(12) SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACIÓN EN MATERIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organización Mundial de la Propiedad Intelectual
Oficina internacional

(43) Fecha de publicación internacional
7 de septiembre de 2012 (07.09.2012) WIPO | PCT

(10) Número de Publicación Internacional
WO 2012/117135 A1

(51) Clasificación Internacional de Patentes:
F03B 13/24 (2006.01) *F03B 13/14* (2006.01)

(21) Número de la solicitud internacional:
PCT/ES2012/000050

(22) Fecha de presentación internacional:
24 de febrero de 2012 (24.02.2012)

(25) Idioma de presentación: español

(26) Idioma de publicación: español

(30) Datos relativos a la prioridad:
P201100242
28 de febrero de 2011 (28.02.2011) ES

(71) Solicitantes *(para todos los Estados designados salvo US)*: **UNIVERSIDAD DE CANTABRIA** [ES/ES]; Pabellón de Gobierno, Avda. de los Castros, 39005 Santander, cantabria (ES). **FUNDACIÓN INSTITUTO HIDRÁULICA AMBIENTAL DE CANTABRIA** [ES/ES]; Parque Cientifico y Tecnológico de Cantabria, C/Isabel Torres, 50. C.P. 39011, Santander, Cantabria (ES).

(72) Inventores; e

(75) Inventores/Solicitantes *(para US solamente)*: **VIDAL PASCUAL, César** [ES/ES]; Dpto. Ciencias y Técnicas de Agua y del Medio Ambiente, E.T.S. Ingenieros de Caminos, Avda. de los Castros 44, 39005 Santander, Cantabria (ES). **MEDINA SANTAMARIA, Raul** [ES/ES]; Dpto. Ciencias y Técnicas de Agua y del Medio Ambiente, E.T.S. Ingenieros de Caminos, Avda. de los Castros 44, 39005 Santander, Cantabria (ES). **LOSADA RODRIGUEZ, Iñigo** [ES/ES]; Dpto. Ciencias y Técnicas de Agua y del Medio Ambiente, E.T.S. Ingenieros de Caminos, Avda. de los Castros 44, 39005 Santander, Cantabria (ES).

(81) Estados designados *(a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección nacional admisible)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Estados designados *(a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección regional admisible)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europea (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Continúa en la página siguiente]

(54) **Title**: FLOATING STRUCTURE AND INSTALLATION FOR USING THE ENERGY OF THE SURGE OF THE WAVES, USING A FLOATING CATAMARAN WITH SEVERAL OSCILLATING WATER COLUMN CHAMBERS

(54) **Título** : ESTRUCTURA FLOTANTANTE E INSTALACIÓN PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA DE OLEAGE UTILIZANDO UN CATAMARÁN FLOTANTE CON VARIAS CÁMARAS DE COLUMNA DE AGUA OSCILANTE

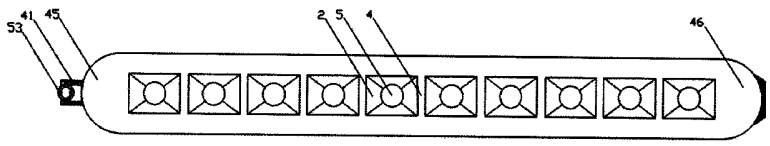

FIGURA 1

(57) **Abstract**: The invention relates to a floating structure for using the energy of the surge of the waves, said structure comprising a plurality of aligned independent oscillating water column (OWC) chambers that are open at the bottom, each chamber (1) communicating with the atmosphere through the top part via a turbogenerator group formed by an air conduit (14) containing a valve for controlling the air flow (16) and a self-rectifying air turbine (15) connected to an alternator (17).

(57) **Resumen**: Una estructura flotante para el aprovechamiento de la energía del oleaje, que comprende múltiples cámaras independientes de columna de agua oscilante (CAO) (1) alineadas, abiertas por el fondo, estando cada cámara (1) comunicada por la parte superior con la atmósfera a través de un grupo turbo-generador formado por un conducto de aire (14), en cuyo interior se ubican una válvula de control del flujo de aire (16) y una turbina de aire auto-rectificadora (15) conectada a un alternador (17).

WO 2012/117135 A1

Declaraciónes según la Regla 4.17:

— *sobre la calidad de inventor (Regla 4.17(iv))*

Publicada:

— *con informe de búsqueda internacional (Art. 21(3))*

— *con reivindicaciones modificadas y declaración (Art. 19(1))*

ESTRUCTURA FLOTANTE E INSTALACIÓN PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA DEL OLEAJE UTILIZANDO UN CATAMARÁN FLOTANTE CON VARIAS CÁMARAS DE COLUMNA DE AGUA OSCILANTE

CAMPO DE LA INVENCIÓN

La presente invención pertenece al campo de los sistemas de conversión de energía de las olas. Más concretamente, la presente invención se refiere a un sistema de conversión de la energía del oleaje en mar abierto

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

El aprovechamiento de la energía del oleaje en mar abierto se viene realizando desde la década de los 70 del siglo pasado mediante prototipos flotantes en superficie o sumergidos.

Los sistemas de mar abierto flotantes se suelen clasificar por el modo en que atrapan la energía del oleaje en a) absorbedores puntuales, b) atenuadores y c) terminadores.

Los absorbedores puntuales, tienen unas dimensiones horizontales muy pequeñas con respecto a la longitud de onda y atrapan el flujo de energía del oleaje que incide directamente sobre el absorbedor y por difracción, parte del flujo de las zonas adyacentes. Dado que el tamaño de estas estructuras es relativamente pequeño, su capacidad de producción también es relativamente baja, mientras que la multiplicidad de estructuras eleva considerablemente los costos de los anclajes.

Los atenuadores, son estructuras flotantes alargadas con una eslora del orden de la longitud de onda del oleaje, mientras que la manga es relativamente reducida. Se orientan de manera que el eje longitudinal es paralelo a la dirección de propagación del oleaje. El flujo de energía es básicamente atrapado por difracción, a medida que el oleaje recorre longitudinalmente el casco. De esta manera, los esfuerzos de arrastre generados por el oleaje son relativamente bajos y por lo tanto lo son las necesidades de anclaje.

Finalmente, los terminadores, son estructuras flotantes con una dimensión longitudinal considerablemente mayor que la transversal y cuyo eje longitudinal es perpendicular a la dirección de propagación del oleaje. Dado que se enfrentan al oleaje, deben soportar grandes esfuerzos en temporales, por lo que los requerimientos de anclaje son muy elevados.

