

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 512 723**

51 Int. Cl.:

B63B 9/06 (2006.01)

B63B 35/00 (2006.01)

F03D 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.06.2010** **E 10734270 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.07.2014** **EP 2454149**

54 Título: **Barco de tipo catamarán útil para el ensamblaje, el transporte y el depósito en el fondo del mar de un aerogenerador marítimo**

30 Prioridad:

15.07.2009 FR 0954884

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

24.10.2014

73 Titular/es:

SAIPEM SA (100.0%)
1/7, avenue San Fernando
78180 Montigny-le-Bretonneux, FR

72 Inventor/es:

TOSELLO, ANDRÉ

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 512 723 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

Barco de tipo catamarán útil para el ensamblaje, el transporte y el depósito en el fondo del mar de un aerogenerador marítimo.

La presente invención se refiere a los aerogeneradores instalados en alta mar, en particular en el mar.

Más particularmente, el campo técnico de la invención es el de la fabricación, del transporte y de la instalación de aerogeneradores de producción de energía eléctrica, más particularmente de aerogeneradores offshore de gran capacidad, destinados a ser instalados en el mar, más particularmente en alta mar y en gran número, para formar unos campos de aerogeneradores.

Aunque los motores de viento terrestres se construyen desde hace varios siglos, la construcción de aerogeneradores en el mar es mucho más reciente.

Un aerogenerador moderno, tanto terrestre como marino, comprende generalmente un motor de varias palas y de eje horizontal, así como un generador eléctrico acoplado al motor, que están fijados al extremo superior de un soporte alargado verticalmente, tal como un mástil o un poste.

Con el objetivo de disminuir el coste de la energía eólica y aumentar el rendimiento de los generadores, se fabrican unos generadores cada vez más potentes que se instalan de manera agrupada para formar un campo o parque eólico.

El aumento de la potencia de un generador eólico se acompaña, en particular, de un aumento de su masa, así como de la altura de la estructura que lo soporta.

Por razones económicas, es necesario realizar unos aerogeneradores cada vez más potentes y, por lo tanto, cada vez de mayores dimensiones, en particular de altura cada vez más grande. Asimismo, estos aerogeneradores se instalan a distancias cada vez más alejadas de las costas y por lo tanto a profundidades cada vez más grandes.

La invención se aplica particularmente, es decir no limitativamente, a los aerogeneradores que comprenden un generador cuya potencia está situada en un intervalo que va de 100 kW a 10 MW; la masa de un generador de este tipo puede alcanzar o superar 300 o 500 toneladas; la longitud de un poste que soporte este generador puede ser del orden de 50 a 100 metros, y la masa del poste puede estar situada en un intervalo que va de 100 a 500 toneladas.

Se entiende por lo tanto que la construcción de tales aerogeneradores y la instalación en el mar presenta grandes dificultades. Se han propuesto diferentes soluciones para la construcción y la instalación de los aerogeneradores offshore.

La construcción de aerogeneradores se efectúa en general con la ayuda de medios de elevación por tracción convencional con máquinas de elevación de tipo grúa. Se realiza el ensamblaje de una base rematada con un poste en cuyo vértice se fija un motor de viento y generador eléctrico.

Sin embargo, los aerogeneradores, una vez contruidos, representan grandes dimensiones y cargas importantes, tal como se ha mencionado anteriormente, de manera que estos aerogeneradores no son fáciles de transportar por mar hasta su sitio de funcionamiento.

Por otra parte, se comprende que la instalación de aerogeneradores con la ayuda de grúas que actúan por tracción requiere unas grúas de grandes dimensiones, y en particular de una altura superior a la del aerogenerador. Para aerogeneradores de las dimensiones mencionadas anteriormente, es necesario utilizar unas grúas de por lo menos 350 toneladas, provistas de un brazo de elevación de por lo menos 50 m, generalmente de casi 100 m de largo, siendo dichas grúas difíciles de montar y de desplazar, en particular de transportar y funcionar en el mar. No se puede considerar razonablemente transportar tales medios de elevación del tipo grúa sobre barcasas flotantes, como puede ser el caso en ciertas operaciones de campos petrolíferos offshore, teniendo en cuenta el volumen que representaría y la inestabilidad de la barcaza en un mar agitado, tanto durante el transporte como durante las operaciones de elevación.

En los documentos WO 01/34977 y WO 03/004870, por ejemplo, se describen unos aerogeneradores marítimos. Se montan en tierra y después se transportan por barco a su sitio de funcionamiento en alta mar. En el documento WO 01/34977, el aerogenerador comprende unos tanques estancos que se pueden lastrar con el agua de mar o deslastrar durante su transporte. Más particularmente, el buque comprende una ranura estrecha cuya anchura permite insertar sólo el poste, estando la base del aerogenerador por debajo del casco del buque, y particularmente lastrado de manera que su cara superior ejerza un empuje sobre la cara inferior del casco del buque por su flotabilidad. Pero, durante su transporte, la fijación del aerogenerador al buque no es fiable y requiere unas condiciones de mar muy tranquilo por un lado y, por otro lado, la fijación del poste sobre la base sufre unas

tensiones elevadas, que pueden afectar a la fiabilidad mecánica de dicha fijación. Además, los efectos de la ola y de la corriente sobre la base durante el transporte crean unos esfuerzos considerables, por lo tanto unos momentos de flexión considerables a nivel del dispositivo de prensión del poste, solidario al buque, lo cual necesita unos refuerzos localizados importantes a nivel del sistema de prensión. Por último, el aerogenerador no es guiado de manera estabilizada cuando está lastrado para ser depositado en el fondo del mar.

En el documento WO 03/055741 se describe un barco de tipo catamarán que comprende dos flotadores laterales que constituyen una estructura flotante en forma de U, apta para transportar y depositar un aerogenerador en el mar dispuesto entre los dos flotadores laterales. El barco está equipado con dispositivos de elevación/descenso de dicho aerogenerador, estando dicho dispositivo de elevación/descenso y/o dicho aerogenerador en movimiento relativo vertical con respecto a los dos flotadores laterales para el depósito del aerogenerador desde la superficie hasta el fondo del mar. Este dispositivo de elevación/descenso del aerogenerador, así como los dos medios de mantenimiento y de guiado de dicho aerogenerador entre los dos flotadores laterales, representan un volumen y un peso elevados en el puente de la estructura flotante en forma de U.

El documento WO 03/055741 se considera como la técnica anterior más parecida del objeto de la reivindicación, y describe todas las características técnicas de su preámbulo.

El objetivo de la presente invención es por lo tanto proporcionar un procedimiento de ensamblaje, de transporte y de depósito en el mar de un aerogenerador offshore que sea mejorado y que remedie por lo menos en parte los inconvenientes de los procedimientos de ensamblaje, transporte y depósito en el fondo del mar de aerogeneradores marítimos conocidos hoy en día.

Más particularmente, la presente invención pretende facilitar la instalación de un aerogenerador en su sitio de producción, en particular en un sitio sumergido lejos de las costas, proponiendo un aerogenerador más sencillo de construir y de instalar.

Para ello, la presente invención proporciona un barco de tipo catamarán útil para el ensamblaje, el transporte y el depósito en el fondo del mar de aerogeneradores marítimos, que comprende por lo menos:

- una base destinada a reposar o a estar anclada en el fondo del mar,
- un poste que puede ser soportado por dicha base, estando el extremo inferior preferentemente encastrado en dicha base, y
- un motor de viento que puede equipar dicho poste en su vértice,
- comprendiendo dicho barco dos flotadores laterales cuyos ejes longitudinales en la dirección longitudinal XX' están dispuestos paralelamente, estando dichos flotadores laterales unidos entre sí por una estructura transversal de unión, preferentemente un flotador transversal delantero que se extiende en una dirección YY' perpendicular a dicha dirección longitudinal XX', que une entre sí en uno de sus extremos los dos flotadores laterales con el fin de constituir una estructura flotante en forma de U, y
- siendo el espacio abierto entre las dos ramas de la U constituidas por los dos flotadores laterales, apto para recibir dicha base, preferentemente de por lo menos 20 m de anchura, estando dichos flotadores equipados con medios de prensión aptos para realizar la prensión de dicha base entre dichos dos flotadores laterales, comprendiendo dichos flotadores laterales unos compartimentos estancos aptos para ser lastrados y deslastrados, preferentemente con agua del mar, caracterizado por que dichos medios de prensión son aptos para realizar una prensión de dicha base en por lo menos dos niveles de prensión diferentes siguientes:
 - un nivel superior de prensión en el que es posible realizar la prensión de dicha base cuando el fondo de dicha base está por encima del fondo de dichos flotadores laterales, estando el fondo de la base preferentemente por encima del nivel del agua, y por que dichos flotadores laterales están por lo menos parcialmente deslastrados, y
 - un nivel inferior de prensión y de enclavamiento en el que el fondo de la base está situado por debajo del fondo de dichos flotadores laterales, comprendiendo dichos medios de prensión de la base en dicho nivel inferior unos medios de enclavamiento de la base adecuados para realizar una unión rígida entre dichos flotadores laterales y dicha base.

