

PLATAFORMA FLOTANTE DE APROVECHAMIENTO DE ENERGÍA EÓLICA

Objeto de la Invención

5

La presente invención tiene por objeto una plataforma flotante de aprovechamiento de energía eólica, que incorpora notables innovaciones y ventajas frente a las utilizadas hasta el momento.

- 10 Más concretamente, la invención propone el desarrollo de una plataforma flotante de aprovechamiento de energía eólica que por su particular disposición permite una reducción muy significativa del coste respecto de los prototipos actualmente en fase de desarrollo y que puede ser mejor utilizada debido a su reducido calado, tanto en aguas poco profundas como de gran profundidad, así
- 15 como fabricarse y transportarse con gran simplicidad.

Estado de la Técnica

- Es conocido en el actual estado de la técnica el aprovechamiento de la energía
- 20 eólica para la generación de energía eléctrica mediante turbinas aerogeneradoras, que ha venido teniendo un desarrollo muy importante en los últimos años, principalmente mediante parques eólicos terrestres.

- Las problemáticas medioambientales de las implantaciones terrestres, así
- 25 como el mayor potencial energético del viento en la superficie del mar hacen que se haya impulsado el estudio de la implantación de aerogeneradores en la zona marina costera, bien apoyándolos directamente sobre el fondo marino, cuando la profundidad es reducida, o instalándolos sobre plataformas flotantes de varias tipologías que se fijan en su emplazamiento mediante diferentes
- 30 sistemas de anclaje.

Las tipologías de plataformas flotantes para soportes de aerogeneradores que en estos momentos se están desarrollando provienen en general de otras ya

utilizadas en el sector *offshore* del petróleo y gas, con altos requisitos de estabilidad, y que responden a la acción del oleaje con movimientos muy reducidos.

- 5 Concretamente, y atendiendo a la estrategia básica para conseguir la adecuada estabilidad y limitación de movimientos, pueden distinguirse los siguientes tres grupos:

- Plataformas estabilizadas principalmente por líneas de fondeo.

10

La estabilidad se consigue con líneas de amarre tensionadas que fijan la plataforma al fondo marino dejando a la misma prácticamente inmovilizada. Presentan en cambio el inconveniente de que requieren sistemas auxiliares de flotación durante el transporte y unas operaciones complejas de posicionado y fijación al fondo, además de un coste elevado.

15

- Plataformas estabilizadas principalmente por lastre.

Se caracterizan por presentar una superficie reducida en el plano de agua para disminuir las acciones del oleaje sobre la plataforma y los correspondientes movimientos inducidos, quedando los elementos de flotación prácticamente sumergidos una vez posicionadas en el emplazamiento y disponiendo además de un fuerte lastre para bajar la posición del centro de gravedad y así conseguir la adecuada estabilidad.

25

La más simple de las tipologías de este grupo está constituida por un único elemento flotador cilíndrico vertical de gran longitud, estando el aerogenerador situado en su parte superior y con el lastre en su parte inferior para bajar la posición del centro de gravedad, como en las boyas SPAR. El diseño HYWIND de STATOIL es un ejemplo representativo, existiendo otras patentes como la WO 2010/106208 y la WO 2013/093160 con idéntica tipología. La patente WO 2012/13116 es una variante que dispone en la parte inferior del cilindro flotador

30

vertical un elemento horizontal en voladizo y en cuyo extremo se fija el sistema de anclaje, pudiendo orientarse con el viento.

Dentro de este tipo de plataformas también se encuentra la descrita en la
5 patente ES 2 440 894A1 del mismo solicitante de la presente invención, que comprende: al menos dos cilindros flotadores; una estructura de arriostramiento unida simultáneamente a los flotadores, una torre aerogeneradora posicionada y fijada en los flotadores y/o en la estructura de arriostramiento. Dicha
10 plataforma comprende un contrapeso de hormigón fijado a la misma mediante una estructura auxiliar proyectada hacia la zona inferior y que incrementa sustancialmente el calado de la plataforma.

Los principales inconvenientes de estas tipologías son su gran calado y la complejidad de las operaciones de transporte e instalación, así como su
15 elevado coste.

Las plataformas semisumergibles pueden encuadrarse también en este grupo, ya que disponen de una reducida superficie en el plano del agua, correspondiente a las columnas verticales que sostienen el aerogenerador,
20 estando los elementos flotadores en general en su mayor parte sumergidos.

La estabilidad se consigue distanciando las columnas para elevar la altura metacéntrica, y con un lastre adicional para situar el centro de gravedad por debajo del metacentro.
25

Se han desarrollado múltiples variantes, estando constituidas en general por varios elementos flotadores cilíndricos verticales arriostrados entre sí. Las tipologías WINDFLOAT, TRI-SYM o la contemplada en la patente DE 2010058 son algunos de los casos de plataformas semisumergibles contando con tres
30 cilindros verticales.