Los sistemas de mar abierto flotantes en superficie necesitan para la captación de energía, amortiguar alguno de los seis modos de oscilación (tres desplazamientos y tres giros) que puede sufrir cualquier cuerpo flotante. Para hacer efectiva la citada amortiguación, una parte de la estructura flotante debe moverse con relación a otra, de manera que se pueda aplicar una amortiguación al movimiento. En la mayoría de los prototipos de extracción de energía del oleaje, las dos partes en movimiento forman parte de la estructura del captador.

Los sistemas Columna de Agua Oscilante (CAO, o OWC, "oscilating water columns" en inglés) flotantes tienen la característica especial de que la amortiguación se realiza directamente entre la estructura rígida del cuerpo flotante y el agua contenida en una cámara conectada con el exterior, de manera que se elimina la necesidad de tener dos partes rígidas unidas por el sistema de amortiguación. Dado que las velocidades del flujo de agua en la cámara son relativamente bajas para su conversión directa en energía, se atrapa en la cámara un volumen de aire, que hace de fluido energético, actuando la columna de agua como un pistón de doble acción, bombeando aire a través de las turbinas en la compresión y aspirando aire desde la atmósfera y a través de las turbinas hacia la cámara.

Si la estructura flotante es un absorbedor puntual de poca masa, el elevado empuje generado por la presión del aire contra la cubierta de la cámara, acelerará la estructura en la dirección del empuje, de manera que aquella seguirá en parte el movimiento de la columna de agua y no se generará apenas bombeo de aire a través de las turbinas. Será necesario pues,

restringir la oscilación del cuerpo flotante en la dirección del movimiento de la columna de agua. Esta restricción se puede realizar de varias maneras: 1) mediante los anclajes de la boya al fondo, 2) Mediante placas estabilizadoras y 3) aumentando la masa de la estructura flotante. Todos los prototipos actuales de columnas de agua oscilantes flotantes utilizan la reacción de los anclajes para restringir la oscilación de la estructura. La razón de esta opción es que la masa necesaria para la restricción de la oscilación es muy elevada, lo que obligaría a una estructura de grandes dimensiones en el caso de optar por la opción 3). A medida que se aumentan las dimensiones de la estructura, aumentan las cargas del oleaje, en una espiral que pronto hace antieconómica la solución.

Una alternativa posible al aumento de masa es la instalación de las cámaras CAO en un atenuador, es decir en una embarcación anclada de manera que se oriente con su eslora paralela a la dirección de propagación del oleaje. Si la eslora es del orden de la longitud de onda del oleaje, cada cámara será puesta en carga por el oleaje con un desfase con respecto a las contiguas, de manera que en un momento determinado, unas cámaras están en succión y otras en compresión, compensándose los esfuerzos verticales y los momentos de cabeceo, minimizando de esa manera las oscilaciones de la estructura, que no necesita una masa extra o la acción de los anclajes para su estabilización.

Otra ventaja añadida es que los arrastres debidos al flujo del oleaje también se compensan parcialmente a lo largo del casco, por lo que los requerimientos de anclaje serán mucho menores (a igualdad de potencia absorbida) que los de los absorbedores puntuales o los terminadores.

Por último, la instalación de múltiples CAOs sobre una única estructura flotante, facilita las labores de mantenimiento de la maquinaria de conversión de la energía neumática en energía

eléctrica: válvulas de control, turbinas, alternadores, electrónica de potencia y transformadores.

Asimismo, la línea de transmisión a tierra será más económica al servir a una potencia mayor.

En la actualidad existen varias patentes en las que se propone un atenuador flotante con varias cámaras OWC, (WO2007131289 (A1) RU2330987 (C2), RO120663 (B1) JP3294663 (A)). Según todas las patentes se colectan los flujos de aire de las cámaras en conductos de alta y baja presión, que se conectan a través de una turbina. Esta disposición tiene varias desventajas frente a la instalación de una turbina en cada cámara, conectada directamente con la atmósfera:

- Se hacen necesarias un par de válvulas de no retorno en cada cámara. Además, para aislar cada cámara y para controlar el movimiento de la columna de agua, se requieren dos válvulas de cierre. Las pérdidas de energía neumática en las válvulas son elevadas y el mantenimiento de las mismas es costoso.
- Para que el diámetro de las turbinas de aire no sea demasiado elevado, se requiere que la diferencia de presión entre los conductos de alta y baja presión sea elevada. Esto obliga a que una cierta parte de la carrera de la columna de agua se pierda en la compresión y descompresión necesarias para superar la presión de los conductos.
- Dado que las cámaras están conectadas con el exterior, se puede producir la entrada de aire desde el exterior, lo que puede descompensar el volumen de aire existente en el sistema.
- Los conductos colectores tienen que ser de un diámetro muy elevado para reducir las pérdidas por rozamiento.

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INVENCIÓN.

En esta descripción, los términos "aproximadamente" o "del orden" deben entenderse como indicando valores muy próximos a los que dicho término acompañe.

La presente invención tiene por objeto una instalación de aprovechamiento de la energía del oleaje formada por una

estructura flotante, que se fondea preferentemente en aguas de la plataforma continental, en profundidades superiores a los 40 m.

La estructura flotante está formada por una serie de cámaras de Columna de Agua Oscilante (CAO), que se disponen alineadas en la estructura, separadas mediante mamparas transversales.

La estructura flotante de la invención es un atenuador, de manera que el fondeo se diseña para que se oriente con el eje longitudinal paralelo a la dirección de incidencia del oleaje.

En cada cámara de CAO la superficie libre del agua oscila en respuesta al oleaje incidente, de manera que la columna de agua actúa como un pistón que comprime o descomprime el aire atrapado entre la superficie libre y el techo de la cámara de CAO. A este aire atrapado en cada cámara de CAO se le denomina cámara de aire.

Para la conversión del flujo de aire en energía, sobre cada cámara de CAO se dispone un grupo turbo-generador formado por 1) una válvula de control del flujo de aire, 2) una turbina de aire auto-rectificadora, 3) un alternador y 4) un conducto de aire que conecta la cámara de aire con la atmósfera y en cuyo interior se disponen los elementos 1 a 3 anteriores.

Estos elementos forman parte a su vez de un sistema de generación de energía eléctrica dispuesto en cada cámara de CAO, que comprende además un bulbo aerodinámico del lado de la cámara de CAO, un bulbo aerodinámico del lado de la atmósfera, un banco de electrónica de potencia, transformadores de baja a media tensión y un sistema de control de generación eléctrica.