Se entiende que dicha unión rígida realizada por dichos medios de enclavamiento impide cualquier movimiento relativo vertical y cualquier movimiento relativo horizontal de dicha base con respecto a dichos flotadores laterales.

Debido a la gran separación entre los flotadores laterales, ya que éstos son aptos para recibir dicha base del aerogenerador en el espacio abierto entre los dos flotadores laterales, lo cual representa una distancia entre los dos flotadores laterales en general de por lo menos 20 metros, preferentemente de 30 a 50 m, un barco de tipo

catamarán según la invención presenta una gran estabilidad, lo cual le permite funcionar de manera estable para desplazar unos aerogeneradores de más de 100 m de altura con unos calados extremadamente bajos o extremadamente elevados en condiciones suficientes de seguridad. Así, el catamarán según la invención puede ser funcional en un espectro más extendido de posibilidades de manipulación en el puerto, en particular para recuperar las bases en un muelle o pontón funcionando con calados mínimos, y para el depósito de aerogeneradores a profundidades relativamente elevadas, funcionando con un calado máximo.

Más particularmente, la base puede estar sujeta en un nivel de presión superior por el catamarán, en particular para manipularla desde un muelle o pontón del puerto hacia una zona de ensamblaje en el puerto.

Debido a la forma en U de dicho catamarán, este último presenta en general una rigidez en torsión con respecto a su eje longitudinal horizontal central XX relativamente baja, independientemente de los refuerzos de los ensamblajes entre los diferentes flotadores. El hecho de encastrar el catamarán en la base por medio de enclavamientos mecánicos potentes, tanto en el plano horizontal como en el plano vertical, aumenta drásticamente la rigidez en torsión del conjunto.

Según la presente invención, es posible realizar el descenso en el fondo del mar de dicho aerogenerador, únicamente por lastrado de dichos flotadores laterales, cuando dicha base está enclavada en dicho nivel inferior de presión, sin recurrir a medios de elevación/descenso del aerogenerador por movimiento relativo del aerogenerador con respecto a dichos flotadores laterales para el depósito del aerogenerador en el fondo del mar.

Se entiende por lo tanto que, durante el depósito de la base desde la superficie o subsuperficie hasta el fondo del mar, una vez utilizados dichos medios de enclavamiento, no hay ningún movimiento relativo de los diferentes elementos constitutivos de dichos medios de presión y/o de dichos medios de enclavamiento entre sí, y no hay movimiento relativo de dicha base con respecto a dichos flotadores laterales para realizar dicha colocación, siendo ésta realizada totalmente por lastrado de dichos flotadores laterales.

Así, la concepción del catamarán según la invención se encuentra radicalmente simplificada y necesita menos refuerzos en la unión entre los diferentes flotadores, reduciendo así considerablemente el coste y la complejidad de construcción de dicho catamarán.

Debido a dichos medios de enclavamiento, se puede encastrar el catamarán en la base, y el conjunto catamarán-base presenta entonces una gran rigidez de conjunto en dicho nivel de presión inferior para efectuar con total seguridad el transporte en el sitio del aerogenerador a sus calados H_1 de estabilidad óptima, y después efectuar el depósito de la base sobre el fondo del mar lastrando dichos flotadores de manera que el catamarán adopte un calado máximo H_2 .

El barco de tipo catamarán según la presente invención es particularmente ventajoso por que permite realizar una unión rígida entre el aerogenerador y dicho barco adaptado según las diferentes etapas de manipulación, ensamblaje o transporte del aerogenerador mediante la utilización de uno de dichos niveles de presión explicados anteriormente en la descripción.

Más particularmente, dichos medios de enclavamiento comprenden:

- unos medios de apriete verticales, que cooperan con dicha base y cada uno de los dos flotadores laterales, aptos para bloquear cualquier movimiento vertical relativo de la base con respecto a cada uno de dichos flotadores laterales, y
- unos medios de apriete horizontales, que cooperan con dicha base y cada uno de los dos flotadores laterales, aptos para bloquear cualquier movimiento horizontal relativo de la base con respecto a cada uno de dichos flotadores laterales.

Aún más particularmente:

- dichos medios de presión en dicho nivel superior de presión comprenden unos elementos de estructura reforzada superiores de dicha base, aptos para apoyarse y ser soportados por unos elementos de estructura reforzada superiores de cada uno de los dos flotadores laterales, cuando dichos dos flotadores laterales están por lo menos parcialmente deslastrados, estando el fondo de dicha base situado por encima del fondo de cada uno de los dos flotadores laterales, y
- dichos medios de presión y enclavamiento en dicho nivel inferior de presión comprenden:
 - unos medios superiores de apriete verticales, aptos para aplicar con fuerza verticalmente unos elementos de estructura reforzada superiores de dicha base contra unos elementos de estructura reforzada inferiores de cada uno de dichos flotadores laterales, y

- unos medios inferiores de apriete horizontales, aptos para ejercer unos empujes horizontales en el sentido inverso entre cada una de las dos paredes laterales externas opuestas de dicha base, y respectivamente cada uno de los dos tablazones internos de cada uno de dichos flotadores laterales enfrentados, impidiendo así cualquier movimiento relativo horizontal de dicha base con respecto a dichos flotadores laterales.

Se entiende que "empuje en sentido inverso" significa que el empuje entre una primera pared lateral de la base y un primer tabazón interno de un primer flotador lateral se efectúa en el sentido inverso al que se efectúa entre la segunda pared lateral de la base y el tabazón interno del segundo flotador lateral.

En un modo preferido de realización, dichos flotadores laterales tienen en su parte superior unas estructuras superiores de flotación denominadas chimeneas de sección horizontal inferior a la sección de dichos flotadores laterales por encima de las cuales se elevan en una altura h_3 tal que cuando dichos flotadores laterales están en posición totalmente sumergida de lastrado máximo, el extremo superior de dichas chimeneas pasa por encima del nivel del agua.

Estos elementos de flotación en forma de chimeneas permiten depositar dicho aerogenerador en el fondo del mar manteniéndolo enclavado sobre dicho catamarán y lastrando los flotadores laterales, así como, llegado el caso, las chimeneas, de manera parcial, asegurando dichas chimeneas, por su flotabilidad positiva, una estabilización del conjunto durante el descenso al fondo del mar del catamarán y del aerogenerador para realizar la colocación del aerogenerador en el fondo del mar.

Este modo de realización es particularmente ventajoso, ya que la adición de chimeneas alejadas unas de las otras y situadas en los extremos del catamarán reduce radicalmente la altura del casco principal de dicho catamarán, por lo tanto su propio peso y su coste, conservando al mismo tiempo una gran latitud entre el calado mínimo y máximo, permitiendo por lo tanto depositar con total seguridad la base en el sitio a profundidades de agua muy elevadas.

Ventajosamente, el barco de tipo catamarán según la invención comprende por lo menos tres chimeneas, incluyendo una chimenea sustancialmente en el eje de dicho barco en el medio de dicho flotador transversal y dos chimeneas en el extremo trasero libre de cada uno de los dos flotadores laterales.

Este modo de realización permite obtener un espacio máximo de dichas chimeneas y contribuir así a una mejor estabilización del barco.

Según otras características particulares:

- la altura acumulada ($h_3 + h_4$) de dichos flotadores laterales h_4 y dichas chimeneas h_3 es tal que dicho catamarán puede adoptar:
 - un calado mínimo H_0 en el que dichos medios de presión superiores y/o la superficie superior de dichos flotadores laterales están a una altura de por lo menos 5 m, preferentemente de por lo menos 10 m por encima del nivel del agua, y
 - un calado máximo H_2 de por lo menos 25 m, preferentemente de por lo menos 50 m, en el que dichos flotadores laterales están totalmente sumergidos y el extremo superior de dichas chimeneas permanece emergido.
- la altura h_4 de dichos flotadores laterales es de por lo menos 5 m, preferentemente de 5 a 15 m, y
- la altura h_3 de dichas chimeneas es de por lo menos 15 m, preferentemente de 15 a 35 m.