La patente US 2012/0103244 corresponde a una plataforma semisumergible con cuatro cilindros verticales flotadores, dispuestos tres de ellos en los vértices

de un triángulo equilátero y el cuarto en el centro, sobre el que se apoya la torre del aerogenerador.

La patente WO 2002/10589 presenta una tipología de plataforma semisumergible, con una cámara de flotación central y un cable vertical de anclaje tensionado, también central, además de un sistema adicional de líneas de anclaje, por lo que puede clasificarse como mixta de semisumergible y de estabilización con líneas de anclaje tensionadas.

10 Asimismo, la patente US 2011/0155038 propone una tipología de plataforma con tres o más cilindros verticales flotadores, unidos al fondo con cables tensionados.

Estas plataformas semisumergibles presentan también inconvenientes en cuanto a su calado, que suele ser elevado, por la complejidad de las operaciones marítimas de transporte e instalación, así como un elevado coste.

- Plataformas estabilizadas principalmente por flotación

20 Para conseguir un reducido calado es necesario prescindir en lo posible del lastre, existiendo la alternativa de lograr la estabilidad mediante una gran superficie a nivel del plano de agua que permita mantener la posición del metacentro por encima de la del centro de gravedad, como en el caso de las barcas. Además, se suma el reto de conseguir una geometría y características físicas tales que permitan obtener unos periodos propios de oscilación lo suficientemente alejados de los periodos de oleaje para reducir en lo posible los movimientos inducidos por dicho oleaje.

En los casos de barcas con un sistema de fondeo que mantienen su posición y orientación permanente sensiblemente fija mediante un sistema distribuido de líneas de fondeo, las acciones del viento y del oleaje pueden actuar según cualquier eje horizontal de la misma, por lo que deben tener características similares inerciales o de respuesta para todas las direcciones. Las tipologías

de flotadores con sección horizontal cuadrada o circular (pill-box), o la correspondiente a la patente JP2004251139, con un flotador monocasco en forma de anillo tórico responden a este planteamiento.

- 5 Existe también la posibilidad de que las barcazas están posicionadas amarradas a punto fijo, pudiendo girar alrededor del mismo como una veleta para alinearse con el viento, en cuyo caso recibirán las acciones del oleaje y del viento preferentemente en una dirección, por lo que cabe considerar configuraciones con características inerciales y de respuesta muy diferenciadas
10 según el eje longitudinal horizontal principal de alineación y el perpendicular al mismo en el plano horizontal.

Siendo factibles estas tipologías desde un punto de vista de estabilidad, en cambio y simultáneamente los periodos de oscilación alrededor de los ejes
15 horizontales se encuentran en la banda de máxima energía de los espectros de oleaje, resultando movimientos a nivel de la turbina incompatibles con los requisitos de operación por lo que se han considerado como técnicamente inadecuadas.

- 20 En relación a los materiales utilizados, la práctica totalidad de las plataformas flotantes propuestas hasta la fecha están hechas de acero a pesar de que el hormigón es un material mucho más económico y con mayor durabilidad. Bien es cierto que el hormigón presenta también ciertos inconvenientes como son su peso, la nula o casi nula resistencia a tracción y su fisuración frente a
25 esfuerzos de flexión, por lo que su uso queda restringido a aquellos casos en los que el peso sea un factor favorable o no condicionante para la estabilidad y a elementos estructurales que trabajen principalmente a compresión.

La presente invención contribuye a solventar la actual problemática con una tipología específica de plataforma para aprovechamiento de la energía eólica y
30 su correspondiente sistema de anclaje asociado que permite llevar a cabo de un modo sencillo, práctico y económico, su construcción, transporte, instalación, explotación y mantenimiento.

Descripción de la invención

La presente invención se ha desarrollado con el fin de proporcionar una plataforma flotante de aprovechamiento de energía eólica, de las que utilizan una turbina eólica para la generación de energía, y que se encuadra en el grupo de plataformas marinas que obtienen la estabilidad íntegramente por flotación, realizándose su posicionamiento amarrada a un punto fijo, pudiendo girar alrededor del mismo para alinearse con el viento.

Esta plataforma es del tipo descrito en la parte pre-caracterizante de la reivindicación 1, comprendiendo: una torre soporte con una turbina eólica, dos elementos flotadores cilíndricos iguales, horizontales, y paralelos al eje longitudinal principal de alineación, estando la torre y los elementos flotadores vinculados mutuamente por estructuras de barras. Los elementos flotadores están unidos a un elemento estabilizador sumergido.

Tal y como se ha indicado en el apartado anterior, el principal problema al que se enfrentan las plataformas estabilizadas por flotación es el de conseguir una geometría que, teniendo una estabilidad aceptable, consiga además unos periodos propios lo suficientemente alejados de los periodos del oleaje incidente.

