave reduce drásticamente los movimientos de la estructura en el mar, lo que permite diseñar sistemas de fondeo menos robustos y menos costosos. Esta placa mejorara la operatividad de todo el conjunto.
- 25 - La instalación de todos los sistemas y equipos, puede realizarse en seco, antes de proceder a su botadura.
- 30 - El diseño permite reducir drásticamente la complejidad de la operativa de remolque, instalación y puesta en marcha de la plataforma, reduciendo significativamente los costes asociados a estas operaciones. El remolque, siempre que el calado disponible sea suficiente, puede realizarse con la plataforma en su posición vertical.

### **Ejemplo**

35 A continuación se describe un ejemplo concreto de una plataforma flotante de acuerdo con la invención, que se ha diseñado y simulado. La plataforma flotante del ejemplo comprende una estructura de acero, equipamiento, lastre fijo de hormigón, lastre variable (agua) y cadenas de fondeo. El diseño y simulación incluyen además una caseta de instrumentación (del tipo que pueden albergar dispositivos LIDAR). La capacidad máxima de carga es de 3.000 kilogramos. Este diseño permite salir con la condición de mínimo

40 lastre y mínimo calado sin ningún problema de estabilidad llevando instalados todos los sistemas de medición a bordo.

45 Nótese que las dimensiones mostradas en este ejemplo pueden variar en un futuro como fruto del proceso de optimización y adaptación a nuevas exigencias de carácter técnico o legal, cuando su instalación en una localización concreta así lo exija o por otras razones.

A continuación se describe su comportamiento en la mar:

50 El diseño ha sido evaluado técnicamente mediante la realización de simulaciones numéricas con acoplamiento entre la plataforma y su sistema de fondeo, tanto en el dominio del tiempo como en el de la frecuencia, empleando para ello modelos numéricos

comerciales extensamente utilizados en la industria offshore como son: W AMIT, WADAM y SIMO-RIFLEX.

5 Del conjunto de simulaciones realizadas, con diferentes estados de mar, han resultado los siguientes datos que caracterizan la plataforma flotante LIDAR del tipo SPAR del ejemplo:

1 - Períodos Propios de la estructura sin acoplamiento del sistema de fondeo y con placa de heave:

10

<b>Grado de Libertad</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Período Propio a Heave (Alteada)	27,1	s
15 Período Propio a Pitch y Roll (Cabeceo y Balanceo)	21,5	s

2 - Períodos Propios de la estructura sin acoplamiento del sistema de fondeo y sin placa de heave:

20

<b>Grado de Libertad</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Período Propio a Heave (Alteada)	18,8	s
25 Período Propio a Pitch y Roll (Cabeceo y Balanceo)	19,8	s

De los resultados de las dos últimas tablas, se aprecia que la misma plataforma sin placa de *heave* presenta un período propio de alteada de 18 segundos en su movimiento vertical, lo que haría que entrase en resonancia con estados de mar cuyo período medio esté en torno a los 18 segundos. En cuanto se implementa la placa de *heave* se logra alejar el período propio de la estructura hasta los 27 segundos, lo cual es de vital importancia para asegurar su excelente comportamiento en la mar con cualquier estado de mar.

35 En las figuras 6 y 7 se muestran ambos Operadores de Amplitud en Respuesta a Heave (Heave RAO), es decir, el patrón de respuestas de los movimientos verticales de la misma plataforma con placa y sin placa de heave para diferentes períodos de oleaje y suponiendo la linealidad de sus respuestas. Se observa que la placa de *heave* provoca un amortiguamiento de las respuestas muy importante hasta oleajes con periodos de entorno a 25 segundos, comenzando después la zona resonante. Por el contrario, se observa cómo la misma plataforma sin placa de *heave* comienza la zona de resonancia entorno a los 16 segundos y tras la misma, la plataforma se convierte en un dispositivo seguidor del oleaje (factor de 1) lo que indica que no es capaz de amortiguar los desplazamientos verticales, moviéndose con igual amplitud que el oleaje incidente. Esto haría empeorar mucho sus prestaciones de operatividad, flexibilidad y perjudicaría el funcionamiento del sistema de medición LIDAR.