Más particularmente aún, dichos medios de presión comprenden:

- unos primeros elementos de estructura reforzada superiores, preferentemente en forma de platinas que se extienden en la dirección longitudinal XX' de dichos flotadores laterales a lo largo de los bordes superiores de los tablazones internos de dichos flotadores laterales a los cuales son solidarios, más preferentemente que sobrepasan hacia dicho espacio abierto de la U, y
- unos segundos elementos de estructura inferiores solidarios a dichos tablazones internos de los flotadores laterales y situados por debajo de dichos primeros elementos de estructura reforzada superiores, y
- unos terceros elementos de estructura reforzada solidarios a dicha base, que se extienden a lo largo de los bordes superiores opuestos de las paredes laterales externas de dicha base, preferentemente unos bordes superiores de las paredes externas opuestas y paralelas de una dicha base paralelepípedica, que sobrepasa hacia el exterior de éstas de tal manera que:

- 5 • dichos primeros elementos de estructura reforzada superiores de dichos flotadores laterales son aptos para soportar dichos terceros elementos de estructura reforzada superiores de dicha base para realizar una prensión en dicho nivel superior de prensión, cuando dicha base está insertada entre dichos dos flotadores laterales y cuando dichos dos flotadores laterales están parcialmente deslastrados para ejercer un empuje hacia arriba de dichos primeros elementos de estructura reforzada superiores de los flotadores laterales contra dichos terceros elementos de estructura reforzada superiores de dicha base, y
- 10 • dichos segundos elementos de estructura reforzada inferiores de dichos flotadores laterales son aptos para soportar dichos terceros elementos de estructura reforzada superiores de dicha base para realizar una prensión en dicho nivel inferior de prensión cuando dicha base está insertada entre los dos flotadores laterales y cuando dichos flotadores laterales están parcialmente deslastrados para ejercer un empuje hacia arriba de dichos segundos elementos de estructura reforzada inferiores de los flotadores laterales contra dichos terceros elementos de estructura reforzada superiores de dicha base.
- 15 Se entiende en la presente memoria por "reforzada" que el grosor de dichos elementos de estructura es superior al grosor de las otras partes y/o elementos de estructura que constituyen unos flotadores laterales o la base, respectivamente, sobre los cuales están aplicados o con los cuales cooperan, o también que comprenden unas cartelas o cualquier otro tipo de refuerzo.
- 20 Más particularmente aún, dichos medios de enclavamiento de los medios de prensión en un nivel inferior de prensión comprenden:
 - 25 - unos medios superiores de apriete vertical, de los cuales una parte por lo menos es solidaria a dichos primeros elementos de estructura reforzada superiores, siendo dichos medios superiores de apriete vertical aptos para aplicar con fuerza dichos terceros elementos de estructura reforzada superiores de la base contra dichos segundos elementos de estructura reforzada de los flotadores laterales, preferentemente en forma de redientes, y
 - 30 - unos medios inferiores de apriete horizontales de los cuales una parte por lo menos es solidaria a los tablazones internos de dichos flotadores laterales por debajo de dichos segundos elementos de estructura reforzada inferiores de los flotadores, preferentemente en forma de rediente, siendo dichos medios inferiores de apriete aptos para ejercer un empuje sobre dichas paredes laterales externas opuestas de dicha base.
- 35 En un primer modo de realización, dichos segundos elementos de estructura inferior son unos elementos de estructura reforzada en forma de rediente que se extiende en la dirección longitudinal XX' de dichos flotadores laterales a lo largo de dichos tablazones internos de los flotadores laterales a los cuales son solidarios.
- En un modo preferido de realización:
 - 40 - dichos medios de apriete verticales comprenden unos gatos superiores de apriete verticales de los cuales el cuerpo de gato es solidario a dichos primeros elementos de estructura reforzada superiores y de los cuales el extremo de la varilla de los gatos es apto para aplicar con fuerza dichos terceros elementos de estructura reforzada superiores de la base contra dichos segundos elementos de estructura reforzada de los flotadores laterales en forma de redientes, y
 - 45 - dichos medios inferiores de apriete horizontales comprenden unos gatos inferiores de apriete horizontales de los cuales el cuerpo de gato es solidario a los tablazones internos de dichos flotadores laterales por debajo de dichos segundos elementos de estructura reforzada inferiores de los flotadores en forma de rediente, y de los cuales las varillas de gatos se extienden en extensión en sentidos opuestos de manera que se ejerce un empuje sobre dichas paredes laterales externas opuestas de dicha base.
 - 50 Este modo de realización es ventajoso, ya que después de la retracción de dichos gatos horizontales y verticales y de dichos segundos gatos horizontales, es posible liberar el catamarán después del depósito de la base en el fondo del mar por simple elevación vertical, que resulta del aumento del lastrado de los flotadores de dicho catamarán, mientras que en la versión en la que los segundos elementos de estructura inferior son simples redientes sin tope articulado, es necesario desplazar el catamarán en la dirección longitudinal XX' de dichos flotadores para liberarlo de dicha base antes de poder subirlo a la superficie.
 - 55 Más particularmente, dichos segundos elementos de estructura inferior comprenden unos redientes en los tablazones internos de los flotadores laterales, redientes en el interior de los cuales unos topes articulados en rotación son aptos para ser articulados en rotación alrededor de su base, alojada en dichos redientes con la ayuda de segundos gatos horizontales, aptos para empujar el extremo superior de dichos topes contra la subcara de dichos terceros elementos de estructura reforzada superiores en forma de orejas laterales de dicha base.
 - 60 El procedimiento según la invención permite unas instalaciones de aerogeneradores en el mar a distancias alejadas de las costas y a profundidades que pueden ir hasta 35 m, incluso 50 m, sin dificultad.
 - 65

Permite también instalar más fácilmente unas turbinas de motor a una altitud importante por encima de los oleajes, en particular superior a 100 m, lo cual permite aumentar el diámetro del rotor y por lo tanto la potencia unitaria del motor.

La presente invención proporciona también un procedimiento de manipulación y de ensamblaje en un puerto y/o de transporte por mar y de depósito en el fondo del mar de un aerogenerador marítimo, que comprende por lo menos:

- una base destinada a reposar o ser anclada en el fondo del mar,
- un poste que puede ser soportado por dicha base, estando su extremo inferior encastrado preferentemente en dicha base, y
- un motor de viento que puede equipar dicho poste en su parte alta,

con la ayuda de un barco de tipo catamarán según la invención, caracterizado por que se realizan las etapas iniciales sucesivas, en las que:

- 1) se realiza la prensión de dicha base solo con la ayuda de dicho barco de tipo catamarán, del cual dichos medios de prensión realizan la prensión de dicha base en dicho nivel superior de prensión, estando el fondo de dicha base situado por encima del nivel del agua, preferentemente sobre un pontón de un muelle del puerto, y
- 2) preferentemente, se levanta dicha base con respecto a dicho pontón deslastrando más dichos flotadores, y
- 3) se desplaza dicha base desplazando dicho barco en el puerto, y
- 4) se deposita dicha base sobre una estructura de soporte denominada "taburete" que reposa en el fondo del puerto lastrando dichos flotadores, y
- 5) se libera dicho catamarán con respecto a dicha base, y
- 6) se realiza el ensamblaje de dicho poste sobre dicha base, preferentemente por encastrado de su extremo inferior sobre dicha base y se fija dicho motor de viento en la parte superior de dicho poste con la ayuda de una grúa, y
- 7) se realiza la prensión de dicha base equipada con dicho aerogenerador, en dicho nivel inferior de prensión, estando el fondo de dicha base sumergido,
- 8) y después, se transporta por mar dicha base equipada con dicho aerogenerador, con dicho catamarán, antes de depositarla en el fondo del mar, y
- 9) se lastran dichos flotadores con el fin de sumergirlos totalmente y se deposita dicha base en su sitio de implantación en el fondo del mar, y
- 10) se libera dicho catamarán con respecto a dicha base desenclavando dichos medios de enclavamiento, y después desplazando dicho catamarán y subiéndolo, disminuyendo su calado por deslastrado por lo menos parcial de sus flotadores.

Más particularmente, en el procedimiento de manipulación, de ensamblaje y de transporte según la invención, se transporta un aerogenerador ensamblado desde su sitio de ensamblaje en el puerto hasta un sitio de implantación en el mar con la ayuda de dicho barco de tipo catamarán, realizando las etapas siguientes sucesivas, en las que:

- 1) se coge dicho aerogenerador a nivel de su base, que reposa en un taburete con la ayuda de dichos medios de prensión en dicho nivel inferior de prensión, y se realiza el enclavamiento de dichos medios de prensión de manera que la unión entre dicha base y dichos flotadores laterales sea una unión rígida, y
- 2) preferentemente, se levanta dicho aerogenerador de manera que el fondo de su base se libera de dicho taburete deslastrando aún más dichos flotadores, y
- 3) se desplaza dicho aerogenerador cuya base está así enclavada hasta su sitio de implantación en el mar, estando dichos flotadores lastrados preferentemente con un calado intermedio H_1 , y
- 4) se lastran dichos flotadores con el fin de sumergirlos totalmente y se deposita dicha base en su sitio de implantación en el fondo del mar, y

- 5) se libera dicho catamarán con respecto a dicha base desenclavando dichos medios de enclavamiento, y después desplazando dicho catamarán y subiéndolo, disminuyendo su calado por deslastrado por lo menos parcial de sus flotadores.