Las misiones de la válvula de control son: 1) optimizar el rendimiento de la estructura flotante en condiciones de oleajes poco energéticos, 2) limitar las oscilaciones en la cámara de CAO en condiciones de oleajes operativos de mucha energía y 3) bloquear el movimiento de la columna de agua en condiciones extremas de oleaje, con el grupo turbo-generador no operativo.

Cada cámara de CAO se encuentra abierta por su parte inferior, cerrada por los laterales mediante dos patines de lastre, por los extremos longitudinales por mamparas transversales de doble pared y por encima mediante un techo. El techo de cada cámara tiene una abertura circular donde se inserta el conducto de aire del grupo turbo-generador correspondiente.

Los tanques de lastre están divididos internamente mediante mamparas que permiten la intercomunicación del agua de cada tanque. Las mamparas transversales, en el caso de ser de doble pared, van divididas internamente mediante mamparas en varios tanques estancos.

Cada válvula de control del flujo de aire está montada en una de las embocaduras del conducto de aire de cada grupo turbo-generador.

Cada válvula de control del flujo de aire está controlada por un servoactuador y un PLC programable que determina la posición instantánea de la válvula en función del movimiento de la CAO.

La estructura flotante comprende para cada cámara de CAO un sistema de control del desplazamiento de la válvula de regulación del flujo de aire y de la excitación del alternador, que es alimentado por la información proveniente de:

- al menos un sensor de superficie libre y de presión absoluta, dispuestos en la cubierta de la cámara de CAO,
- al menos un sensor de posición situado en el eje del servoactuador y
- al menos un sensor de velocidad de rotación e intensidad y voltaje de los alternadores.

Las dimensiones de la estructura flotante están relacionadas con los siguientes parámetros del oleaje:

L: Longitud de onda correspondiente al periodo medio anual del oleaje y a la profundidad media en el lugar de fondeo.

Hs95: Altura de ola significante que es superada el 95% del tiempo en el lugar de fondeo.

La longitud de onda determina las dimensiones horizontales de la estructura y la altura de ola Hs95 define parcialmente el calado y el francobordo de la misma.

La eslora de la estructura flotante está comprendida entre aproximadamente 1.0 y aproximadamente 1.5 L. La manga está comprendida entre aproximadamente 0.1 y aproximadamente 0.2 L, aunque esta anchura podrá modificarse en función del rendimiento de las cámaras de CAO y del comportamiento dinámico de la estructura flotante.

El calado máximo de la estructura flotante es superior a aproximadamente Hs95. Este calado determina también el periodo de resonancia de la cámara de CAO, por lo que podrá modificarse en función del clima marítimo en el área de implantación.

La longitud de las cámaras de CAO es aproximadamente L/10.

La distancia vertical entre la línea de flotación y el techo de la cámara de CAO (al nivel de los orificios de inserción del conducto de aire de los grupos turbo-generadores) es superior a aproximadamente Hs95/2.

La estructura flotante se completa con una sección de proa y una sección de popa, divididas en varios niveles. En dichas secciones se disponen elementos auxiliares de seguridad y control que se describen con detalle en el apartado de descripción detallada.

Todos los grupos turbo-generadores se encuentran encerrados en una sala de máquinas cerrada que recorre de proa a popa toda la eslora de la estructura flotante. Esta sala de máquinas y las cubiertas interiores de proa y popa están climatizadas.

Sobre la cubierta superior exterior de la estructura flotante se disponen los elementos del sistema de fondeo, ayudas a la navegación, escalas de abordaje, un helipuerto y sistemas de producción de energía auxiliar que se describen en el apartado de descripción detallada.

La invención que se presenta tiene las siguientes ventajas sobre otros sistemas OWC flotantes patentados o descritos en la literatura:

- La disposición de las cámaras longitudinalmente en una estructura flotante de eslora superior a la longitud de onda hace que dicha estructura actúe de referencia inercial para cada cámara. Esta disposición tiene la ventaja frente a dispositivos de tipo absorbedor puntual de 1) reducir fuertemente los requerimientos de anclaje o de estructuras auxiliares como placas estabilizadoras, que eviten las oscilaciones verticales de la estructura, 2) al orientarse perpendicularmente a los frentes de oleaje, la disposición en atenuador reduce las cargas de arrastre del oleaje a una fracción del mismo orden que el número de cámaras existentes, i.e. en el caso de disponer de 10 cámaras, se reducirían las cargas de anclaje a 1/10 de las existentes en un absorbedor puntual del mismo diámetro que la manga de la estructura flotante propuesta.
- Frente a dispositivos formados por una estructura flotante con cámaras alineadas que colectan los flujos de aire en sendos conductos de alta y baja presión, la disposición propuesta, con un grupo turbo-alternador sobre cada cámara tiene las siguientes ventajas: 1) mayor rendimiento hidrodinámico, al no tener que trabajar las cámaras sobre conductos de alta y baja presión, 2) mayor rendimiento hidrodinámico, por las mejores características de amortiguación que facilitan las turbinas de aire, 3) mayor rendimiento hidrodinámico, por la mejor capacidad de regulación del flujo que facilitan las válvulas reguladoras propuestas, 4) mayor rendimiento hidrodinámico, al eliminar las pérdidas aerodinámicas en las válvulas de retención de alta y baja presión de cada cámara, 5)posibilidad de instalación de grupos de menor tamaño, existentes en el mercado 6) mayor espacio interior en la sala de máquinas, al

desaparecer los grandes conductos colectores de aire de alta y baja presión. 7) mejor operatividad de la planta, dado que la parada de un grupo no afecta a la operación del resto de los grupos.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS.

A continuación se realiza una breve descripción de las figuras. En estas figuras aparecen señalados con números o letras diferentes elementos del CATAIR.

La figura 1 muestra la planta inferior de la estructura flotante.

La figura 2 muestra el alzado lateral de la estructura flotante.

La figura 3 muestra la planta superior de la estructura flotante.

La figura 4.1 muestra la sección vertical por el eje longitudinal de la estructura flotante.

La figura 4.2 muestra la ampliación de la figura 4.1 en la zona de popa.

La figura 4.3 muestra la ampliación de la figura 4.1 en la zona de proa.

La figura 5 muestra la planta de la cubierta de máquinas, retirando la cubierta superior exterior.

La figura 6 muestra la planta superior de una sección de la estructura flotante al nivel de la cubierta -1, por debajo de la sala de máquinas.

La figura 7 muestra el alzado de una sección transversal por el eje de los tanques de lastre.

La figura 8 muestra el alzado de la sección transversal de la estructura flotante por el centro de las cámaras de CAO.

La figura 9 muestra el alzado de una sección transversal ampliada 10 veces por el eje de la turbina.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN.