3 - Movimientos con oleaje irregular. Sistema de fondeo con 3 catenarias:

50 A continuación se muestra la caracterización de las respuestas más importantes de la plataforma flotante LIDAR del ejemplo, con oleaje irregular y un sistema de fondeo constituido por 3 catenarias (esquema de la figura 3):

	Estado de mar	Valor Máx observado	Valor medio
SURGE (m)			
5	Estado de mar de Operación 1	3,43	1,42
	Estado de mar de Operación 2	5,84	2,33
10	Estado de mar Severo	9,95	6,19
	Estado de mar de Supervivencia	9,85	6,11
15	Estado de mar	Valor Máx observado	Valor medio
HEAVE (m)			
20	Estado de mar de Operación 1	0,61	0,01
	Estado de mar de Operación 2	1,75	0,02
	Estado de mar Severo	4,10	0,29
25	Estado de mar de Supervivencia	3,64	0,33
30	Estado de mar	Valor Máx observado	Valor medio
PITCH (°)			
	Estado de mar de Operación 1	3,92	0,12
35	Estado de mar de Operación 2	7,60	0,57
	Estado de mar Severo	19,34	1,82
40	Estado de mar de Supervivencia	30,67	0,63

En donde los climas marinos considerados son:

Clima marino	Oleaje			Viento (m/s)				Corriente (m/s)	
	Hs(m)	Tp(m)	$\theta$	Vinput	Vmedia	Vmax	$\theta$	Vmedia	$\Theta$
Estado de mar de supervivencia	10	17	0	25,00	25,35	36,30	0	0,71	0
Estado de mar severo	7	12	0	18,00	18,67	27,58	0	0,71	0
Estado de mar de operación 2	5	11	0	15,00	15,31	21,48	0	0,18	0

Estado de mar de operación I	3	7	0	8,00	8,42	10,62	0	0,18	0
------------------------------	---	---	---	------	------	-------	---	------	---

5 Las figuras 8, 9, 10 y 11 representan las series temporales características de los movimientos de respuesta o grados de libertad más importantes (*heave*, *surge* y *pitch*) para el estado de mar de supervivencia (con oleaje irregular):

10 La figura 8 muestra la serie temporal de oleaje incidente para un estado de mar de supervivencia. En concreto, se muestra la elevación marina en metros frente al periodo en segundos.

La figura 9 muestra la serie temporal de movimientos verticales (*heave*) para un estado de mar de supervivencia. En concreto, se muestra el desplazamiento en metros frente al periodo en segundos.

15 La figura 10 muestra la serie temporal de movimientos longitudinales de respuesta (*surge*) para un estado de mar de supervivencia. En concreto, se muestra el desplazamiento en metros frente al periodo en segundos.

20 La figura 11 muestra la serie temporal de giros de cabeceo de respuesta (*pitch*) para un estado de mar de supervivencia. En concreto, se muestra el ángulo en grados frente al periodo en segundos.

25 La plataforma flotante de la presente invención tiene su aplicación en cualquier actividad llevada a cabo en el medio acuático (mar, lagos) para cuyo desempeño sea necesario o requiera de un sistema flotante que dé soporte físico a la actividad desarrollada. Como ejemplo, y entre otras, las áreas de aplicación son:

- 1) Plataforma Meteorológica Flotante.
- 30 2) Plataforma destinada a la medición y/o caracterización de los recursos energéticos de origen marinos.
- 3) Plataforma flotante para el estudio/investigación del medio marino.
- 35 4) Plataforma flotante para comunicaciones.
- 5) Plataforma flotante para fines militares de vigilancia de zonas geoestratégicas, vigilancia aduanera, señalización y vigilancia del tráfico marítimo, etc.

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Una plataforma flotante de tipo SPAR (100) para la caracterización del recurso eólico marino en aguas someras, que comprende una columna vertical (13) formada por una parte inferior (2) y una parte superior (4), donde la parte inferior (2) es de mayor sección que la parte superior (4), **caracterizada** por que comprende una caseta (6) configurada para albergar al menos equipamiento de medición, donde dicha caseta (6) está dispuesta coronando la parte superior (4) de la columna vertical (13) y tiene mayor sección que dicha parte superior (4) de la columna vertical (13), y una placa de hormigón (1) fijada a la
- 10 parte inferior (2) de la columna vertical (13).
2. La plataforma (100) de la reivindicación 1, donde dichas parte inferior (2) y parte superior (4) de la columna (13) están conectadas mediante un cambio de sección (3).
- 15 3. La plataforma (100) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde dicha parte inferior (2) está interiormente compartimentada.
4. La plataforma (100) de la reivindicación 3, donde dicha parte inferior (2) comprende al menos dos tanques de lastre: uno de hormigón (10) y otro de agua (11).
- 20 5. La plataforma (100) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde dichas parte inferior (2) y parte superior (4) de la columna vertical (13) son cilíndricas.
6. La plataforma (100) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde dichas parte inferior (2) y parte superior (4) de la columna vertical (13) son huecas.
- 25 7. La plataforma (100) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde dicha columna (13) es de acero.
- 30 8. La plataforma (100) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde dicha placa de hormigón (1) es una placa de hormigón prefabricado.