5 Más particularmente, dichos flotadores comprenden unas denominadas chimeneas, permaneciendo éstas parcialmente sumergidas cuando se lastran dichos flotadores laterales para descender y reposar dicha base en el fondo del mar a una profundidad $H/2$ de por lo menos 20 m, preferentemente por lo menos 50 m.

10 Ventajosamente, se instalan dos taburetes en el fondo del puerto, de manera que la grúa pueda realizar el ensamblaje de un aerogenerador sobre un primer taburete, mientras que dicho barco catamarán transporta un aerogenerador previamente ensamblado desde un segundo taburete, sobre el cual se ha ensamblado hasta su sitio de implantación, y después vuelve para depositar una nueva base sobre dicho segundo taburete, pudiendo entonces dicha grúa realizar el ensamblaje de un nuevo aerogenerador sobre dicho segundo taburete, mientras que el mismo barco de tipo catamarán realiza el transporte y después el depósito del aerogenerador ensamblado desde el primer taburete hacia su sitio de implantación, y después la manipulación y el depósito de una nueva base sobre dicho primer taburete, y así continuamente.

20 Otras características y ventajas de la presente invención aparecerán a la luz de la descripción siguiente, que se refiere a los dibujos adjuntos y que ilustra, sin ningún carácter limitativo, unos modos preferidos de realización de la invención:

- las figuras 1A y 1B son, respectivamente, unas vista por arriba y lateral de un sitio, situado cerca de un muelle, de prefabricación en tierra de la base de un aerogenerador, y de ensamblaje del aerogenerador antes del transporte al sitio de instalación en el mar,
- las figuras 2A-2B son unas vistas por arriba de un catamarán de transporte de base de aerogenerador, respectivamente durante la inserción alrededor de dicha base y de prensión de dicha base,
- la figura 2C es una vista frontal, vista por la parte trasera del catamarán, relativa a la figura 2A que ilustra los diferentes calados durante las manipulaciones y el transporte del aerogenerador y de su base hacia el sitio en el mar,
- las figuras 3a, 3b y 3c son unas vistas frontales que ilustran la transferencia de la base desde un pontón (figura 3A) hacia (figura 3B) un taburete (figura 3C), por medio de un catamarán según la invención. En la figura 3B, la base está levantada con respecto al pontón.
- la figura 4 es una vista lateral de la instalación de los elementos del aerogenerador 1 sobre una base que reposa sobre un taburete,
- la figura 5A es una vista lateral de un aerogenerador completo que reposa sobre un taburete, cargado por un catamarán, en curso de levantamiento para liberarlo de dicho taburete, para su transporte al sitio,
- la figura 5B es una vista lateral que ilustra el calado medio óptimo del catamarán durante la operación de remolcado hacia el sitio,
- la figura 5C es una vista lateral que ilustra el calado máximo del catamarán durante la operación de depósito de la base en el sitio de instalación empedrado,
- la figura 6 es una vista lateral de un buque que realiza un empedrado del sitio de instalación, destinado a recibir el peso de la base,
- la figura 7 es una sección en vista lateral del catamarán que detalla un modo de agarre preferido de la base en un nivel inferior.

55 En la figura 5C se ha representado, en vista frontal, un aerogenerador offshore 1 que comprende un motor de viento 2 que comprende una generatriz de corriente 2-3, y un rotor de árbol rotativo 2-2 de eje horizontal arrastrado en rotación por dicho motor 2 y que soporta tres palas 2-1 en su extremo. Dicho motor 2 está instalado en la parte superior de un poste 3, solidario a una base gravitatoria 4, lastrada después de la instalación en el sitio por unos granulados de minerales de hierro de densidad superior a 4 contenidos en el interior de los cajones de la base 4.

60 La base 4 está constituida por una estructura inferior paralelepípedica 4-1 que presenta unos cajones destinados a ser llenados con lastre en forma de granulados de alta densidad. Se extiende hacia la parte de arriba en forma de un pozo 4-4 de altura H_1 unido a la parte baja por unos refuerzos de tipo cartelas 4-7 y que presenta en la parte alta una plataforma periférica reforzada 5, preferentemente en estructura mecano-soldada, cuyo funcionamiento se explicará más adelante en la continuación de la descripción de la invención. El interior del pozo 4-4 es preferentemente

circular y recibe una parte inferior del poste 3 del aerogenerador. La parte inferior del poste 3 se encastra en el pozo 4-4.

El sitio de instalación está generalmente preparado, de manera conocida, por empedrado 20 controlado desde un buque de superficie, como se ilustra en la figura 6. Para ello, un buque 10 de tipo granelero, preferentemente de posicionamiento dinámico, está equipado en el lado de una tolva 11 unida a un conducto ligero 12 que se extiende hacia abajo, 1 a 2 metros por encima del fondo marino. Un dispositivo 13 equipado con propulsores laterales 14 y con una cámara de vídeo, no representada, permite desplazar en cualquier dirección el extremo inferior de dicho conducto 12, con el fin de ajustar de manera precisa la zona hacia la cual están dirigidos los granulados 16. Dichos granulados son cargados en la tolva 11 por la grúa 17, y después descienden a lo largo del conducto 12, para posarse finalmente sobre los cimientos 20. El proceso de empedrado se controla a bordo del barco por un sonar 15 de barrido lateral, conocido por el experto en la materia, y que da una representación muy precisa de la superficie empedrada. Con tales medios es posible crear unas plataformas empedradas de varios metros de grosor sobre unas superficies que superan ampliamente los 100 m², y cuyas variaciones máximas del nivel superior están comprendidas entre 0,2 m y 0,5 m. Se puede considerar así que la base instalada sobre la cimentación empedrada es sustancialmente horizontal, pero la instalación en sí de dicha base, así como su lastrado con unos granulados pesados no deja crear un ligero hundimiento, que puede ser diferente entre la parte derecha y la parte izquierda. Resulta así que el eje ZZ de la base no es exactamente vertical, lo cual es perjudicial para el buen funcionamiento en la duración del aerogenerador, y más particularmente a nivel de la torre de orientación de la parte superior del rotor, en relación al poste.

En las figuras 1A y 1B, se ha representado respectivamente en plano y en vista lateral, un sitio de prefabricación de bases de aerogeneradores y de ensamblaje de aerogeneradores completos para ser transportadas completamente ensambladas a la zona de instalación.

Este sitio está preferentemente situado en un entorno portuario. Está constituido por un muelle 100 de fuerte calado, las bases 4 están prefabricadas en muelle, preferentemente unas detrás de las otras. Después, cada base, una vez terminada, es lascada, de manera conocida, sobre un pontón 101 constituido por vigas horizontales 101a que se extienden desde el muelle hasta por encima del agua, estando dichas vigas sostenidas por encima de la superficie 30 del agua por unos pilares 101b que reposan en el fondo del puerto 100a para alcanzar finalmente una posición 4a al final del pontón 101. En esta posición 4a, la base es recogida por un catamarán 110 representado en la figura 2A, para ser transferida a un taburete 102 que reposa en el fondo del puerto 100a. Una vez en el taburete 102, el poste 3 que soporta el motor de viento 2 y la generatriz eléctrica 2-3 es depositado en la base 4 con la ayuda de una grúa 103 y después encastrado en dicha base.

El catamarán 110 está compuesto por una estructura flotante en forma de U constituida por 2 flotadores laterales 111a-111b dispuestos paralelamente en una dirección longitudinal XX'. Los extremos de cada flotador lateral 111a-111b situado por un mismo lado están unidos entre sí por una estructura de unión transversal 111c, preferentemente un flotador transversal 111c. El catamarán 110 presenta varias chimeneas de flotabilidad 112a-112b-112c, preferentemente posicionadas por encima de dichos flotadores laterales y transversales, preferentemente una chimenea por elemento de flotabilidad, preferentemente lo más alejadas posible unas de las otras, con el fin de aumentar sus momentos de retorno y por lo tanto la estabilidad del catamarán. Esta disposición permite maniobrar el catamarán con la posibilidad de una variación muy alta del calado. En efecto, como se representa en la figura 2C que es una vista frontal, en vista desde atrás, relativa a la figura 2A, limitada al único catamarán, dicho catamarán puede ser maniobrado con dos calados extremos H₀ y H₂ y a niveles intermedios H'₀, H''₀, H'₁ y H₁, correspondiendo este último (H₁) a una estabilidad de conjunto óptima, estabilidad requerida durante el transporte del aerogenerador completo hacia el sitio de instalación en el mar. Estas variaciones de calados se obtienen por lastrado y deslastrado de compartimentos repartidos en los diversos elementos de flotabilidad 111a-111b-111c así como, llegado el caso, en las chimeneas 112a-112b-112c.