La presente invención tiene por objeto una instalación de aprovechamiento de la energía del oleaje que comprende una estructura flotante, que se fondea preferentemente en aguas de la plataforma continental, en profundidades superiores a los 40 m.

En lo sucesivo se hace una descripción detallada de una realización concreta de la invención, en la que la estructura flotante se denomina CATAIR.

El CATAIR está formado por una serie de cámaras de Columna de Agua Oscilante (CAO) (1) (figuras 4.1, 6 y 8), que se disponen alineadas en la estructura, separadas mediante mamparas transversales (4) (figuras 1, 4.1, 6 y 8).

El CATAIR es un atenuador, de manera que el fondeo se diseña para que se oriente con el eje longitudinal paralelo a la dirección de incidencia del oleaje.

En cada cámara de CAO (1) la superficie libre del agua oscila en respuesta al oleaje incidente, de manera que la columna de agua actúa como un pistón que comprime o descomprime el aire atrapado entre la superficie libre y la cubierta de la cámara CAO (2) (figuras 1, 4.1 y 8). A este aire atrapado en cada cámara de CAO se le denomina cámara de aire.

Para la conversión del flujo de aire en energía, sobre cada cámara de CAO se dispone un grupo turbo-generador, ver figuras

4.1, 8 y 9, formado por 1) una válvula de control del flujo de aire (16) (figura 9), 2) una turbina de aire auto-rectificadora (15) (figura 9), 3) un alternador (17) (figura 9) y 4) unos conductos de aire (14) (figura 9) y (24) (figura 9) que conectan la cámara de aire con la atmósfera a través de la turbina. Otros elementos que se muestran en la figura 9 son: el carenado externo de los grupos turbo-generadores (19), los distribuidores de la turbina (25) y el carenado interno de los conductos de aire (26).

El sistema o instalación para el aprovechamiento de la energía del oleaje objeto de esta solicitud de patente, comprende preferentemente los siguientes elementos:

1- Una estructura flotante,
2- Un sistema de fondeo,
3- Un sistema de generación eléctrica,
4- Un sistema de monitorización,
5- Un sistema de equipos de comunicaciones,
6- Un sistema de equipos de climatización,
7- Un sistema de equipos auxiliares de generación y almacenamiento de energía,
8- Un sistema de equipos de ayuda al mantenimiento,
9- Un sistema de equipos auxiliares de ayuda a la navegación,
10- Un sistema de abordaje al catamarán,
11- Un sistema de control de la línea de flotación,
12- Un sistema de evacuación de emergencia,
13- Un sistema de detección y extinción de incendios.

A continuación se describen en detalle estos elementos y su funcionamiento en la instalación de aprovechamiento de energía del oleaje.

Estructura flotante.

- En esta descripción se presenta una realización del CATAIR para granjas de energía marina situadas en las plataformas continentales de los océanos de la Tierra. Para

realizaciones en mares menores, será necesario realizar los correspondientes escalados de las dimensiones con L y Hs95.

- La estructura del CATAIR está formada por una sección de proa (45) (figuras 2, 3 y 4.3), una sección de popa (46) (figuras 2, 3 y 4.2) y una serie de cámaras de CAO (1) (figuras 4.1, 6 y 8) alineadas. La separación entre las secciones de proa (45) y popa (46) y las cámaras de CAO (1) y entre las cámaras de CAO, se realiza mediante mamparas transversales de doble pared (4) (figuras 1, 4.1, 6 y 8). En la realización presentada como ejemplo en las figuras, el CATAIR tiene 10 cámaras de CAO (1).
- La eslora del CATAIR es superior a 0.5 L. La manga es superior a 0.1 L. En la realización presentada en las figuras, la eslora es aproximadamente de unos 170 m, de los cuales aproximadamente unos 150 m, corresponden a la zona de las cámaras de CAO (1) (figuras 4.1, 6 y 8) y 20 m a las secciones de proa (45) (figuras 2, 3 y 4.3) y popa (46) (figuras 2, 3 y 4.2), cilíndricas y con un diámetro igual a la manga del CATAIR. La manga en la realización presentada en las figuras es de 20 m.
- Las cámaras de CAO (1) (figuras 4.1, 6 y 8) están abiertas por el fondo, cerradas transversalmente por dos tanques de lastre (3) (figura 8), cerradas longitudinalmente por las mamparas transversales (4) (figuras 1, 4.1, 6 y 8) y cerradas por la parte superior mediante una cubierta tronco-cónica (2) (figuras 1, 4.1 y 8) que realiza la transición entre la sección paralelepipédica de la cámara de CAO y el orificio circular (5) (figuras 1, 5 y 8) donde se inserta el conducto de aire de los grupos turbo-generadores.
- La distancia vertical entre la línea de flotación en el interior de cada cámara de CAO y la parte más elevada de la cubierta de la cámara de CAO (2) (figuras 1, 4.1 y 8) (donde se inserta el conducto de aire del grupo generador) es superior a Hs95/2. En la realización presentada en las figuras

esta altura es de 5 m. La sección tronco-cónica de la cubierta de la cámara de CAO (2) se inicia aproximadamente a la mitad de esta altura.

- La anchura transversal de las cámaras de CAO (1) (figuras 4.1, 6 y 8) está comprendida entre L/10 y L/20. En la realización que se presenta en las figuras, la anchura de las cámaras de CAO es de 10 m. La longitud de las cámaras CAO (1) está comprendida entre L/7 y L/15. En la realización presentada en las figuras, las cámaras tienen 13 m de longitud.
- La anchura de los tanques de lastre (3) (figura 8) es la necesaria para asegurar la flotación y estabilidad del CATAIR. En esta realización la anchura de cada tanque de lastre (3) es de 5 m.
- Cada sección de un tanque de lastre (3) (figura 8) del CATAIR situada entre las dos mamparas transversales (4) Figuras 1, 4.1, 6 y 8 que separan las cámaras de CAO (1) (figuras 4.1, 6 y 8), está dividida en varias cámaras intercomunicadas (47) (figuras 6, 7 y 8) y se utilizan para el control de la línea de flotación.
- El calado máximo del CATAIR es superior a aproximadamente Hs95, para asegurar que las cámaras de CAO no se descarguen en operación con oleajes elevados. Para la realización mostrada en las figuras se ha elegido un calado máximo de 10 m.
- Las mamparas transversales (4) (figuras 1, 4.1, 6 y 8) en el caso de ser de doble pared, se dividen internamente en varias cámaras estancas (11) (figuras 6 y 7). En la realización que se presenta en las figuras, la anchura elegida es de 2 m.
- Sobre la cubierta de las cámaras de CAO (2) (figuras 1, 4.1 y 8) y cerrando por encima los tanques de lastre (3) (figura 8) y las mamparas transversales (4) (figuras 1, 4.1, 6 y 8), se dispone una cubierta de máquinas (9) (figuras 4.2, 4.3, 5, 7 y 8) que ocupa toda la eslora y manga del CATAIR,

incluyendo las secciones de proa (45) (figuras 2, 3 y 4.3) y popa (46) (figuras 2, 3 y 4.2).