La invención propone la combinación de una plataforma bicasco, con dos elementos flotadores cilíndricos iguales y paralelos, horizontales, de sección ovoidea y cerrados por sus extremos, que permite aumentar en gran medida la estabilidad transversal con respecto a una solución monocasco con la misma superficie de flotación, y con un elemento estabilizador sumergido que presenta unas características orientadas a disminuir en lo posible los movimientos inducidos por el oleaje y a reducir de forma drástica el calado de la plataforma.

30

El mencionado elemento estabilizador sumergido es sensiblemente plano, está adosado inferiormente a los elementos flotadores y comprende dos primeras losas de hormigón, sensiblemente rectangulares, bien macizas o bien

aligeradas con estructura nervada, dispuestas perpendicularmente a los ejes de los flotadores y unidas a dichos flotadores mediante estructuras auxiliares de barras, coplanarias con dichas primeras losas de hormigón.

- 5 Con dicho elemento estabilizador se consigue aumentar en gran medida el periodo propio de cabeceo gracias en parte a la inercia de la propia masa de las losas y en parte a inercia de la masa hidrodinámica añadida asociada a las mismas.
- 10 En caso de que fuera necesario limitar también las oscilaciones en el sentido transversal al eje de los cilindros se ha previsto que el elemento estabilizador pueda comprender dos segundas losas de hormigón sensiblemente rectangulares dispuestas paralelamente a los ejes de los flotadores por su parte inferior externa y unidas a ellos mediante estructuras auxiliares de barras que
- 15 limitaría los citados movimientos de la misma forma.

- Con el objeto de reducir los costes de fabricación y de mantenimiento, tanto los flotadores como los elementos estabilizadores se hacen con hormigón armado o pretensado. Las estructuras de hormigón presentan la problemática ya citada
- 20 anteriormente del elevado peso, la mínima resistencia a tracción o la presencia de fisuras frente a esfuerzos importantes de flexión. El problema del exceso de peso no lo es tanto puesto que con la configuración desarrollada se consigue bajar el centro de gravedad y posicionarlo muy por debajo del metacentro, lo que conlleva a aumentar la estabilidad en gran medida, a la vez que se
 - 25 mantiene un calado reducido por tratarse de flotadores huecos de paredes relativamente delgadas.

- Otra característica de la invención es que los elementos flotadores presentan una sección de tipo ovoidea y están cerrados por sus extremos mediante una
- 30 forma convexa. Esta geometría hace que al estar los flotadores sometidos a la presión hidrostática, se compriman, de modo que el hormigón conformante de los mismos trabaja a compresión, evitando que se fisure. Además, para asegurar aún más dicha compresión de los cilindros, se les somete a una

precompresión utilizando la técnica del hormigón pretensado a la vez que están compartimentados y rigidizados interiormente con tabiques o mamparos transversales.

- 5 Preferentemente, en la plataforma flotante de aprovechamiento de energía eólica, el conjunto de barras está hecho de hormigón armado o pretensado.

En una alternativa de realización, en la plataforma flotante de aprovechamiento de energía eólica, el conjunto de barras está hecho de acero.

10

En otra alternativa de realización, en la plataforma flotante de aprovechamiento de energía eólica, el conjunto de barras está hecho de material mixto acero-hormigón.

- 15 Añadidamente, la plataforma flotante incorpora una boya, estando dicha boya dotada de unos medios de anclaje en el fondo marino que comprenden al menos tres líneas de fondeo con su correspondientes anclas y/o bloques de hormigón y/o pilotes de fijación al fondo, de unos medios de giratorios de transmisión eléctrica que comprenden un conector giratorio posicionado en la
- 20 propia boya o en la propia plataforma y un cable, siendo el cable procedente desde el fondo marino y que llega hasta la propia plataforma, y de unos medios giratorios de amarre que comprenden una unión giratoria, a los que están unidos los amarres propios de la plataforma. La disposición explicada permite el giro de la plataforma de la invención alrededor de la boya, para autoalinearse
- 25 con la dirección del viento a modo de veleta lo que da lugar a que las oscilaciones longitudinales de cabeceo y transversales de balanceo puedan tratarse como fenómenos separados y optimizarse en función de la incidencia que tienen en el funcionamiento del aerogenerador.

- 30 Gracias a la presente invención, se consigue llevar a cabo de modo efectivo, sencillo, práctico y económico, la construcción de una plataforma de aprovechamiento de la energía eólica posicionada y adaptada a un medio marino.

La plataforma de la invención presenta una solución inédita que resuelve todos los problemas planteados de una forma satisfactoria obteniendo una tipología específica de plataforma flotante para aprovechamiento de la energía eólica que cumple con los requisitos de un reducido calado, así como de una estabilidad y de unos movimientos inducidos por la acción del oleaje que son adecuados para el aerogenerador y su torre soporte, tanto en situaciones ambientales normales de operación como en condiciones ambientales extremas, y con un reducido coste.