La distribución de las chimeneas y su sección propia, situadas preferentemente lo más alejadas posible unas de las otras, en particular en los extremos 104 de los flotadores laterales 111a y 111b y en el medio del flotador transversal 111c, asegura una estabilidad suficiente del catamarán que transporta el aerogenerador completo con su base, durante diferentes fases de transporte y de instalación en el sitio, tal como se representa en las figuras 5A a 5C, ya que las chimeneas permanecen siempre por lo menos en parte emergidas por su extremo superior 113.

Durante la fase de transporte del aerogenerador completo por mar hasta su sitio 20 (figura 5B), el calado debe corresponder a una estabilidad máxima, la cual corresponde al calado medio H₁ de la figura 2C, permitiendo así afrontar con total seguridad unas condiciones de mar severas en términos de oleaje, de viento y de corriente, incluso una tormenta. Por supuesto, el transporte se efectuará preferentemente con una cobertura meteorológica suficiente.

El catamarán según la invención es capaz de efectuar con unos calados diferentes, en condiciones de seguridad excelentes, las operaciones de transferencia al puerto, y después las operaciones de transporte al sitio, así como las operaciones de instalación en el sitio de un aerogenerador completamente terminado.

Durante las manipulaciones de transferencia en el puerto de la base entre el pontón 101 y el taburete 102, figura 3B, el catamarán está boyado al máximo desde un calado H'_0 hasta un calado mínimo H_0 inferior a H'_0 , como se representa en la figura 3B. Después, una vez liberado del pontón, se puede estabilizar de nuevo a un calado intermedio superior a H_0 . La estabilidad del conjunto es entonces en general suficiente, ya que las operaciones se realizan en el sitio portuario, por lo tanto en un sitio protegido.

En la fase final de depósito del aerogenerador en el fondo del mar, figura 5C, el calado de los flotadores laterales es entonces máximo y corresponde al calado H_2 de la figura 2C. Esta estabilidad es inferior a la estabilidad requerida del conjunto durante el transporte, pero suficiente para una operación de depósito del aerogenerador y su base efectuada en mar tranquilo, debido a la estabilidad aportada por las chimeneas 112a-112b-112c.

El catamarán 110 comprende dos primeras estructuras reforzadas superiores 115a-115b, preferentemente unas estructuras metálicas en forma de platina dispuestas por encima de la superficie superior 111-1 de los flotadores laterales 111a y 111b por el lado de su cara interna o tablazones internos 114 hacia el interior de la U, y por lo tanto situadas enfrentadas en la U, en la parte alta de los flotadores laterales 111a y 111b. Asimismo, cada uno de los flotadores laterales 111a y 111b comprende en la parte baja, también sobre estos tablazones internos 114 girados hacia el espacio abierto 105 de la U, es decir enfrentados en el interior 105 de la U, una estructura reforzada inferior 116a-116b en forma de rediente. Dichas primeras estructuras reforzadas superiores 115a-115b y dichos redientes inferiores 116a-116b colaboran así con unas terceras estructuras reforzadas superiores de la base, denominadas orejas laterales reforzadas 4-3 de la base 4, con el fin de efectuar las manipulaciones de dichas bases.

Si, como se representa en las figuras 3A a 3C, las orejas 4-3 consisten en unas extensiones de estructura que se extienden a lo largo de dos bordes superiores de las paredes laterales externas 117 opuestas paralelas de la estructura inferior paralelepípedica 4-1 de la base 4, las estructuras reforzadas superiores 115a-115b y los redientes inferiores 116a-116b destinados a cooperar con dichas orejas 4-3 se extenderán también longitudinalmente en la dirección XX, con el fin de ser aptas para sostener dichas orejas 4-3 en contacto con su sub-cara 4-3a, llegado el caso según el calado adoptado por dichos flotadores laterales por dicho catamarán 110, como se explica a continuación.

Cuando la base terminada está en posición 4a sobre el pontón 101, como se detalla en la figura 1A, se inserta el catamarán alrededor de dicha base en posición 4a sobre el pontón, tal como se detalla en la figura 2A. Después, una vez insertado, figura 2B, el catamarán es deslastrado de manera que las estructuras reforzadas 115a y 115b entren en contacto con la sub-cara 4-3a de las orejas 4-3 de la base 4, y después se continúa el deslastrado hasta que la base esté levantada (figura 3B) y ya no esté en contacto con las vigas del pontón. El catamarán retrocede entonces y extrae la base del pontón, y después se desplaza hacia uno de los taburetes 102a-102b para depositar la base como se detalla en la figura 3C. Cuando el catamarán está correctamente posicionado con respecto a dicho taburete, estando la base en la vertical al taburete, se lastra al máximo el catamarán, que se encuentra entonces liberado del peso de la base en cuanto dicha base reposa sobre dicho taburete. Se sigue entonces el deslastrado y el catamarán puede entonces librarse de la base retrocediendo.

Una vez instalada la base en su taburete 102, una grúa 103 de gran capacidad de carga y de gran altura instala entonces sucesivamente una parte inferior del poste 3 en el pozo o fuste 4-4 de la base 4, después el resto del poste 3, después el generador 2-3, comprendiendo el motor 2 el rotor 2-2 y por último las palas 2-1, como se representa en la figura 4.

Una vez ensamblado completamente el aerogenerador 1, como se representa en la figura 5A, es recibido por el catamarán 110, pero esta vez a nivel de los redientes inferiores 116a-116b que entran en contacto en sub-cara 4-3a de las orejas 4-3. El catamarán es entonces deslastrado para alcanzar un calado reducido H'_0 o H_0 de la figura 2C, 3A o 3B, lo cual permite levantar la base 4, por lo tanto el aerogenerador completo, y liberarlo del taburete 102. Para asegurar una seguridad máxima durante el transporte hacia el sitio, la base es enclavada lateralmente por unos dispositivos de apriete horizontales 120 y verticales 121, tales como unos gatos mecánicos o hidráulicos solidarios a cada uno de los flotadores laterales. En particular, los gatos verticales 121 son solidarios a las estructuras superiores laterales de refuerzo 115a-115b y las varillas 121a de los gatos 121 en extensión se apoyan sobre la cara superior de la estructura inferior 4-1 paralelepípedica de la base 4, o preferentemente se apoyan sobre las caras superiores de las orejas laterales 4-3, de las cuales las sub-caras 4-3a son retenidas por los redientes inferiores 116a-116b respectivamente. Asimismo, los gatos horizontales 120 son solidarios a las caras internas de los flotadores laterales 111a y 111b en la parte baja por debajo de los redientes inferiores 116a-116b y su varilla en extensión se apoya sobre las caras laterales de dicha estructura inferior paralelepípedica 4-1 de la base 4. Accionando los gatos horizontales 120 de cada flotador 111a-111b posicionados enfrentados sobre cada uno de los flotadores, dos gatos horizontales 120 enfrentados ejercen un empuje en el sentido inverso idéntico, con el fin de encastrar la estructura inferior paralelepípedica 4-1 de la base bajo el efecto del empuje de las varillas 120a de los gatos horizontales 120.

Procediendo así, el catamarán se encuentra encastrado sobre la base, y presenta entonces una gran rigidez de conjunto para efectuar con total seguridad el transporte sobre el sitio del aerogenerador a un calado intermedio H_1 de los flotadores del catamarán, que corresponde a una estabilidad óptima, después de efectuar su depósito sobre

la cimentación empedrada 20 lastrando aún más los flotadores de manera que el catamarán adopte un calado máximo H_2 , tal como se representa en la figura 5.

Debido a la forma en U de tal catamarán, este último presenta en general una rigidez en torsión con respecto a su eje longitudinal horizontal central XX' relativamente bajo, sean cuales sean los refuerzos de los ensamblajes entre elementos 111a, 111c y 111b. El hecho de encastrar el catamarán en la base por medio de enclavamientos mecánicos potentes 120, 121, tanto en el plano horizontal como en el plano vertical, aumenta drásticamente la rigidez en torsión del conjunto.

Así, la concepción del catamarán se encuentra radicalmente simplificada y necesita menos refuerzos en la unión entre los elementos de flotación 111a, 111c y 111b, lo cual reduce así considerablemente el coste y la complejidad de construcción de un catamarán de este tipo.

Se preverá ventajosamente una rigidez de torsión suficiente para que dicho catamarán pueda efectuar sin riesgo las transferencias en el puerto de la base sola, desde la posición 4a en el extremo de pontón hacia el taburete 102, entendiéndose que esta manipulación se efectúa en zona portuaria, por lo tanto protegida, y preferentemente con tiempo tranquilo.

