(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 302 619**

(21) Número de solicitud: 200601581

(51) Int. Cl.:
***F03B 13/14*** (2006.01)

(12) PATENTE DE INVENCIÓN CON EXAMEN PREVIO B2

(22) Fecha de presentación: **07.06.2006**

(43) Fecha de publicación de la solicitud: **16.07.2008**

Fecha de la concesión: **01.04.2009**

(45) Fecha de anuncio de la concesión: **01.05.2009**

(45) Fecha de publicación del folleto de la patente: **01.05.2009**

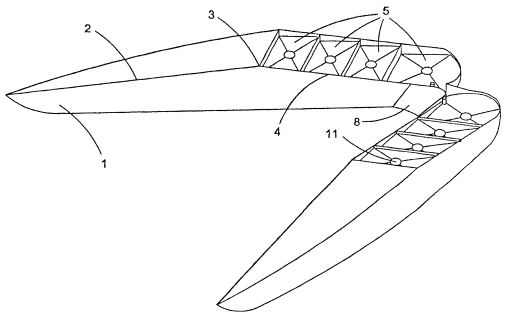
(73) Titular/es:
**Universidade de Santiago de Compostela**
**Edificio CACTUS-Campus Sur**
**15782 Santiago de Compostela, A Coruña, ES**

(72) Inventor/es: **Iglesias Rodríguez, José Gregorio;**
**Carballo Sánchez, Rodrigo y**
**Castro Ponte, Alberte**

(74) Agente: **Carpintero López, Francisco**

(54) Título: **Dispositivo flotante para la captación de energía del oleaje por rebase lateral.**

(57) Resumen:
Dispositivo flotante para la captación de energía del oleaje por rebase lateral formado por cascos convergentes en planta y de francobordo variable entre los que se propagan las olas. La convergencia produce un aumento gradual de la altura de ola a medida que ésta se propaga entre los cascos, lo que unido a la reducción progresiva del francobordo a partir de una determinada sección de los mismos, propicia el rebase lateral sobre sus bordas de la masa de agua de la cresta, que es recogida en depósitos situados a distintas alturas (conforme a la reducción de francobordo) conectados a las correspondientes turbinas. El ángulo de convergencia entre los cascos es variable para adaptarse al estado de mar.
El sistema de captación se complementa con una rampa de cierre de conexión entre las popas de los cascos para recoger el agua que no haya logrado rebasar la estructura con anterioridad.




ES 2 302 619 B2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 40.2.8 LP.

Venta de fascículos: Oficina Española de Patentes y Marcas. Pº de la Castellana, 75 – 28071 Madrid

## DESCRIPCIÓN

Dispositivo flotante para la captación de energía del oleaje por rebase lateral.

La presente invención consiste en una estructura flotante formada por cascos convergentes en planta y de francobordo variable entre los que se propagan las olas. La convergencia de los contornos laterales produce un aumento progresivo de la altura de ola. Este hecho, junto con la disminución del francobordo de los cascos a partir de un determinado punto, propicia su rebase lateral por la masa de agua de la cresta de la ola, que es recogida en depósitos situados a distintas alturas (conforme a la reducción del francobordo) conectados a las correspondientes turbinas.

**Estado de la técnica**

En los últimos años se ha dado a conocer diversidad de dispositivos de generación de energía a partir del oleaje. Una clase de estos dispositivos está formada por los denominados "overtopping" o "de rebase" que se caracterizan por aprovechar la ola en altura, existiendo diversas configuraciones para conseguir el incremento de dicha altura.

El primer sistema de este tipo es el conocido como TAPCHAN (1985). Estaba construido en roca y consistía básicamente en un canal convergente, de modo que se conseguía concentrar la ola, vertiéndose finalmente el agua en un embalse para mover una turbina. Pero la producción de esta instalación se encuentra limitada por diversos motivos, entre ellos la necesidad de una carrera de marea pequeña.

A partir de este sistema costero inicial se diseñó otra serie de dispositivos flotantes denominados en ocasiones de forma genérica "floating Tapchans" o "Tapchans flotantes", que se basan en el mismo principio de aprovechar la ola en altura para mover una turbina, diferenciándose esencialmente en la forma de conseguir dicha altura y de conducir el agua hacia los depósitos.

La mayor parte de estos dispositivos intentan conseguir una altura mayor por medio de una rampa, de forma que parte de la energía cinética de la ola se transforma en energía potencial, lográndose que la ola rebase la coronación de la rampa. Este diseño se ve condicionado, por un lado, por las limitaciones en altura de ola obtenidas, y por otro, por aprovechar el agua a un único nivel. A consecuencia de ello se reduce el volumen de agua captado y el rendimiento energético.

Diseños posteriores han intentado solventar en parte estos problemas con diferentes modificaciones. Para aumentar la altura de ola, existen dispositivos que emplean, o bien muros convergentes, que en ocasiones se sitúan sobre la propia rampa, como en las patentes DE19726504 y GB612175, o bien brazos convergentes (idea original del TAPCHAN) que enfocan la ola hacia ella. En cuanto al problema derivado de trabajar con un único nivel de almacenamiento, existen dispositivos que utilizan depósitos a distintos niveles en los que se introduce la masa de agua a través de aberturas dispuestas a diferentes cotas en la rampa como en WO0071892. Esta entrada de agua en los depósitos tiene lugar en la fase de ascenso de la vena líquida por la rampa o en la fase de retorno de la misma, según la disposición de las aberturas.

A pesar de las mejoras realizadas en los dispositivos actuales, estos siguen padeciendo en gran parte dichas limitaciones, además de otras fundamentales ligadas con su comportamiento en condiciones de oleaje real.

El principal problema de comportamiento en estos dispositivos viene provocado por el uso de la rampa como única forma de captación de la ola. Esta forma de recepción impone un diseño en donde la rampa se dispone de forma paralela al frente de ola para maximizar así la energía captada, lo que hace que la estructura posea poca eslora en relación a su manga. En situación de oleaje energético esta configuración conlleva movimientos importantes del dispositivo, en particular de alzada y de cabeceo, que reducen sustancialmente su eficacia energética.