- En la cubierta de máquinas (9) (figuras 4.2, 4.3, 5, 7 y 8) se abren las escotillas de acceso a los tanques de lastre (81) (figuras 5 y 7) que facilitan el acceso mediante una escala (87) (figura 7) a pasarelas horizontales (86) (figura 7) situadas sobre los tanques de lastre (3) (figura 8) y mamparas transversales (4) (figuras 1, 4.1, 6 y 8). Se dispone una escotilla de acceso (81) y escala (87) por cada tanque de lastre (3) y mampara transversal (4).
- Sobre la cubierta de máquinas se dispone la sala de máquinas (12) (figuras 4.1 y 8). La sala de máquinas se cierra por su parte superior mediante un techo que constituye la cubierta superior exterior (10) (figuras 2, 3, 4.1 y 8). Esta cubierta superior exterior tiene dos paños inclinados en las bordas de babor y estribor (51) (figuras 2 y 3), a todo lo largo de la eslora, excepto en las secciones de proa y popa. La altura libre en el interior de la sala de máquinas es la suficiente para las operaciones de instalación y mantenimiento de los grupos turbo-generadores.
- El francobordo, definido como la distancia entre la línea de flotación y la cubierta superior exterior (10) (figuras 2, 3, 4.1 y 8) es superior a aproximadamente Hs95. En la realización presentada en las figuras, el francobordo elegido es de 9 m.
- En los sectores de proa (45) (figuras 2, 3 y 4.3) y popa (46) (figuras 2, 3 y 4.2) se diferencian al menos los siguientes niveles o cubiertas, de abajo arriba: sentina (6) (figuras 4.2, 4.3 y 7), cubierta -2 (7) (figuras 4.2 y 4.3), cubierta -1 (8) (figuras 4.2 y 4.3), cubierta de máquinas (9) (figuras 4.2, 4.3, 5, 7 y 8) (que se extiende a lo largo de todo el CATAIR) y cubierta superior exterior (10) (figuras 2, 3, 4.1 y 8).

- Las sentinas (6) (figuras 4.2, 4.3 y 7), las cubiertas -2 (7) (figuras 4.2 y 4.3) y las cubiertas -1 (8) (figuras 4.2 y 4.3) de los sectores de proa y popa son accesibles desde la cubierta de máquinas (9) (figuras 4.2, 4.3, 5, 7 y 8) mediante un hueco de carga (48) (figuras 5 y 6) y una escalera (49) (figuras 5 y 6).
- En el sector de popa de la cubierta superior exterior se ubica la escotilla de carga y acceso al CATAIR (13) (figura 3) mediante una escala (50) (figuras 4.2 y 7).
- Sobre la cubierta superior exterior (10) (figuras 2, 3, 4.1 y 8) y rodeando el orificio del tramo de cada conducto de aire turbina-atmósfera (24) (figura 9) de los grupos turbo-generadores, se dispone un cilindro de inserción coaxial (34) (figuras 2, 3, 4.1 y 8) con el conducto de aire (24). Este cilindro (34) tiene como misión: 1) Sujetar la parte superior del conducto de aire de los grupos turbo-generadores, 2) proteger el conducto de aire turbina-atmósfera (24) de las olas que barran la cubierta superior exterior (10) y 3) evitar ingestiones masivas de agua por el conducto de aire turbina-atmósfera (24). Para cumplir este objetivo, la distancia entre la línea de flotación y el borde superior del cilindro de inserción (34) deberá ser superior a Hs95 y sobresalir un mínimo de 2 m por encima de la cubierta superior exterior (10). En la realización que se presenta en las figuras, la distancia desde la línea de flotación al borde superior del cilindro de inserción (34) es de 11.3 m y la altura del cilindro de inserción sobre la cubierta superior exterior es de 2.3 m.
- Sobre la cubierta superior exterior (10) (figuras 2, 3, 4.1 y 8) del CATAIR se instalan la estructura de izado y enganche (41) (figuras 1, 2, 3 y 4.3) de la boya de fondeo (42) (figuras 2, 3 y 4.3) y equipos de largado e izado de la boya de fondeo (42), los equipos de ayuda a la navegación, estación meteorológica (37) (figuras 2, 3 y 4.1), generadores

fotovoltaicos (38) (figura 3), aerogeneradores (39) (figuras 2, 4.1 y 8), escalas de abordaje al CATAIR (44) (figuras 2 y 3), un helipuerto (40) (figuras 2, 3, 4.2), y la escotilla de carga y acceso al CATAIR (13) (figura 3), tal como se describe más adelante.

2. Sistema de fondeo.

- El CATAIR se fondea por proa a una boya de fondeo (42) (figuras 2, 3 y 4.3) mediante una estructura de izado y enganche (41) (figuras 1, 2, 3 y 4.3). La conexión de la boya de fondeo (42) a la estructura de izado y enganche dispone de un sistema cardan (53) (figuras 1, 2, 3 y 4.3) que permite los giros relativos (cabeceo y balance) entre la boya de fondeo y el CATAIR así como el libre giro del CATAIR alrededor de la boya de fondeo. De esta manera, el CATAIR se auto-orienta en función de los arrastres generados por el viento, oleaje y corrientes. La boya de fondeo (42), por su parte, se ancla mediante un sistema flexible compuesto por al menos tres muertos o anclas (54) (figura 2), y líneas de anclaje de cadenas en catenaria (55) (figuras 2, 3 y 4.3).
- Sobre la estructura de izado y enganche (41) (figuras 1, 2, 3 y 4.3) se dispone un cabrestante (56) (figuras 2, 3 y 4.3) que facilita la maniobra de izado de la boya y enganche al cardan. Asimismo, sobre dicha estructura se ubicará el conector del cable de transmisión eléctrica y comunicaciones (33) (figura 4.3) del CATAIR.