Dicho catamarán posee preferentemente un sistema de propulsión asociado a un posicionamiento dinámico con el fin de ser autónomo y poder maniobrar con precisión tanto en el puerto como en el sitio durante el depósito del conjunto. Una pasarela de control 112d está entonces ventajosamente situada en una chimenea 112c solidaria al flotador transversal de unión 111c en posición central de éste.

En el modo de realización de la figura 4C, una vez que el aerogenerador ha sido depositado con el fondo 4-5 de la base que reposa sobre el empedrado 20 en el fondo del mar, se libera el catamarán de la siguiente manera. Los fondos 104 de los flotadores laterales y transversales llegan a una profundidad ligeramente inferior a la profundidad del fondo 4-5 de la base 4 y el empedrado 20, de manera que es posible lastrar aún más dichos flotadores para poder bajar el catamarán y liberarlo de las orejas laterales 4-3 contra las cuales se apoyaba y desplazar el catamarán así liberado después de la retracción de los diferentes gatos verticales 121 y horizontales 120 por desplazamiento en la dirección longitudinal XX' a lo largo de las paredes laterales externas 117 de la base 4.

Para simplificar la liberación del catamarán después del depósito de la base 4 sobre el empedrado 20 en una versión preferida de la invención representada en la figura 7, dichos segundos elementos de estructura reforzada inferiores de los flotadores laterales consisten en unos topes articulados 118, que están articulados en rotación alrededor de su base a nivel de un rediente 116 de los tablazones internos 114 de los flotadores laterales, haciéndose la rotación de dichos topes 118 gracias a segundos gatos horizontales 119, que después de la extensión de su varilla 119a colocan el extremo superior de los topes articulados 118 en apoyo contra las sub-caras de las orejas o extensiones laterales 4-3 de los bordes superiores de las paredes laterales externas 117 de la estructura inferior paralelepípedica 4-1 de la base 4.

Este modo de realización presenta la ventaja, después de la realización del depósito del aerogenerador en el fondo del mar, de poder lastrar los flotadores de manera que el fondo 106 de éstos, a una altura de H'_2 , se pueda liberar a una profundidad superior a H'_2 e inferior a H_2 , con el fin de poder soltar dichos segundos gatos 119 y retraer el tope articulado 118, como se representa en la parte izquierda de la figura 7. Así, es posible liberar el catamarán por simple deslastrado de los flotadores y elevación vertical a la superficie sin tener que desplazarlo lateralmente en la dirección longitudinal XX' para liberarlo de la base 4. La sub-cara 4-3a de las orejas laterales 4-3 está preferentemente inclinada con el fin de permitir la liberación del tope articulado 118 por rotación desde las paredes externas laterales 117 de la estructura inferior 4-1 de la base 4 hacia los flotadores laterales 111a-111b del catamarán. Asimismo, las platinas reforzadas superiores 115a-115b presentan una superficie superior 115c preferentemente inclinada en una misma inclinación que las sub-caras 4-3a de las orejas laterales 4-3, para adaptarse a ellas sobre toda su superficie cuando dichos primeros elementos de refuerzo superiores 115a-115b se apoyan en la sub-cara de dichas orejas laterales 4-3, en la posición de presión que corresponde a un nivel superior de presión, como se ha explicado anteriormente en la fase inicial de la manipulación en el puerto.

Este modo de realización de tope articulado, definido en referencia a la figura 7, se puede realizar por otros medios, tales como topes de translación horizontal, por ejemplo una gran cantidad de gatos 119, cuyas varillas entran entonces en contacto con las orejas laterales, o bien directamente, o bien por medio de topes que deslizan horizontalmente y trabajan por lo tanto en flexión y en cizallamiento, pero la versión preferida sigue siendo el tope articulado, ya que este último trabaja en compresión simple a nivel de dicho tope y en cizallamiento simple a nivel de su articulación sobre la estructura del catamarán.

En una versión preferida representada en la figura 1A, se han instalado dos taburetes 102a y 102b, de manera que cuando la grúa 103 finalice el ensamblaje de un aerogenerador sobre el taburete 102a, a la vuelta del catamarán que viene del sitio de instalación del aerogenerador anterior, dicho catamarán efectúa en primer lugar la transferencia de una base 4a disponible sobre el pontón 101, hacia dicho taburete libre 102b mientras que la grúa 103 ensambla el poste 3 y su motor de viento 2 sobre la base 4 del taburete 102a. Después, el catamarán se

encarga del aerogenerador completamente terminado sobre el taburete 102a para transportarlo e instalarlo en el sitio. Así, la grúa 103 puede empezar inmediatamente el ensamblaje de un nuevo aerogenerador sobre el taburete 102b, mientras que el catamarán efectúa el transporte y la instalación en el sitio de dicho aerogenerador terminado.

5 A título ilustrativo, el aerogenerador según la invención comprende un poste de una altura de 50 a 150 m, preferentemente por lo menos 100 m de altura, cuya pared tubular presenta un diámetro de más de 2 a 10 m, más particularmente de 6 a 7 m. La base comprende una estructura paralelepípedica inferior 4-1 de sección cuadrada de por lo menos 20 m, preferentemente de por lo menos 30 m de lado y 10 m de altura, tabicado con unos tabiques de 20 a 30 cm de grosor de hormigón, formada por cajones 4-2 separados por tabiques verticales. La longitud L_1 de los
10 flotadores laterales en la dirección longitudinal XX' por un lado y, por otro lado la distancia entre los flotadores laterales en la dirección transversal YY' o anchura L_2 del espacio abierto 105 de la U son ligeramente superiores a las dimensiones de los lados de dicha base correspondiente, que están enfrentados, de manera que dicha base se pueda insertar entre dichos flotadores laterales. La cavidad tubular 4-4 se eleva hasta una altura H por encima de la cara superior 4-8 de la estructura paralelepípedica 4-1 de la base 4, sustancialmente en su centro en una altura H de 15 a 25 m, siendo la altura de la base de 5 a 15 m. La altura h_3 de las chimeneas 112a-112b-112c es de 15 a 35 m y la altura h_4 de los flotadores 111a, 111b, 111c es de 5 a 10 m, de manera que es posible depositar la base a una profundidad H_2 de hasta 50 m.

20 En las figuras 3C y 5A, el catamarán está enclavado sobre dicha base que reposa en el taburete 102 respectivamente en dichos nivel superior de presión (figura 3C) y nivel inferior de presión (figura 5a). La diferencia de los calados $H'_1 - H''_0$ de las figuras 5A y 3C corresponde a la diferencia de altura entre dichos nivel superior de presión y nivel inferior de presión, a saber en la práctica de 5 a 10 m, para unos flotadores de altura h_4 de 5 a 15 m.

25 En la figura 7, la diferencia de nivel $H'_2 - H_2$ entre el fondo 4-5 de la base y el fondo 106 de los flotadores laterales en las condiciones de presión de dicha base en un nivel inferior de presión es de 2 m, preferentemente menos de 1 m.

30 A título de ejemplo, el aerogenerador offshore está constituido por un motor generador de 100 T y por un poste de aproximadamente 3 m de diámetro y de longitud L de aproximadamente 90 M, que pesa aproximadamente 150 T.

La estabilidad de un buque se caracteriza, de manera conocida por el experto en la materia en el campo de la arquitectura naval, por la "altura metacéntrica" GM , es decir la distancia entre el centro de gravedad de la estructura y el metacentro, es decir sustancialmente el punto alrededor del cual gira el buque cuando se escora. Un buque
35 convencional debe tener un GNt (transversal) superior a 0,5-1 m para asegurar una buena estabilidad en cualquier circunstancia. Al ser el catamarán según la invención de forma sustancialmente cuadrada, presenta así unas alturas metacéntricas transversal (GNt) y longitudinal (GMI) sustancialmente similares.