Otros factores limitantes derivados de este diseño son los asociados a la dudosa supervivencia en condiciones extremas de oleaje a las que se verán sometidos los dispositivos, puesto que previsiblemente se ubicarán en áreas con climas marítimos muy energéticos.

Finalmente es necesario hacer referencia a los elevados costes de fabricación al utilizar dichas rampas, teniendo en cuenta que el frente de onda actuará simultáneamente sobre toda la extensión de la rampa y ello con alturas de ola superiores a las que debe resistir un dique de abrigo, en razón a la mayor profundidad a la que se situaría el dispositivo de captación de energía.

**Descripción de la invención**

El objetivo de la presente invención es proponer un sistema de captación por *rebase lateral* a distintas alturas para resolver los inconvenientes explicados anteriormente comunes a los dispositivos "overtopping" o "de rebase" de captación de energía del oleaje.

El sistema de invención consiste en un dispositivo flotante formado por cascos entre los que se propaga la ola. La separación entre los cascos no es constante, reduciéndose en dirección proa-popa, en el sentido de propagación de la onda. Esta convergencia en planta trae consigo un aumento de la altura de la cresta. Cuando ésta supera el francobordo (distancia vertical entre la línea de flotación y la borda) del costado interior de los cascos comienza a producirse el rebase lateral, en dirección sensiblemente perpendicular a la dirección de propagación. La pérdida de masa de agua debida a este rebase lateral lleva aparejada una reducción de altura de ola de la cresta que pondría fin al rebase, de no ser por la disminución progresiva del francobordo, en la dirección de propagación de la onda, a partir de un determinado punto del desarrollo longitudinal del casco, próximo a media eslora. Adicionalmente, la convergencia de los cascos coadyuva al mantenimiento del rebase lateral.

Dicho rebase lateral se produce sobre el costado interior de los cascos que poseen un perfil preferentemente recto, mientras que el perfil de los costados exteriores será curvo.

La masa de agua que rebasa las bordas es recogida en depósitos situados en los cascos en la zona sobre la que se produce dicho rebase, a diferentes niveles, conforme al francobordo del tramo de casco en el que recoge el rebase cada depósito. La zona de rebase abarca desde el punto de la eslora en que comienza a descender el francobordo hasta popa. Los depósitos se podrán extender longitudinalmente hacia la proa, en caso de ser necesario, con el fin de maximizar el volumen de agua captado.

Cada uno de estos depósitos descarga, a través de un conducto de impulsión, a una turbina cuya altura

de trabajo está adaptada al nivel del correspondiente depósito. Con todo lo anterior se logra un mayor volumen de agua captado, dispuesto de forma gradual, además de un mejor rendimiento en las propias turbinas al tener un rango de altura de trabajo más estrecho, correspondiente a la variación de altura de agua almacenada en el depósito que turbina.

Este diseño permite además trabajar de forma eficaz con una gran variedad de regímenes de ola, puesto que si la disponibilidad energética en un determinado estado de mar no es muy elevada, el rebase lateral no comenzará en el punto en que el francobordo del costado interior de los cascos empieza a descender. Este se producirá en un punto posterior, donde la altura de la cresta supere el francobordo de los contornos interiores, de forma que pueda ser aprovechada.

A pesar de esta mayor adaptabilidad al clima marítimo, en términos de volumen de agua captado, siempre existirá una parte de la ola que no consiga rebasar de esta forma la estructura.

A fin de captar esta parte de la ola, los cascos están unidos entre sí en su extremo aguas abajo (a popa), en el que su proximidad es mayor por efecto de la convergencia, por medio de una rampa de cierre. Esta se dispone preferentemente oblicua al frente de ola, con perfiles rectos o curvos y simetría respecto a un plano vertical por el eje longitudinal del dispositivo. De este modo, una parte de la masa de agua de la cresta que no ha sido recogida anteriormente se ve obligada a rebasar de forma lateral y frontal esta rampa de cierre y es recogida en el depósito o depósitos de popa (a menor nivel) de los cascos laterales.

En cualquier caso, y a diferencia de otros dispositivos, esta rampa de cierre se concibe como un elemento complementario, por lo que se halla sometida a solicitudes estructurales mucho menores que en aquellos dispositivos en que constituye el sistema principal de captación de agua.

Los depósitos de recogida a popa, que recogen el agua a menor nivel, se podrán situar uno en cada casco, de forma independiente, en cuyo caso se dispondrá un deflector frontal que oriente hacia ellos el agua que remonte y rebase la rampa en su zona central. En caso de que se disponga un único depósito que abarque toda la popa, se prescindirá de dicho deflector.

El sistema descrito se fundamenta en una captación de agua repartida en el tiempo (a medida que avanza la ola) y en el espacio (a lo largo de los cascos), por oposición a los dispositivos de rebase existentes, en los que la recogida de la masa de agua tiene lugar de forma concentrada en el tiempo y en el espacio.

Para lograr esta captación gradual de la masa de agua de la cresta, el sistema de recogida se orienta de forma sensiblemente paralela a la dirección de propagación de la onda, lo cual presenta ventajas estructurales - como se ha comentado - frente a otros dispositivos en los que se orienta perpendicularmente a dicha dirección. Esto además trae consigo la necesidad de una geometría de mayor desarrollo longitudinal (eslora) que en dichos sistemas, de forma que el presente dispositivo poseerá una relación eslora/manga del orden de embarcaciones tipo catamarán.

Por otro lado, este desarrollo longitudinal es necesario para que la convergencia de los cascos sea efectiva en aumentar la altura de la ola. En cualquier caso, la geometría de gran eslora redunda en una reducción de los movimientos bajo la acción del oleaje, en particular de cabeceo y alzada, que en otros sistemas rebajan notablemente el rendimiento energético.

Para realzar la eficacia del sistema, se permite regular la convergencia en planta de los cascos, esto es, la variación de la separación entre los mismos en su extremo más distal (proa), en función del estado de mar, mediante articulaciones, cables u otro tipo de mecanismo.