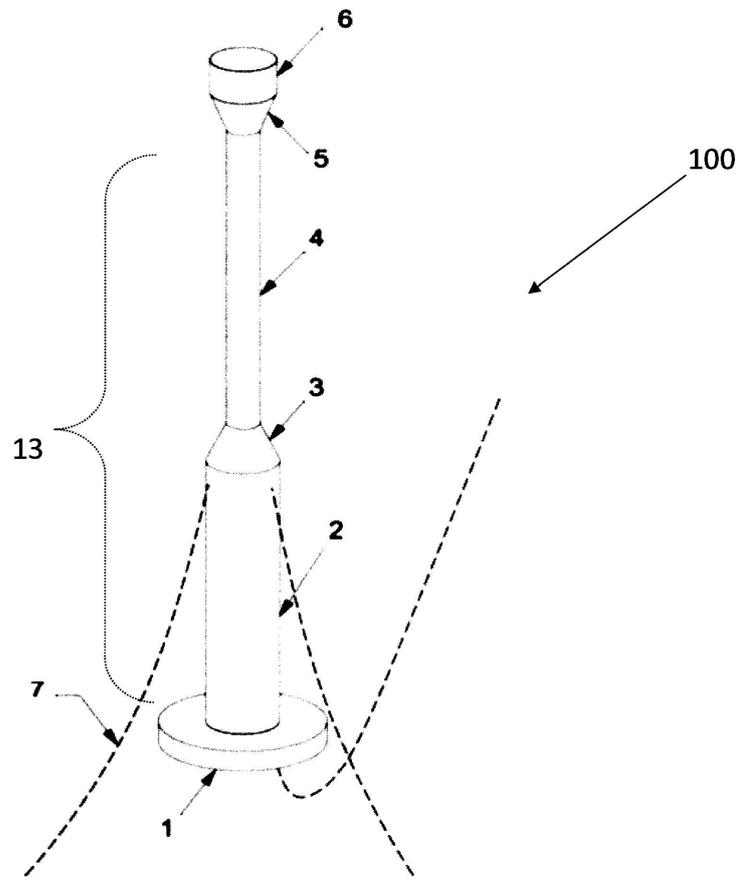


FIGURA 1

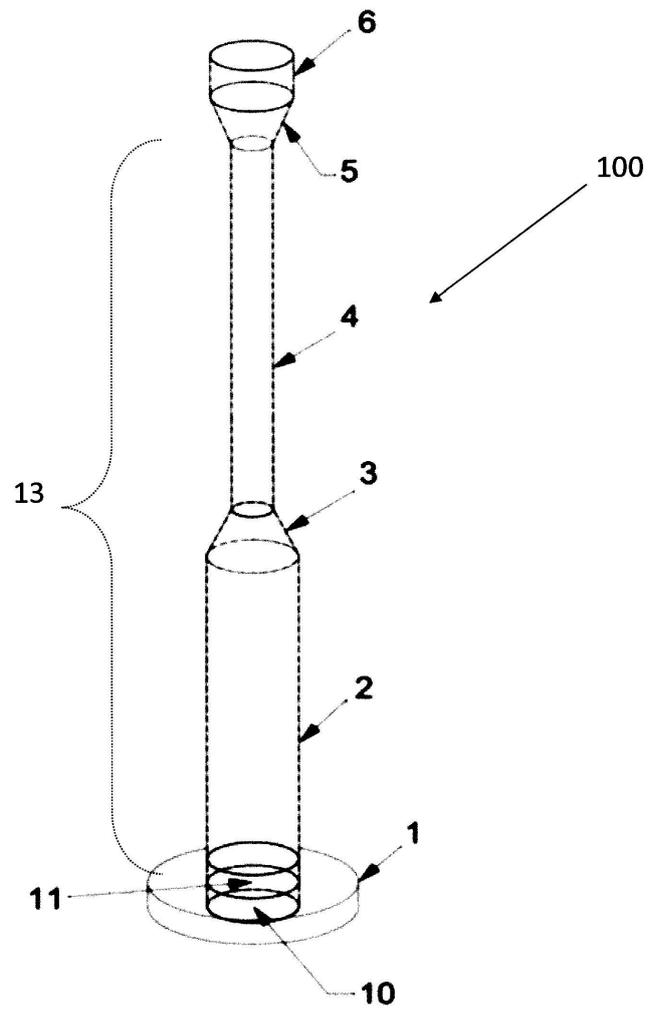


FIGURA 2

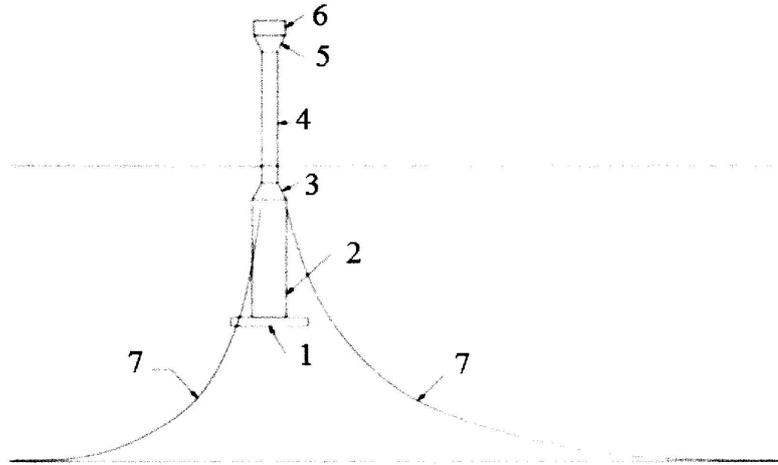


FIGURA 3