40 Así, para un catamarán de 72 m de anchura total, de 75 m de longitud total, de 10 m de altura h_4 de casco principal, que comprende tres chimeneas de sección 15 m x 15 m y de altura h_3 de 25 m, que presenta una abertura en forma de U de 32 m x 32 m capaz de coger y transportar un aerogenerador constituido por una base de 30 m x 30 m, de 10 m de altura y de peso al vacío de 6000 toneladas, que tiene en su parte superior un poste de 125 m de altura y que pesa 300 toneladas, que tiene en su parte superior una góndola provista de un rotor de tres palas de 250 toneladas, los valores de GM para las diferentes fases de manipulación y de transporte son respectivamente de
45 manera sustancial:

- figura 3B, transferencia de la base sola desde el pontón hacia el taburete: para un calado mínimo H_0 de 0,75 a 1,5 m, $GM = 60-80$
- 50 - figura 5B, transporte al sitio del aerogenerador completo: para un calado intermedio H_1 de 4 a 7 m, $GM = 40-45$
- figura 5C, depósito del aerogenerador completo sobre su cimentación empedrada 20: para un calado máximo H_2 de 25 a 30 m, $GM = 18-22$ m
- 55 - vuelta al puerto del catamarán vacío: para un calado intermedio H_1 de 4 a 7 m, $GM = 145-160$ m

A pesar de la altura considerable del centro de gravedad del aerogenerador debido a la altura del poste asociado a su góndola, la altura metacéntrica permanece ampliamente por encima de las normas de seguridad habituales de los buques, en este caso superior a 15 m, lo cual facilita aún más las operaciones de instalación de los aerogeneradores en el mar gracias a los dispositivos de instalación según la invención.

Un catamarán según la invención, construido para llevar y manipular unas bases de dimensiones dadas, podrá también instalar unos aerogeneradores cuyas bases son más pequeñas, en la medida en la que instala ventajosamente unas estructuras, preferentemente unas estructuras mecano-soldadas solidarias a dichas primeras estructuras reforzadas superiores 115a-115b, o dichos redientes 116a-116b, rellenando así el espacio entre dichos

soportes y dichas orejas laterales reforzadas 4-3 de la base.

REIVINDICACIONES

1. Barco de tipo catamarán (110) útil para el ensamblaje, el transporte y el depósito en el fondo del mar (20) de aerogeneradores marítimos (1), que comprende por lo menos:

- una base (4) destinada a reposar o a ser anclada en el fondo del mar,
- un poste (3) que puede estar soportado por dicha base, estando preferentemente el extremo inferior encastrado en dicha base (4), y
- un motor de viento (2) que puede equipar dicho poste (3) en su vértice,
- comprendiendo dicho barco dos flotadores laterales (111a-111b) cuyos ejes longitudinales en la dirección longitudinal (XX') están dispuestos paralelamente, estando dichos flotadores laterales (111a-111b) unidos entre sí por una estructura transversal de unión (111c), preferentemente un flotador transversal delantero que se extiende en una dirección (YY') perpendicular a dicha dirección longitudinal (XX'), que reúne entre ellos por uno de sus extremos (108) los dos flotadores laterales de manera que constituyen una estructura flotante en forma de U, y
- siendo el espacio abierto (105) entre las dos ramas de la U constituidas por los dos flotadores laterales, apto para recibir dicha base, preferentemente de por lo menos 20 m de anchura, estando dichos flotadores equipados con medios de presión (115a-115b, 120-121, 116a-116b, 118-119) aptos para realizar la presión de dicha base (4) entre dichos dos flotadores laterales, comprendiendo dichos flotadores laterales unos compartimentos estancos aptos para ser lastrados y deslastrados, preferentemente con agua de mar,

caracterizado por que dichos medios de presión son aptos para realizar una presión de dicha base en por lo menos dos niveles de presión diferentes siguientes:

- un nivel superior de presión en el que es posible realizar la presión de dicha base cuando el fondo (4-5) de dicha base está por encima del fondo (106) de dichos flotadores laterales, estando preferentemente el fondo (4-5) de la base por encima del nivel del agua (30), y por que dichos flotadores laterales están por lo menos parcialmente deslastrados, y
- un nivel inferior de presión y de enclavamiento en el que el fondo (4-5) de la base está situado por debajo del fondo (106) de dichos flotadores laterales, comprendiendo dichos medios de presión de la base en dicho nivel inferior unos medios de enclavamiento de la base aptos para realizar una unión rígida entre dichos flotadores laterales y dicha base.

2. Barco de tipo catamarán según la reivindicación 1, caracterizado por que dichos medios de enclavamiento comprenden:

- unos medios de apriete verticales (121), que cooperan con dicha base y cada uno de los dos flotadores laterales, aptos para bloquear cualquier movimiento vertical relativo de la base con respecto a cada uno de dichos flotadores laterales, y
- unos medios de apriete horizontales (120), que cooperan con dicha base y cada uno de los dos flotadores laterales, aptos para bloquear cualquier movimiento horizontal relativo de la base con respecto a cada uno de dichos flotadores laterales.

3. Barco de tipo catamarán según una de las reivindicaciones 1 o 2, caracterizado por que:

- dichos medios de presión en dicho nivel superior de presión comprenden unos elementos de estructura reforzada superiores (4-3) de dicha base, aptos para apoyarse y ser soportados por unos elementos de estructura reforzada superiores (115a-115b) de cada uno de los dos flotadores laterales, cuando dichos dos flotadores laterales están por lo menos parcialmente deslastrados, estando el fondo (4-5) de dicha base situado por encima del fondo (106) de cada uno de los dos flotadores laterales, y
- dichos medios de presión y enclavamiento en dicho nivel inferior de presión comprenden:
 - unos medios superiores de apriete verticales (121), aptos para aplicar con fuerza verticalmente unos elementos de estructura reforzada superiores de dicha base contra unos elementos de estructura reforzada inferiores de cada uno de dichos flotadores laterales, y
 - unos medios inferiores de apriete horizontales (120), aptos para ejercer unos empujes horizontales en sentido inverso entre cada una de las dos paredes laterales externas opuestas (117) de dicha base, y respectivamente cada uno de los dos tablazones internos (114) de cada uno de dichos flotadores laterales

enfrentados, impidiendo así cualquier movimiento relativo horizontal de dicha base con respecto a dichos flotadores laterales.

4. Barco de tipo catamarán según una de las reivindicaciones 2 o 3, caracterizado por que:

a) dichos medios de presión comprenden:

- unos primeros elementos de estructura reforzada superiores (115a, 115b), preferentemente en forma de platinas que se extienden en la dirección longitudinal (XX') de dichos flotadores laterales a lo largo de los bordes superiores de los tablazones internos (114) de dichos flotadores laterales a los cuales son solidarios, más preferentemente que sobrepasan hacia dicho espacio abierto (105) de la U, y
- unos segundos elementos de estructura inferiores (116a, 116b, 118-119) solidarios a dichos tablazones internos (114) de los flotadores laterales y situados por debajo de dichos primeros elementos de estructura reforzada superiores (115a-115b), y
- unos terceros elementos de estructura reforzada (4-3) solidarios a dicha base, que se extienden a lo largo de los bordes superiores opuestos de las paredes laterales externas (117a-117b) de dicha base, preferentemente de los bordes superiores de las paredes externas opuestas y paralelas (117) de dicha base paralelepípedica, que sobrepasa hacia el exterior de éstas, de tal manera que:
 - dichos primeros elementos de estructura reforzada superiores (115a-115b) de dichos flotadores laterales son aptos para soportar dichos terceros elementos de estructura reforzada superiores de dicha base para realizar una presión en dicho nivel superior de presión, cuando dicha base está insertada entre dichos dos flotadores laterales, y cuando dichos dos flotadores laterales están parcialmente deslastrados para ejercer un empuje hacia arriba de dichos primeros elementos de estructura reforzada superiores (115a-115b) de los flotadores laterales contra dichos terceros elementos de estructura reforzada superiores (4-3) de dicha base, y
 - dichos segundos elementos de estructura reforzada inferiores de dichos flotadores laterales (116a-116b) son aptos para soportar dichos terceros elementos de estructura reforzada superiores de dicha base (4-3) para realizar una presión en dicho nivel inferior de presión cuando dicha base está insertada entre los dos flotadores laterales y cuando dichos flotadores laterales están parcialmente deslastrados para ejercer un empuje hacia arriba de dichos segundos elementos de estructura reforzada inferiores de los flotadores laterales contra dichos terceros elementos de estructura reforzada superiores de dicha base,

b) dichos medios de enclavamiento de los medios de presión en un nivel inferior de presión comprenden:

- unos medios superiores de apriete verticales (121) de los cuales una parte por lo menos es solidaria a dichos primeros elementos de estructura reforzada superiores (115a-115b), siendo dichos medios superiores de apriete verticales aptos para aplicar con fuerza dichos terceros elementos de estructura reforzada superiores de la base (4-3) contra dichos segundos elementos de estructura reforzada de los flotadores laterales, preferentemente en forma de redientes (116a-116b), y
- unos medios inferiores de apriete horizontales (120) de los cuales una parte por lo menos es solidaria a los tablazones internos (114) de dichos flotadores laterales por debajo de dichos segundos elementos de estructura reforzada inferiores de los flotadores, preferentemente en forma de redientes (116a, 116b), siendo dichos medios inferiores de apriete (120) aptos para ejercer un empuje sobre dichas paredes laterales externas opuestas (117) de dicha base.