De acuerdo con uno de los objetivos de durabilidad, se dispone una rampa de cierre de conexión entre cascos móvil, de modo que pueda ser retirada en situaciones de temporal, pudiendo ser abatida por medio de articulaciones u otro mecanismo, preferentemente hacia el interior de los cascos. Esto, unido a una regulación no convergente de los cascos (cascos paralelos), permitirá en situaciones de temporal la circulación y salida de la ola a través del espacio entre ellos, al no existir ningún obstáculo, sin que se produzca un aumento de su altura inicial.

Para evitar interrupciones en la alimentación de las turbinas debidas a los movimientos del dispositivo bajo la acción del oleaje, los depósitos tendrán una solera descendente hacia unos dispositivos sensiblemente cónicos, ubicados en su margen inferior. Estarán colocados en la parte superior de los conductos por donde se dirige la masa de agua a la turbina, conectando los depósitos de recogida y dichos conductos. De esta forma, actuaran a modo de “buffer”, asegurando el funcionamiento continuo de las turbinas.

El dispositivo posee además una serie de tanques de lastre en la zona de proa, cuyo contenido de agua se podrá variar, y por tanto la inclinación y francobordo del dispositivo en función del estado de mar.

El fondeo será preferentemente por un único punto, de forma que el dispositivo bornea para mantenerlo orientado a la dirección de incidencia del oleaje.

En el caso de que el dispositivo estuviese formado por tres cascos, se recogería el agua por rebase sobre ellos por el mismo principio que se ha explicado. En este caso, la masa de agua de la cresta de la ola rebasaría sobre el costado interior de los cascos exteriores, mientras que el rebase sobre el casco central se produciría sobre ambos costados, al ser los dos interiores.

El objetivo de la invención con todo lo anteriormente descrito es la captación del máximo volumen de agua posible, principalmente por rebase lateral de la cresta de la ola, complementado posteriormente por remonte y rebase de la misma sobre una rampa de cierre. Se trabajará con distintos niveles de recogida, optimizando así tanto la altura a la que se almacena el agua como el rendimiento en las propias turbinas. La configuración de la estructura permitirá reducir los movimientos de cabeceo y alzada bajo la acción del oleaje, con los consiguientes beneficios para la captación regular de agua en los depósitos. Asimismo dicha configuración asegura la supervivencia de la estructura en situaciones de temporal.

**Descripción de los dibujos**

La figura 1 representa una vista en perspectiva del conjunto del sistema de invención, formado por 2 cascos convergentes (1), que poseen un primer tramo con francobordo ascendente (2) y un segundo tramo, a partir de un determinado punto (3) de su eslora, de francobordo descendente (4). En este segundo tramo se produce el rebase lateral. En el extremo de popa se sitúa la rampa de cierre (8) de conexión entre ambos cascos. También se pueden observar los depósitos de

recogida (5) situados en la zona de rebase; los dispositivos sensiblemente cónicos (11) de conexión entre los depósitos y los conductos de conexión de las turbinas.

La figura 2 representa una vista en planta superior del dispositivo, en donde se muestra la convergencia de los cascos (1) en dirección proa-popa; la rampa final de cierre (8) entre ambos cascos y los tanques de lastre (14) situados en la proa.

Las figura 3 representa el alzado posterior, visto de popa, en el que se muestra la disposición de los depósitos (5) situados sobre los cascos en la zona de rebase a distintos niveles, conforme al francobordo del tramo de casco en que recoge el rebase cada depósito; el dispositivo sensiblemente cónico (11) a modo de "buffer"; y la conexión a las correspondientes turbinas (6) mediante un conducto de impulsión (12).

La figura 4 es un alzado frontal, visto de proa, en donde se aprecia el contorno de los cascos, en los que a partir de un determinado punto (3) de su desarrollo longitudinal (eslora) el francobordo desciende (4), propiciando el rebase lateral. Se puede observar también la rampa final de cierre (8) de conexión entre ambos cascos situada a popa, sobre la que se sitúa el deflector frontal (13) para orientar el agua hacia los depósitos de recogida a popa.

La figura 5 es una vista en planta, en donde se representa la regulación de la convergencia de los cascos (7) en función del estado de mar, hasta situación de no convergencia (cascos paralelos). También se muestra la rampa final de cierre (8) y su forma de abatimiento (9).

La figura 6 es un detalle de la fig. 5 relativo al modo de abatimiento (9) de la rampa final de cierre (8) hacia el interior de los cascos. Este abatimiento permite, unido a una regulación no convergente de los cascos, la propagación del frente de ola inalterado a lo largo del dispositivo.

La figura 7 representa la sección de un casco por A-A', en donde se puede observar la forma de recogida en depósitos (5) a distintos niveles; la pendiente de la solera (10) de dichos depósitos, descendente hacia un dispositivo sensiblemente cónico (11) de conexión con el conducto de impulsión (12) de la turbina (6).

Las figuras 8 y 9 son un perfil longitudinal y una planta superior del fondeo por un solo punto (15).

La figura 10 es una vista en planta de un dispositivo formado por 3 cascos, en el que la masa de la cresta de la ola rebasa sobre el costado interior de los cascos exteriores y por ambos costados del casco central. También se puede observar la regulación de la convergencia de los cascos (7) en función del estado de mar.

La figura 11 es una vista en planta de un dispositivo, con un único depósito de recogida a popa (16), en cuyo caso se prescinde del deflector frontal.

La figura 12 es una vista del dispositivo en condiciones de trabajo.

**Preferente realización del invento**

Una preferente realización del invento estaría constituida por dos cascos (1) convergentes en planta, con una relación eslora/manga entre 5-7; costado exterior de los cascos de perfil curvo e interior recto, con francobordo ascendente (2) en un primer tramo de incremento de altura de ola y un segundo tramo, a partir de un determinado punto (3) próximo a la media eslora, de francobordo descendente (4) de forma gradual permitiendo el rebase lateral. La convergencia (7) de los cascos será regulable por medio de articulaciones situadas en la zona de popa, en función del estado de mar y hasta una configuración de no convergencia (cascos paralelos).