3. Sistema de generación eléctrica.

- La generación de energía eléctrica en el CATAIR se realiza aprovechando el flujo de aire producido por la compresión y expansión del aire contenido en las cámaras de CAO (1) (figuras 4.1, 6 y 8). Dicho flujo mueve una turbina de aire auto-rectificadora (15) (figura 9) unida mediante un eje (18) (figura 9) a un alternador (17) (figura 9). La energía

generada, en baja tensión, pasa por un banco de electrónica de potencia (28) (figuras 4.1, 5) que sincroniza la generación con la red. Una vez sincronizada la generación, se eleva la tensión mediante transformadores de baja a media tensión (30) (figura 5) y la energía generada se envía a tierra a través del cable submarino y de comunicaciones (52) (figuras 2, 3 y 4.3). En detalle, cada grupo del sistema de generación eléctrica está formado por los siguientes elementos:

- ✓ Conducto de aire entre la cámara y la turbina (14) (figura 9)
- ✓ Conducto de aire y entre la turbina y la atmósfera (24) (figura 9)
- ✓ Bulbo aerodinámico del lado de la cámara de CAO (21) (figura 9)
- ✓ Bulbo aerodinámico del lado de la atmósfera (20) (figura 9)
- ✓ Turbina de aire auto-rectificadora (15) (figura 9)
- ✓ Alternador, (17) (figura 9)
- ✓ Válvula de control del flujo de aire (16) (figura 9)
- ✓ Banco de electrónica de potencia (28) (figuras 4.1 y 5)
- ✓ Transformadores de baja a media tensión (30) (figura 5)
- ✓ Un sistema de control de generación eléctrica (57) (figuras 4.2 y 6)

➢ Todo el hardware del sistema de generación eléctrica es adquirido en el mercado. La diferencia fundamental existente en la actualidad entre las diferentes opciones existentes en el mercado corresponde al tipo de turbina de aire. La potencia instalada en los alternadores en esta realización será aproximadamente de 500 KW por grupo.

➢ En la actualidad existen varios tipos de turbinas de aire auto-rectificadoras en el mercado: las Wells de álabe fijo, Wells de álabes orientables, la Dennis Auld de álabes orientables y la turbina de radio variable de Peter Brotherhood (ahora Dresser-Rand Co. Ltd.). Cada uno de estos

fabricantes facilita el equipo de potencia completo (turbina-alternador y banco de electrónica). Para una realización como la mostrada en la figuras, con turbinas auto-rectificadoras de radio variable de Peter Brotherhood de 500 KW, el diámetro exterior de las embocaduras de los conductos de aire (14) (figura 9) y (24) (figura 9) es, aproximadamente, 6 m. El conjunto formado por los conductos de aire (14) y (24), válvulas de control del flujo de aire (16) (figura 9), turbina de aire auto-rectificadora (15) (figura 9) y alternador (17) (figura 9) se monta verticalmente sobre el orificio de la cubierta de la cámara de CAO (5) (figuras 1, 5 y 8). La altura total del conjunto es de, aproximadamente, 6 m. Este conjunto forma lo que se ha denominado grupo turbo-generador.

- La electrónica de potencia, que regula el alternador (17) (figura 9) y que pone en sincronía con la red la corriente eléctrica generada, es suministrada por el fabricante de los grupos turbo-generadores y está dispuesta en armarios situados en la sala de máquinas, junto a los grupos turbo-generadores, a razón de un banco de electrónica de potencia (28) (figuras 4.1 y 5) por grupo turbo-generador.
- La conducción eléctrica (27) (figura 5) desde los alternadores (17) (figura 9) a los bancos de electrónica de potencia (28) (figuras 4.1 y 5) es en baja tensión y no está en sincronía con la red. La salida en baja tensión desde los bancos de electrónica de potencia (28) correspondientes a dos grupos se conecta mediante la conducción (29) (figura 5) a un transformador de baja a media tensión (30) (figura 5). Desde cada transformador, las conducciones de media tensión (31) (figura 5) se colectan en un cable (32) (figura 5) que corre a lo largo de la sala de máquinas del CATAIR hasta la sección de proa, por donde sale al exterior bajo la estructura de izado de la boya de fondeo, donde se sitúa el conector con el cable submarino (33) (figura 4.3).

- La válvula de control del flujo de aire (16) (figura 9) regula la amortiguación de la CAO y el flujo de aire a la turbina de aire auto-rectificadora (15) (figura 9) y protege la turbina contra posibles ingestiones de agua desde la cámara CAO (1) (figuras 4.1, 6 y 8). Esta válvula de control del flujo de aire (16) está motorizada y se sitúa en la boca del conducto de aire (14) (figura 9), del lado de la cámara de CAO. La válvula de control (16) del flujo de aire tiene forma tórica con sección transversal en ala simétrica, y su desplazamiento es vertical, encajando en el conducto de aire (14), con el eje (23) (figura 9) del toro alineado con el eje del conducto de aire (18) (figura 9).
- El desplazamiento de la válvula de control del flujo de aire (16) (figura 9) es realizado por un servoactuador lineal eléctrico (22) (figura 9) dispuesto en el interior del bulbo inferior (21) (figura 9) de los conductos de aire.
- La válvula de control del flujo de aire (16) (figura 9) estará siempre trabajando contra un sistema de seguridad de gravedad (58) (figura 9) que asegure que, en caso de fallo del sistema de control, o de corte de energía eléctrica, la válvula cierre automáticamente el paso del aire, deteniendo la oscilación en la CAO.
- El sistema de control de la generación eléctrica está formado por el sistema de control de la válvula de regulación del paso de aire (16) (figura 9) y por el sistema de control de la excitación del alternador. El control de la generación eléctrica está realizado por un Controlador Lógico Programable (PLC) ubicado en la cubierta-1 de la sección de popa del catamarán (57) (figuras 4.2 y 6). Este PLC podrá ser programado y monitorizado in situ o desde una base de control situada en tierra. Este sistema de control PLC genera las señales de comando para la válvula de control de paso de aire y para la excitación del alternador.