5. Barco de tipo catamarán según la reivindicación 4, caracterizado por que:

- dichos medios de apriete verticales comprenden unos gatos superiores de apriete verticales (121) de los cuales el cuerpo de gato es solidario a dichos primeros elementos de estructura reforzada superiores (115a-115b) y de los cuales el extremo de la varilla (121a) de los gatos es apto para aplicar con fuerza dichos terceros elementos de estructura reforzada superiores de la base (4-3) contra dichos segundos elementos de estructura reforzada de los flotadores laterales en forma de redientes (116a-116b), y
- dichos medios inferiores de apriete horizontales comprenden unos gatos inferiores de apriete horizontales (120) de los cuales el cuerpo de gato es solidario a los tablazones internos (114) de dichos flotadores laterales por debajo de dichos segundos elementos de estructura reforzada inferiores de los flotadores en forma de redientes (116a-116b) y de los cuales las varillas (120a) de gatos se extienden en extensión en sentidos opuestos de manera que ejercen un empuje sobre dichas paredes laterales externas opuestas (117) de dicha base.

- 5 6. Barco de tipo catamarán según una de las reivindicaciones 4 o 5, caracterizado por que dichos segundos elementos de estructura inferior (116a-116b) comprenden unos redientes (116a-116b) en los tablazones internos (114) de los flotadores laterales, redientes en el interior de los cuales unos topes articulados en rotación (118) son aptos para ser articulados en rotación alrededor de su base (118a) alojada en dichos redientes con la ayuda de segundos gatos horizontales (119), aptos para empujar el extremo superior (118b) de dichos topes contra la sub-cara (4-3a) de los dichos terceros elementos de estructura reforzada superiores en forma de orejas laterales (4-3) de dicha base.
- 10 7. Barco de tipo catamarán según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que dichos flotadores laterales (111a, 111b, 111c) están coronados por unas estructuras superiores de flotación denominadas chimeneas (112a, 112b, 112c) de sección horizontal inferior a la sección de dichos flotadores laterales por encima de los cuales se elevan sobre una altura (h_3) tal que cuando dichos flotadores laterales están en posición totalmente sumergida de lastrado máximo, el extremo superior (113) de dichas chimeneas sobrepasa por encima del nivel del agua (30).
- 15 8. Barco de tipo catamarán según la reivindicación 7, caracterizado por que comprende por lo menos tres chimeneas (112a, 112b, 112c), de las cuales una sustancialmente en el eje de dicho barco en el medio de dicho flotador transversal (111c) y dos chimeneas (112a, 112b) en el extremo trasero libre (104) de cada uno de los dos flotadores (111a, 111b).
- 20 9. Barco de tipo catamarán según la reivindicación 7 u 8, caracterizado por que la altura acumulada ($h_3 + h_4$) de dichos flotadores laterales (h_4) y dichas chimeneas (h_3) es tal que dicho catamarán puede adoptar:
- 25 - un calado mínimo (H_0) en el que dichos medios de presión superiores (115a-115b) y/o la superficie superior (111-1) de dichos flotadores laterales están a una altura de por lo menos 5 m, preferentemente por lo menos 10 m por encima del nivel del agua (30), y
- 30 - un calado máximo (H_2) de por lo menos 25 m, preferentemente por lo menos 50 m, en el que dichos flotadores laterales están totalmente sumergidos y el extremo superior (113) de dichas chimeneas permanece emergido.
10. Barco de tipo catamarán según una de las reivindicaciones 7 a 9, caracterizado por que:
- 35 - la altura (h_4) de dichos flotadores laterales es de por lo menos 5 m, preferentemente de 5 a 15 m, y
- la altura (h_3) de dichas chimeneas es de por lo menos 15 m, preferentemente de 15 a 35 m.
11. Procedimiento de manipulación y de ensamblaje en un puerto y/o transporte en el mar y depósito en el fondo del mar de un aerogenerador marítimo, que comprende por lo menos:
- 40 - una base (4) destinada a reposar o a ser anclada en el fondo del mar,
- un poste (3) que puede ser soportado por dicha base, estando preferentemente su extremo inferior encastrado en dicha base (4), y
- 45 - un motor de viento (2) que puede equipar dicho poste (3) en su parte alta,
- con la ayuda de un barco de tipo catamarán según una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado por que se realizan las etapas iniciales sucesivas, en las que:
- 50 1) se realiza la presión de dicha base solo con la ayuda de dicho barco de tipo catamarán, del cual dichos medios de presión realizan la presión de dicha base a dicho nivel superior de presión, estando el fondo (4-5) de dicha base situado por encima del nivel del agua (30), preferentemente sobre un pontón (101) de un muelle (100) del puerto, y
- 55 2) preferentemente, se eleva dicha base con respecto a dicho pontón deslastrando más dichos flotadores (111a-111c), y
- 3) se desplaza dicha base desplazando dicho barco en el puerto, y
- 60 4) se deposita dicha base sobre una estructura de soporte denominada "taburete" (102) que reposa en el fondo del puerto lastrando dichos flotadores (111a, 111b, 111c), y
- 5) se libera dicho catamarán con respecto a dicha base, y
- 65 6) se realiza el ensamblaje de dicho poste (3) sobre dicha base (4), preferentemente por encastrado de su extremo inferior sobre dicha base y se fija dicho motor de viento (2) en la parte superior de dicho poste con la ayuda de una grúa (103), y

- 7) se realiza la presión de dicha base equipada con dicho aerogenerador, en dicho nivel inferior de presión, estando el fondo (4-5) de dicha base sumergido,
- 5 8) y después, se transporta por mar dicha base equipada con dicho aerogenerador, con dicho catamarán, y
- 9) se lastran dichos flotadores con el fin de sumergirlos totalmente y se deposita dicha base en su sitio de implantación (60) en el fondo del mar, y
- 10 10) se libera dicho catamarán con respecto a dicha base desenclavando dichos medios de enclavamiento, y después desplazando dicho catamarán y elevándolo, disminuyendo su calado por deslastrado por lo menos parcial de sus flotadores (111a-111c).
12. Procedimiento según la reivindicación 11, caracterizado por que se transporta dicho aerogenerador ensamblado desde su sitio de ensamblaje en el puerto hasta un sitio de implantación en el mar con la ayuda de dicho barco de tipo catamarán, realizando las etapas siguientes sucesivas, en las que:
- 15 1) se coge dicho aerogenerador a nivel de su base, que reposa en dicho taburete (102) con la ayuda de dichos medios de presión en dicho nivel inferior de presión, y se realiza el enclavamiento de dichos medios de presión de manera que la unión entre dicha base (4) y dichos flotadores laterales (111a, 111b) sea una unión rígida, y
- 20 2) preferentemente, se levanta dicho aerogenerador de manera que el fondo (4-5) de su base (4) se libera de dicho taburete deslastrando aún más dichos flotadores (111a, 111b, 111c), y
- 25 3) se desplaza dicho aerogenerador cuya base está así enclavada hasta su sitio de implantación en el mar, siendo preferentemente dichos flotadores lastrados con un calado intermedio (H1), y
- 30 4) se lastran dichos flotadores de manera que se sumergen totalmente y se deposita dicha base en su sitio de implantación (60) en el fondo del mar, y
- 35 5) se libera dicho catamarán con respecto a dicha base desenclavando dichos medios de enclavamiento, y después desplazando dicho catamarán y elevándolo, disminuyendo su calado por deslastrado por lo menos parcial de sus flotadores (111a-111c).
13. Procedimiento según la reivindicación 12, caracterizado por que dichos flotadores (111a, 111b, 111c) comprenden dichas chimeneas, permaneciendo éstas parcialmente sumergidas cuando se lastran dichos flotadores laterales para descender y reposar dicha base en el fondo del mar a una profundidad (H'2) de por lo menos 20 m, preferentemente por lo menos 50 m
- 40 14. Procedimiento según una de las reivindicaciones 11 a 13, caracterizado por que se instalan dos de dichos taburetes (102a-102b) en el fondo del puerto, de manera que la grúa (103) pueda realizar el ensamblaje de un aerogenerador (1) sobre un primer taburete (102a) mientras que dicho barco catamarán (110) transporta un aerogenerador previamente ensamblado desde un segundo taburete (102b) sobre el cual ha sido ensamblada hasta su sitio de implantación, y después vuelve para depositar una nueva base sobre dicho segundo taburete, pudiendo entonces dicha grúa realizar el ensamblaje de un nuevo aerogenerador sobre dicho segundo taburete mientras que el mismo barco de tipo catamarán realiza el transporte y después el depósito del aerogenerador ensamblado desde el primer taburete hacia su sitio de implantación, y después la manipulación y el depósito de una nueva base sobre dicho primer taburete, y así continuamente.
- 45