En la parte descendente de dichos cascos se disponen una serie de depósitos (5) de recogida situados a distintas alturas y conectados a sendas turbinas (6) a través de los correspondientes conductos de impulsión (12).

Se dispondrá una rampa de cierre (8) de conexión entre ambos cascos en su extremo agua abajo (popa), dispuesta de forma oblicua al frente de ola, con perfiles curvos, y simétrica respecto a un plano vertical por el eje longitudinal del dispositivo, que permitirá el remonte y rebase hacia los depósitos a popa de parte del agua que no consiguió rebasar lateralmente las bordas de los cascos con anterioridad. Se contará con un deflector frontal (13) para orientar hacia dichos depósitos de popa el agua que remonte la rampa en su zona central.

La rampa final de cierre será abatible (9) hacia el interior de los cascos por medio de articulaciones, lo que en situación de temporal permitirá la libre propagación de la onda, sin obstáculo alguno entre los cascos.

Los depósitos de recogida lateral poseen una solera descendente (10), con ángulo en el sentido longitudinal del mismo orden que el de cabeceo de diseño, y en sentido transversal del mismo orden que el de balance de diseño. De esta forma se orienta el agua hacia el conducto de impulsión (12) de las turbinas, que poseen en su parte superior un dispositivo sensiblemente cónico (11), de conexión con los depósitos, que actúa a modo de "buffer".

En la proa de la estructura se dispondrá una serie de tanques de lastre (14) a fin de controlar la inclinación y el francobordo del dispositivo, variando el volumen de agua contenido en ellos.

El sistema bornea en torno a un único punto de fondeo (15), de manera que se orienta por sí solo a la dirección de incidencia del oleaje.

Una vez descritas las características de una realización preferente se hace constar que en ningún caso el dispositivo quedará limitado a los detalles exactos de lo anteriormente descrito, sino que podrán ser introducidas todas las modificaciones que sean oportunas, sin alterar en cualquier caso las características esenciales de la invención y que a continuación se reivindican.

## REIVINDICACIONES

1. Dispositivo flotante para la captación de energía del oleaje por rebase lateral que comprende una estructura formada por cascos (1) convergentes en planta en dirección proa-popa, de francobordo variable, descendente (4) a partir de un determinado punto (3) próximo a la media eslora, produciéndose el rebase lateral sobre dichos cascos por la masa de agua de la cresta de la ola de forma sensiblemente perpendicular a sus costados interiores; depósitos (5) de recogida, situados sobre los cascos en la zona de rebase a distintos niveles conforme al francobordo del tramo de casco en el que recoge el rebase cada depósito, conectados a las correspondientes turbinas (6) por medio de sendos conductos de impulsión (12); rampa de cierre (8) de conexión entre los cascos en el extremo aguas abajo (a popa); deflector frontal (13) situado sobre la rampa de cierre en su punto medio; tanques de lastre (14) ubicados en la zona de proa de los cascos y sistema de fondeo por un solo punto (15).

2. Dispositivo flotante para la captación de energía del oleaje por rebase lateral según la reivindicación 1 **caracterizado** porque el rebase lateral está formado preferentemente por 2, y alternativamente 3 cascos, con disposición convergente en planta regulable (7) por medio de articulaciones, cables u otro mecanismo; con francobordo variable, disminuyendo gradualmente la altura de las bordas a partir de un determinado punto (3) de su eslora; con costados exteriores de perfil curvo e interiores preferentemente rectos.

3. Dispositivo flotante para la captación de energía del oleaje por rebase lateral según la reivindicación 1 **caracterizado** porque los depósitos de recogida lateral están situados en la zona de rebase lateral, la cual abarca desde el punto de la eslora en que comienza a descender el francobordo hasta la popa, pudiendo extenderse longitudinalmente hacia la proa; que disponen de una solera (10) descendente hacia un dispositivo sensiblemente cónico (11) de conexión entre el depósito y el conducto de impulsión de la turbina.

4. Dispositivo flotante para la captación de energía del oleaje por rebase lateral según la reivindicación 1 **caracterizado** porque la rampa de cierre de conexión entre ambos cascos está dispuesta preferentemente de forma oblicua al frente de ola, con perfiles rectos o curvos, simétrica respecto a un plano vertical por el eje longitudinal del dispositivo y abatible por medio de articulaciones u otro mecanismo hacia el interior de los cascos, sobre la que se produce rebase lateral y frontal.

5. Dispositivo flotante para la captación de energía del oleaje por rebase lateral según las reivindicaciones 1, 3 y 4 **caracterizado** por depósitos de recogida a popa para la captación lateral y frontal de agua, de forma preferente uno en cada casco y alternativamente un único depósito (16) que abarca la popa de todos los cascos, en cuyo caso se prescinde del deflector frontal.