10

Otras características y ventajas de la plataforma flotante de aprovechamiento de energía eólica resultarán evidentes a partir de la descripción de una realización preferida, pero no exclusiva, que se ilustra a modo de ejemplo no limitativo en los dibujos que se acompañan, en los cuales:

15

Descripción de las figuras

Figura 1.- Es una vista esquemática y en perspectiva de una modalidad de realización preferida de la plataforma flotante de aprovechamiento de energía eólica de la presente invención.

20

Figuras 2, 3 y 4.- muestran sendas vistas esquemáticas en perspectiva y en mayor detalle de una modalidad de realización preferida de la plataforma flotante de aprovechamiento de energía eólica de la presente invención.

Figura 5.- Es una vista esquemática y en perspectiva de una modalidad de realización preferida de la plataforma flotante de aprovechamiento de energía eólica de la presente invención, con una boya incorporada.

25

Figura 6.- Es una vista esquemática en perspectiva y en mayor detalle de una modalidad de realización preferida de la plataforma flotante de aprovechamiento de energía eólica de la presente invención, con una boya incorporada.

30

Descripción de la realización preferente

Tal y como se muestra esquemáticamente en la figura 1, la plataforma flotante de aprovechamiento de energía eólica, de las que utilizan una turbina eólica para la generación de energía, comprende una torre soporte (1) con una turbina eólica (2), unos elementos flotadores (3), un elemento estabilizador (4) y un conjunto de barras (5).

La torre soporte (1) y los elementos flotadores (3) están vinculados mutuamente por una estructura de barras (5) y, simultáneamente, la misma estructura de barras (5) está vinculando a los elementos flotadores (3) entre ellos.

Los elementos flotadores (3), son cilíndricos, horizontales y paralelos, de sección transversal ovoidea, y compartimentados y rigidizados interiormente con tabiques y mamparos transversales.

En este ejemplo de realización preferida, los elementos flotadores, la torre soporte y el conjunto de barras, están hechos de hormigón armado o pretensado.

En este ejemplo de realización preferida de la figura 1, los elementos flotadores (3) presentan sus extremos sensiblemente cónicos.

Tal y como se puede apreciar en la representación esquemática de las figuras 2 y 3, los elementos flotadores (3) disponen inferiormente de un nervio (6) rigidizador longitudinal a modo de quilla.

También en la figura 2, puede apreciarse como los elementos flotadores (3) incorporan un elemento estabilizador (4) sumergido sensiblemente horizontal y plano constituido por cuatro losas sensiblemente rectangulares: dos primeras losas (4a) aligeradas de estructura nervada, que se disponen perpendicularmente a los ejes de los elementos flotadores (3) por sus extremos y en su parte inferior; y dos segundas losas (4b), también aligeradas de

estructura nervada, situadas paralelamente a los ejes de los elementos flotadores (3) por su parte externa inferior.

5 Este elemento estabilizador (4) se une a los elementos flotadores (3) mediante estructuras auxiliares de barras (7). En este ejemplo de realización preferida, dichas losas están hechas de hormigón armado o pretensado.

10 Según se aprecia en la representación esquemática de las figuras 5 y 6, la plataforma flotante de aprovechamiento de energía eólica de la invención puede incorporar una boya (8) añadida a la propia plataforma de la invención, estando dicha boya (8) dotada de unos medios de anclaje en el fondo marino, de unos medios de giratorios de transmisión eléctrica, y de unos medios giratorios de amarre.

15 En la realización preferida representada esquemáticamente en las figuras 5 y 6, los medios de anclaje en el fondo marino comprenden tres líneas de fondeo (9) con sus correspondientes anclas (14) y/o bloques de hormigón y/o pilotes de fijación al fondo, los medios giratorios de transmisión eléctrica comprenden un conector giratorio (10) y un cable (11), siendo el cable (11) procedente desde
20 el fondo marino y que llega hasta la propia plataforma de la invención, y los medios giratorios de amarre comprenden una unión giratoria (13) a la que están unidos los amarres (12) de la propia plataforma.

25 En este ejemplo de realización, el conector giratorio está posicionado en la propia boya (8).

La plataforma descrita resulta fácilmente construible, pudiendo transportarse mediante remolque sin dificultad debido a su reducido calado y a la configuración de sus cascos flotadores a efectos de navegación.

30

Los detalles, las formas, las dimensiones y demás elementos accesorios, así como los materiales empleados en la fabricación de la plataforma flotante de aprovechamiento de energía eólica de la invención, podrán ser

convenientemente sustituidos por otros que sean técnicamente equivalentes y no se aparten de la esencialidad de la invención ni del ámbito definido por las reivindicaciones que se incluyen a continuación.