- El sistema de control del desplazamiento de la válvula de regulación del flujo de aire (16) (figura 9) y de la excitación del alternador es alimentado por la información proveniente de sensores de superficie libre (L) (figuras 4.1 y 5) y de presión absoluta (P) (figuras 4.1, 4.2, 4.3 y 5) dispuestos en la cubierta de la cámara de CAO, por la información procedente de un sensor de posición (X) (figura 9) situado en el eje del servoactuador (22) (figura 9) y por la información de los sensores de velocidad de rotación (G) (figura 9) e intensidad (I) (figura 5) y voltaje (V) (figura 5) de los alternadores (17) (figura 9). La información adquirida por estos sensores permiten al programa de control determinar la posición y velocidad de la superficie libre de la CAO, la posición de la válvula de control del paso de aire y la excitación del alternador.
- Cuando la información de los sensores anteriores indique que no es probable que la CAO pueda alcanzar la cubierta de la cámara, el programa de control determinará la posición instantánea de la válvula de control del flujo de aire (16) (figura 9) que facilite una amortiguación de la CAO óptima desde el punto de vista de la optimización de la energía producida.
- En el caso que la información proveniente de los sensores indique que es probable que la CAO alcance la cubierta de la cámara de CAO o si la potencia del flujo de aire supera la capacidad de la turbina, el programa de control de la válvula cerrará el paso, aumentando la amortiguación y frenando el movimiento de la CAO.
- En situaciones de oleaje extremo, cuando se prevea que los rebases del oleaje sobre la estructura puedan inundar los conductos de aire turbina-atmósfera, o que puedan descargarse las cámaras en senos muy profundos, se detendrá la operación de los grupos generadores y las válvulas de control del flujo de aire (16) (figura 9) se cerrarán hasta un mínimo que

mantenga las oscilaciones del agua en las cámaras de CAO en valores inferiores a la carrera disponible, evacuándose parte del flujo de aire a través de los turbo-generadores parados y reduciendo con ello las presiones máximas en las cámaras de aire.

➢ En caso de que al paso de un seno muy profundo se pusiera en comunicación la atmósfera con la parte inferior de la columna de agua, descargándose al exterior y entrando aire en la cámara, la apertura parcial de las válvulas de regulación facilitará la restauración del equilibrio en la cámara.

4. Sistema de monitorización.

➢ El funcionamiento del CATAIR está controlado por una serie de sensores que facilitan al sistema de control la información necesaria para realizar la regulación de los diferentes sistemas o para determinar el correcto funcionamiento de los mismos. El sistema de monitorización del CATAIR comprende al menos los siguientes grupos de sensores:

4.1. Sensores de control de los grupos turbo-generadores,
4.2. Sensores de control de la electrónica de potencia
4.3. Sensores de control de las salidas de media tensión
4.4. Sensores de control de la salida del cable submarino
4.5. Sensores de control de las válvulas de control del flujo de aire y del movimiento de la CAO,
4.6. Sensores de control del lastre,
4.7. Sensores de control de los aerogeneradores,
4.8. Sensores de control de los paneles FV,
4.9. Sensores de nivel de energía de reserva,
4.10. Sensores meteorológicos,
4.11. Sensores de oleaje,
4.12. Sensores de control de la climatización,
4.13. Sensores de fuerza en los anclajes y tensión en el casco,
4.14. Sensores de movimiento del CATAIR,
4.15. Sensores del sistema antiincendios

4.1. Sensores de control de los grupos turbo-generadores:

El número y tipo de estos sensores viene determinado por el fabricante de los grupos turbo-generadores. Como mínimo, se montarán los siguientes sensores en cada grupo turbo-generador:

- ✓ 1 sensor de velocidad de giro (10 sensores en total) (G) (figura 9).
- ✓ 1 sensor de intensidad (I) (figura 5) y 1 de voltaje (V) (figura 5) de salida de baja tensión (20 sensores en total).

4.2. Sensores de control de la electrónica de potencia

Los sensores instalados en la electrónica de potencia dependen del fabricante de los grupos. Como mínimo se instalan los siguientes sensores:

- ✓ 1 sensor de intensidad (I) (figura 5) y 1 de voltaje (V) (figura 5) en la salida de cada grupo de electrónica de potencia (10 sensores de cada clase en total).

4.3. Sensores de control de las salidas eléctricas de media tensión

Cada dos grupos turbo-generadores se dispone como mínimo los siguientes sensores en los cables de salida de los transformadores de baja a media tensión:

- ✓ 1 sensor de intensidad (I) (figura 5) y 1 de voltaje (V) (figura 5) de salida de los transformadores de baja-media tensión (5 sensores de cada clase en total).

4.4. Sensores de control de la salida eléctrica al cable submarino.

Antes de la salida al exterior del cable de media tensión, se dispone como mínimo los siguientes sensores en el cable:

- ✓ 1 sensor de intensidad (I) (figur 5) y 1 de voltaje (V) (figura 5) en el cable de transmisión eléctrica de alta

tensión, antes de la conexión con el cable submarino (1 sensor de cada clase en total).

4.5. Sensores de control de las válvulas de control del flujo de aire y CAOs:

Como se ha indicado anteriormente, en la cubierta de cada cámara de CAO se disponen como mínimo los siguientes sensores:

- ✓ 4 sensores de posición de la superficie libre (L) (figura 5) en cada cámara CAO (40 sensores en total),
- ✓ 2 sensores de presión absoluta (P) (figura 5) en cada cámara CAO (20 sensores en total),
- ✓ 1 sensor de posición (X) (figura 9) en cada actuador de la válvula de control de paso de aire (10 sensores en total).

4.6. Sensores de control de lastre:

El control del lastre en cada tanque de lastre (situado en los patines del CATAIR) se realizará mediante al menos:

- ✓ 1 sensor de posición de la superficie libre (L) (figura 5) en cada tanque de lastre (20 sensores en total).
- ✓ 1 sensor de presión absoluta (P) (figuras 4.2 y 4.3) en las sentinas de proa y popa (2 sensores en total).
- ✓ 1 sensor de presión absoluta (P) (figura 4.1) en el tanque de cada mampara transversal (10 sensores en total).

4.7. Sensores de control de los aerogeneradores:

Los sensores instalados en los aerogeneradores del sistema de energía auxiliar dependerán del fabricante. Como mínimo, se cuenta con los siguientes sensores en cada aerogenerador:

- ✓ 1 sensor de intensidad (I) (figura 4.1) y 1 de voltaje (V) (figura 4.1) de salida (4 sensores de cada clase en total),
- ✓ 1 sensor de velocidad de giro (G) (figura 2) (4 sensores en total),
- ✓ 1 anemómetro (A) (figuras 2, 4.1 y 8) (velocidad y dirección) (4 anemómetros en total).

4.8. Sensores de control de los paneles FV:

Los sensores instalados en los paneles fotovoltaicos del sistema de energía auxiliar dependerán del fabricante. Como mínimo se instalan los siguientes sensores:

- ✓ 1 sensor de intensidad (I) y 1 de voltaje (V) de salida de cada grupo de paneles solares (9 sensores de cada clase en total).

4.9. Sensores de nivel de energía de reserva:

Los sensores montados en el sistema de baterías del sistema de generación auxiliar (67) (figura 4.2) dependen del suministrador. Como mínimo se cuenta con los siguientes sensores para cada grupo de baterías:

- ✓ 1 sensor de voltaje (V) (10 sensores en total).