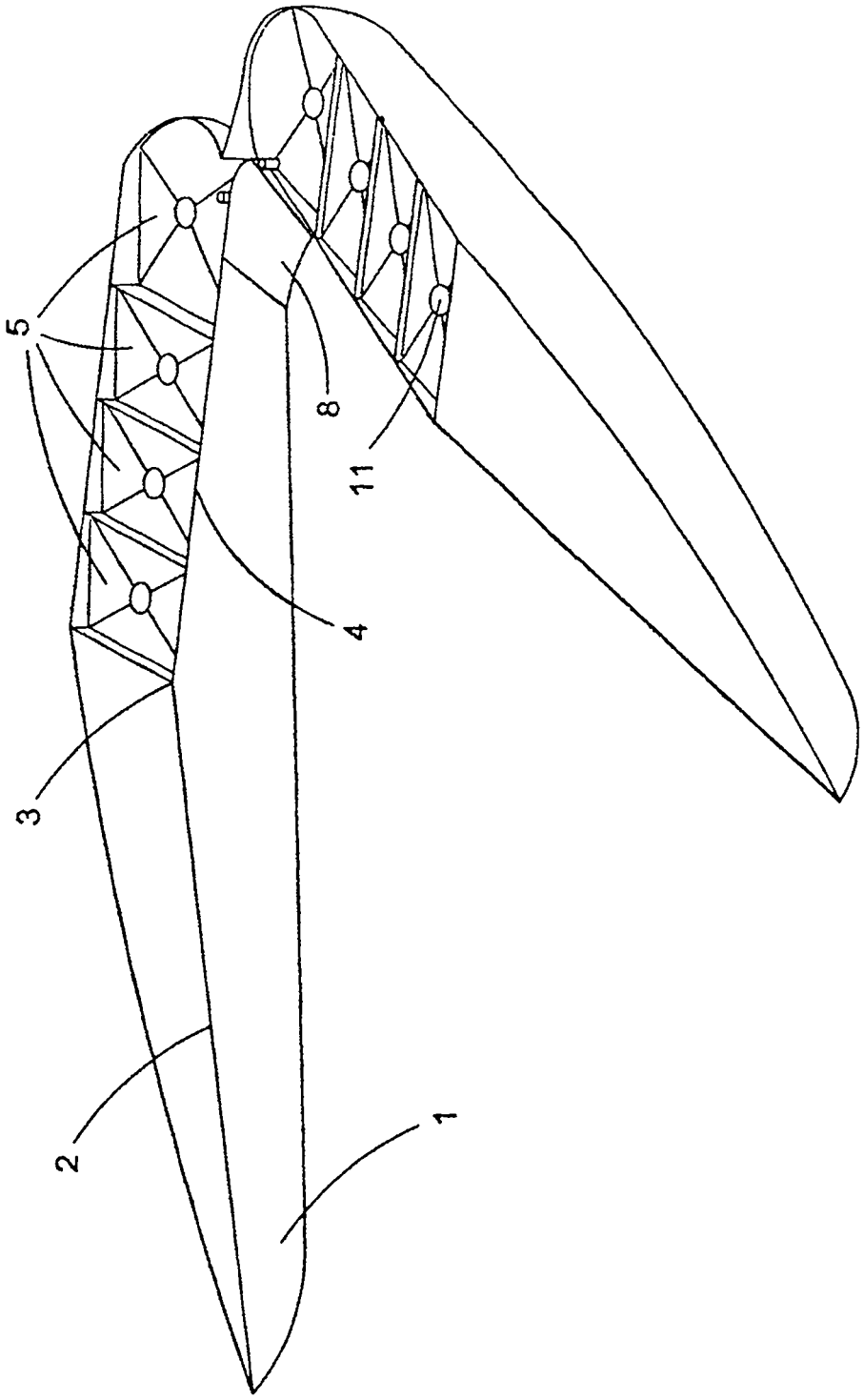



Figura 1

Figura 3

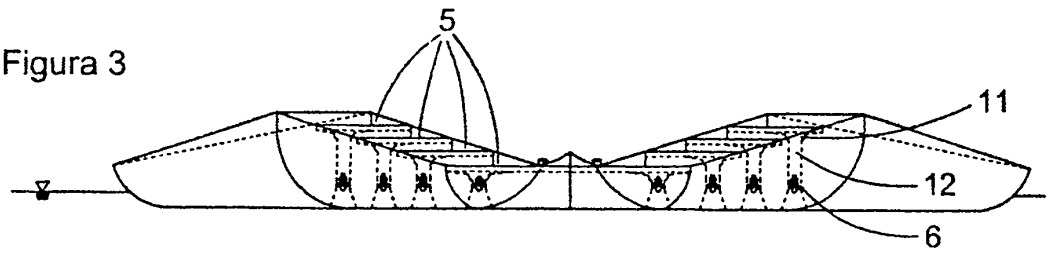



Figura 2

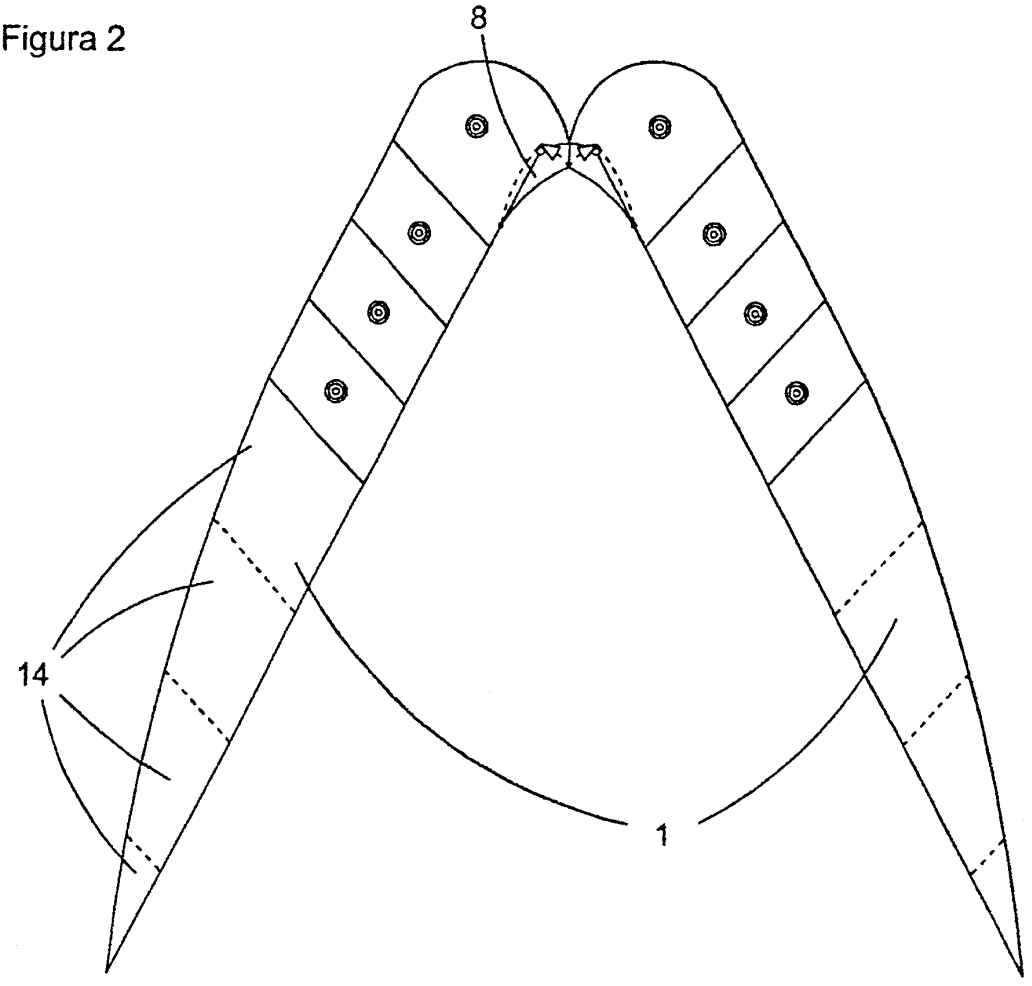
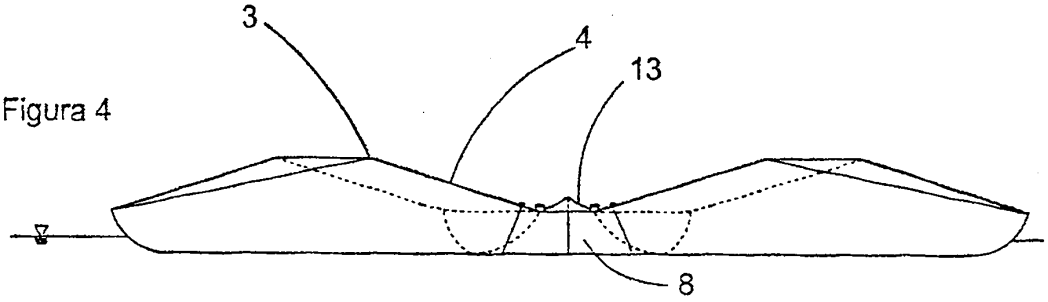