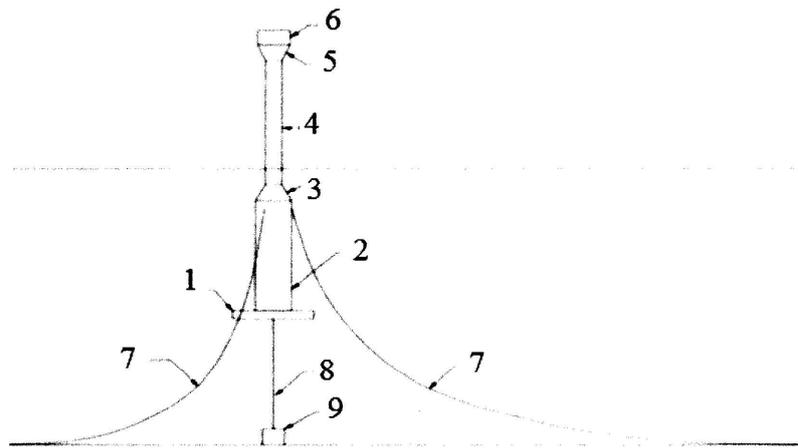


FIGURA 4

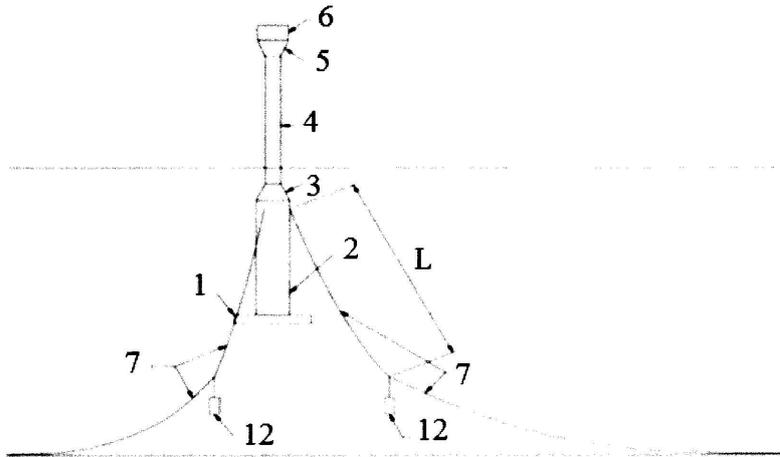


FIGURA 5

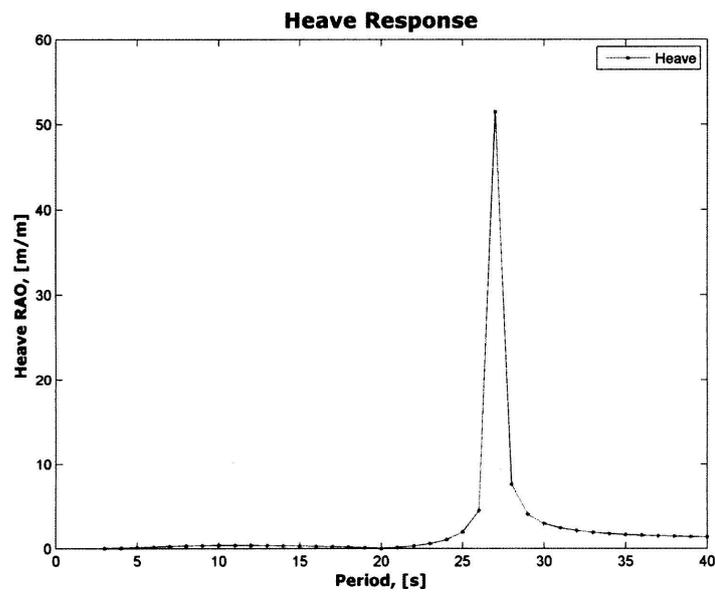


FIGURA 6