Figura 4



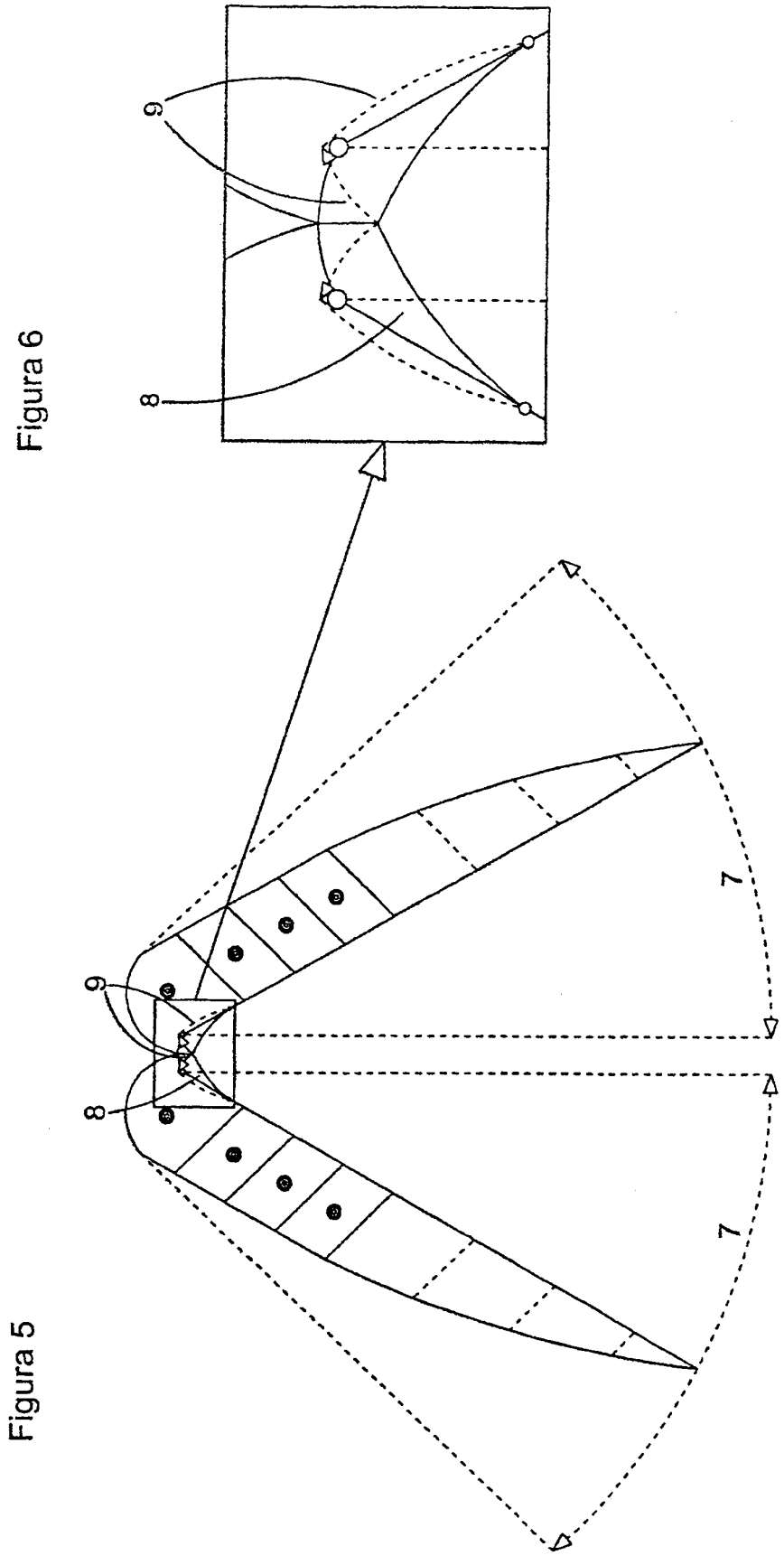



Figura 5

Figura 6

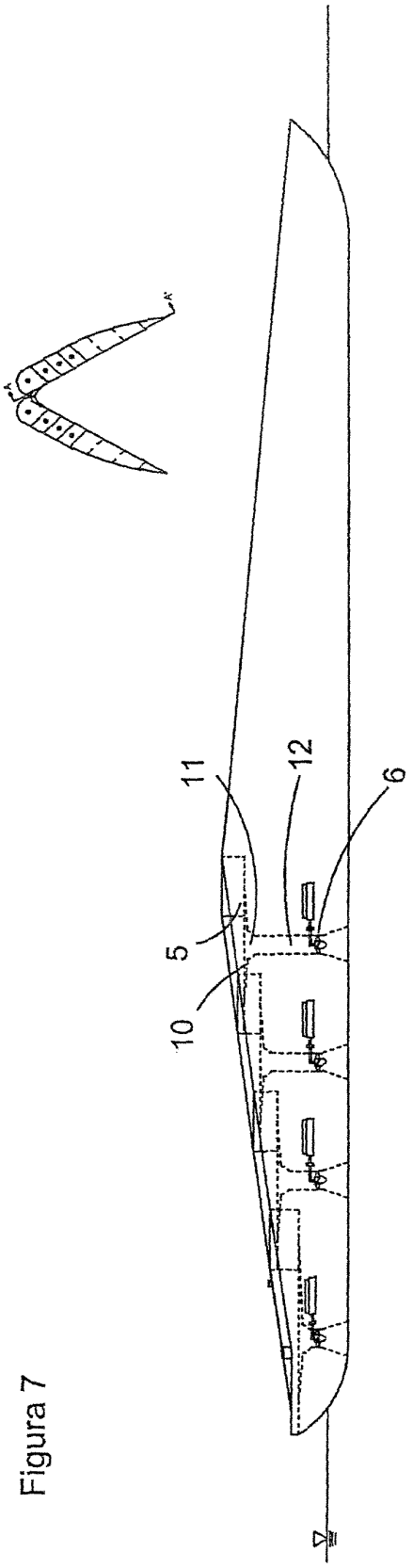



Figura 7

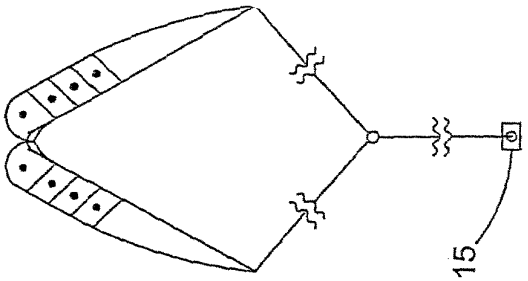



Figura 9

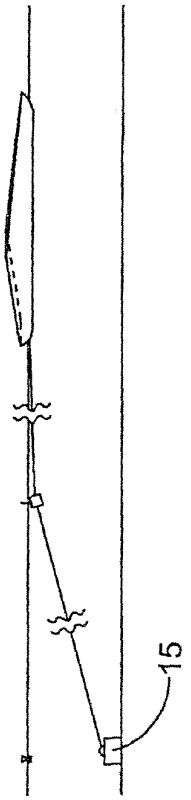



Figura 8

Figura 10

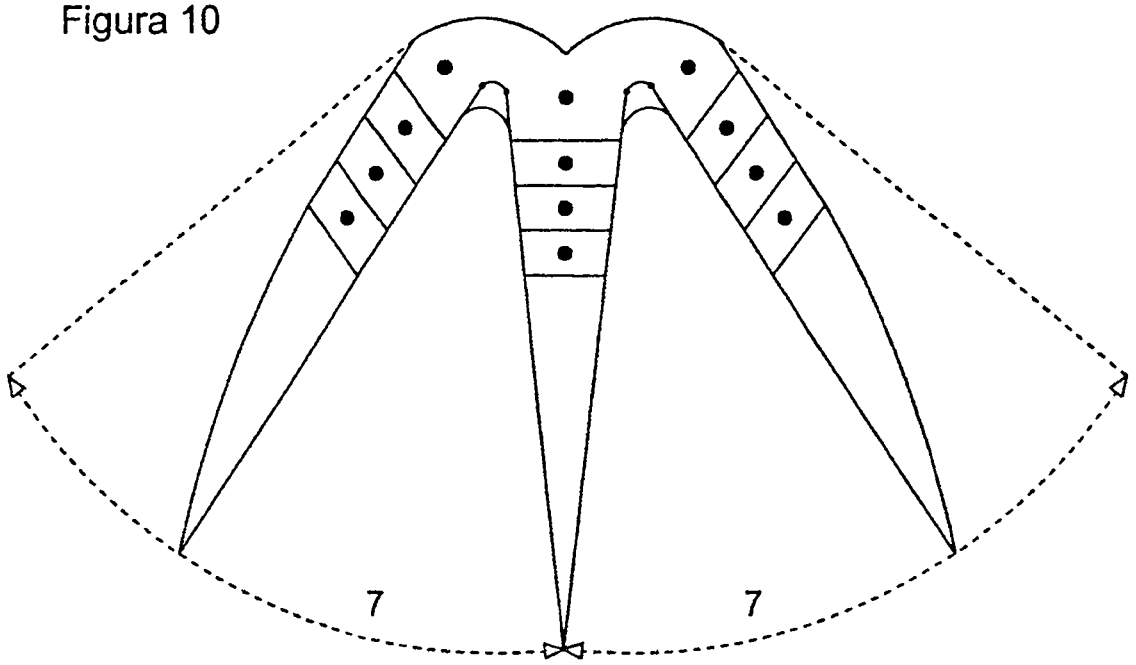
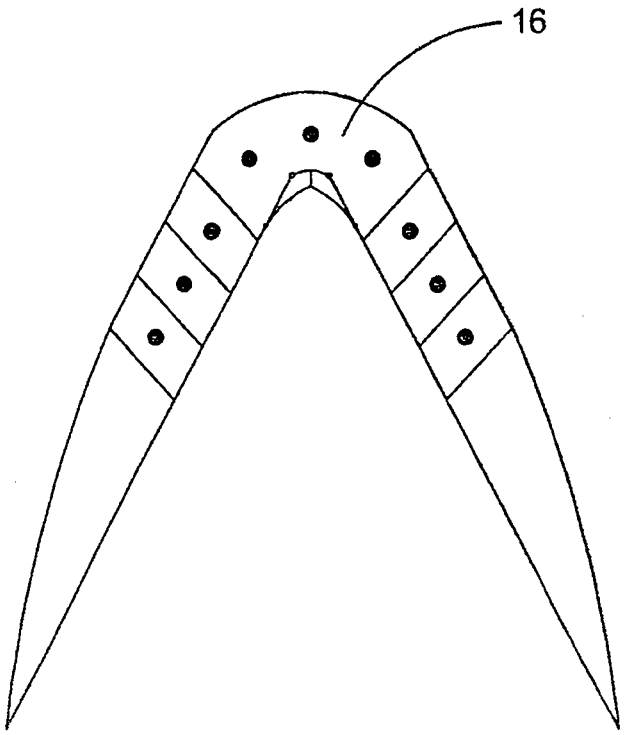



Figura 11



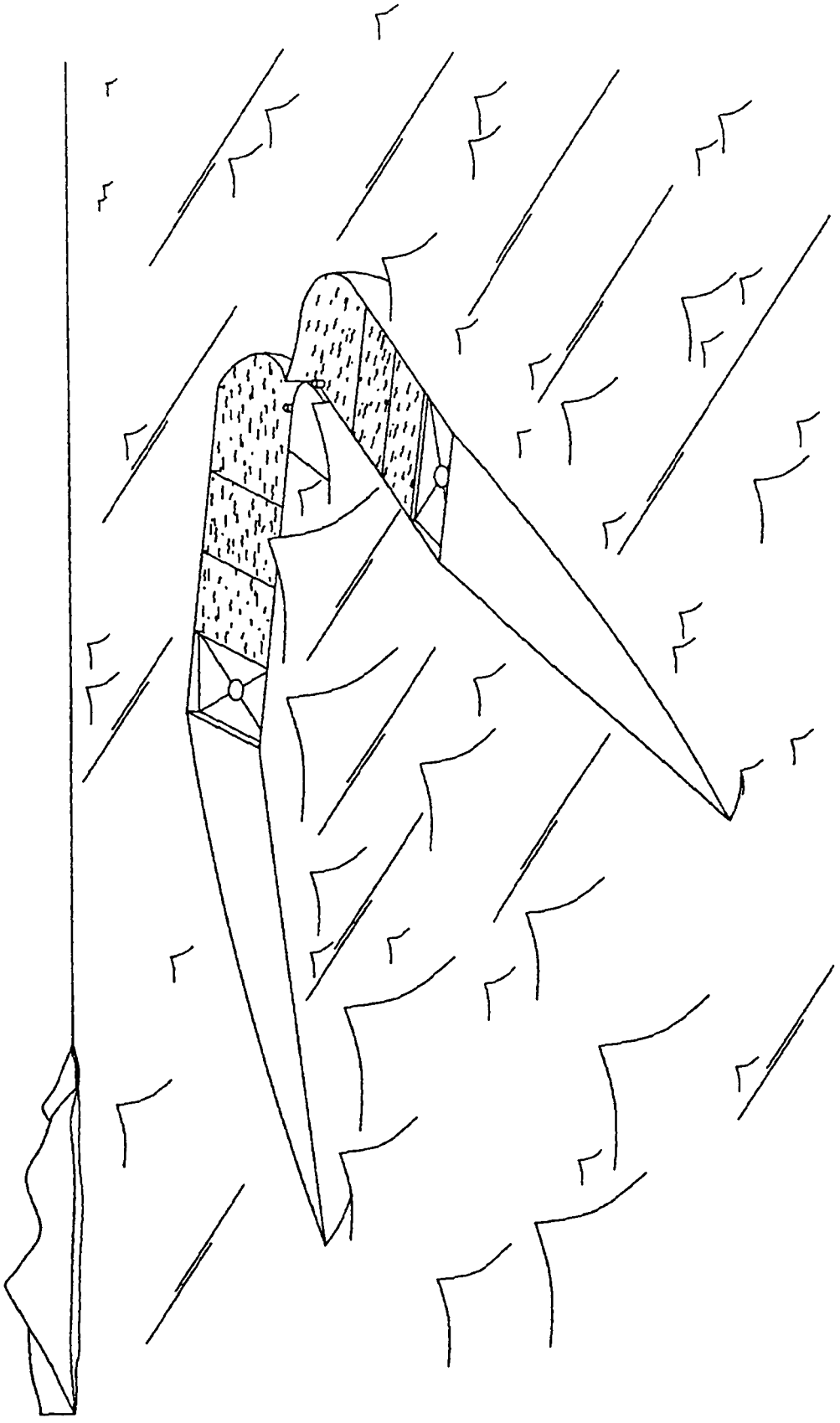


Figura 12

OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) ES 2 302 619

(21) Nº de solicitud: 200601581

(22) Fecha de presentación de la solicitud: **07.06.2006**

(32) Fecha de prioridad:

# INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

(51) **Int. Cl.:** ***F03B 13/14*** (2006.01)

## DOCUMENTOS RELEVANTES

| Categoría | Documentos citados | Reivindicaciones afectadas |
|---|---|---|
| A | EP 0767876 B1 (FRIIS MADSEN ERIK) 28.02.2001, párrafos [30-37]; figuras. | 1,3 |
| A | WO 0244557 A1 (BLUM ALBERT) 06.06.2002, página 11, línea 6 - página 12, línea 16; figuras. | 1 |
| A | DE 3803570 A1 (ZELCK GERD ING GRAD) 28.07.1988, todo el documento. | 1 |
| A | DE 3922724 A1 (ZEMANN HERBERT) 24.01.1991, resumen; figuras. | 1 |
| A | JP 61070174 A (NIPPON DEV CONSULT) 10.04.1986, resumen; figuras. | 1 |

**Categoría de los documentos citados**

X: de particular relevancia
Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría
A: refleja el estado de la técnica
O: referido a divulgación no escrita
P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud
E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

**El presente informe ha sido realizado**

☒ para todas las reivindicaciones ☐ para las reivindicaciones nº:

| Fecha de realización del informe | Examinador | Página |
|---|---|---|
| 25.06.2008 | J. Galán Mas | 1/1 |