4.10. Sensores meteorológicos:

El CATAIR cuenta con una estación meteorológica situada en la zona cercana a la popa de la cubierta superior. Los sensores con los que cuenta esta estación son al menos (ver figura 4.1):

- ✓ 1 barómetro (B),
- ✓ 1 sensor de humedad atmosférica relativa (H),
- ✓ 1 sensor de temperatura (T),
- ✓ 1 sensor de radiación solar incidente (S),
- ✓ 1 anemómetro (A)(velocidad y dirección).

4.11. Sensores de oleaje y corrientes.

El CATAIR lleva montados al menos los siguientes sensores de oleaje y corrientes:

- ✓ 1 sensor de oleaje direccional (HF radar) (R) (figuras 2 y 4.1)
- ✓ 1 perfilador doppler de corriente 3D (D) (figura 4.3).

4.12. Sensores de control de la climatización:

Los sensores montados en los equipos de climatización dependerán del fabricante. Los sensores de ambiente interior del CATAIR son, como mínimo:

- ✓ 11 sensores de temperatura ambiente interior (T) (figuras 4.1, 4.2 y 4.3),
- ✓ 11 sensores de humedad ambiente relativa interior (H) (figuras 4.1, 4.2 y 4.3),
- ✓ 20 sensores de temperatura del agua en los tanques de lastre (T) (figura 4.1).

4.13. Sensores de fuerza en los anclajes y tensión en el casco:

En las versiones de prueba del CATAIR, el casco y las líneas de anclaje van instrumentados para determinar esfuerzos y tensiones. Como mínimo se instalan los siguientes sensores:

- ✓ 20 sensores de deformación en el casco (F) (figura 5),
- ✓ 4 sensores de deformación en el cardan de anclaje (F) (figura 3).

4.14. Sensores de movimiento y posición del CATAIR:

Como mínimos se disponen los siguientes:

- ✓ 1 sensor inercial de seis modos de movimiento (M) (figuras 4.1 y 5),
- ✓ 1 GPSD (Y) Figuras 2 y 4.1.

4.15. Sensores del sistema antiincendios:

Los sensores del sistema antiincendios vienen determinados por la legislación de seguridad marítima vigente. Como mínimo se instalan:

- ✓ 17 sensores detectores de humos (U) (figuras 4.1, 4.2 y 4.3),
- ✓ 17 sensores detectores de CO (O) (figuras 4.1, 4.2 y 4.3).

➢ Las señales de estos sensores se envían al centro de control remoto en tierra, a través del cable submarino y/o inalámbricamente. Los sensores pueden ser monitorizados en tiempo real desde la sala de control del CATAIR (43) (figuras 4.2 y 6) situada en la cubierta -1 de la popa del CATAIR, o desde la base en tierra.

5. Sistema de equipos de comunicaciones.

➢ El CATAIR comprende al menos un sistema de comunicaciones que permite monitorizar su estado y modificar de forma remota los parámetros de control de las turbomáquinas, válvulas de control del flujo de aire de los grupos, electrónica de potencia etc. La comunicación con la base de tierra se realiza en condiciones operativas, a través de un cable, por ejemplo de fibra óptica integrado en el cable submarino (52) (figuras 2, 3 y 4.3). En caso de fallo de este sistema, el catamarán dispone de varios sistemas de comunicaciones inalámbricas redundantes (VHF, telefonía satélite, Wifi) para una completa seguridad en las comunicaciones.

➢ Los equipos de comunicaciones se disponen en la sala de control de la cubierta -1 de la sección de popa del catamarán (43) (figuras 4.2 y 6). Las antenas (36) (figuras 2, 3 y 4.1) del sistema inalámbrico de comunicaciones se disponen en la cubierta exterior superior (10) (figuras 2, 3, 4.1 y 8) del CATAIR. El cable de comunicaciones de fibra óptica (59) (figura 4.1) comunica la sala de control de popa con la conexión del cable submarino situada en la proa del catamarán (33) (figura 4.3).

➢ El sistema de comunicaciones comprende por tanto:

- al menos un sistema de transmisión de fibra óptica, a través del cable submarino,
- al menos un sistema de transmisión inalámbrico vía satélite o por VHF

En operación normal, la comunicación con los sistemas del catamarán se realiza mediante fibra óptica. Los sistemas inalámbricos solo se utilizarán en caso de fallo del sistema principal.

6. Sistema de equipos auxiliares de climatización (figuras 4 y 5).

➢ La sala de máquinas y las cubiertas interiores de proa y popa del CATAIR están climatizadas. El sistema de climatización comprende al menos los siguientes elementos:

- Sistema de renovación del aire interior
- Sistema de deshumidificación y refrigeración

A continuación se describen estos sistemas:

6.1 Sistema de renovación del aire interior

Toda la cubierta de máquinas del catamarán y las cubiertas -1, -2 y sentinas de proa y popa del CATAIR están aisladas del exterior. Una toma de aire exterior (60) (figura 4.2), situada en la zona de popa del catamarán, bajo el helipuerto (40) (figuras 2, 3 y 4.2) asegura la renovación de aire en la sala de máquinas. Unos conductos verticales de ventilación (61) (figuras 4.2 y 4.3) aseguran la ventilación de las cubiertas -1, -2 y sentinas de los sectores de proa y popa con la atmósfera climatizada de la sala de máquinas.

6.2 Sistema de deshumidificación y refrigeración

La humedad y temperatura del ambiente interior se controla mediante seis equipos de bomba de calor (62) (figuras 4.1 y 5) dispuestos en la sala de máquinas. Los sensores de humedad (H) (figuras 4.1, 4.2 y 4.3) y temperatura (T) (figuras 4.1, 4.2 y 4.3) repartidos por la sala de máquinas y cubiertas de proa y popa alimentan al sistema de control de funcionamiento de estos equipos, que se sitúa en la sala de control (43) (figuras 4.2 y 6). Estos equipos funcionan en circuito cerrado de aire, realizando el intercambio de calor mediante un

circuito de refrigeración (63) (figura 5) e intercambiadores (64) (figura 6) sumergidos en el agua de los tanques de lastre.

7. Sistema de equipos auxiliares de generación y almacenamiento de energía.

➢ El CATAIR está dotado de un sistema de generación auxiliar que complementa al de generación principal o suministra energía a los sistemas de CATAIR cuando el sistema de generación principal se encuentra parado y no puede recibirse energía por el cable de transmisión a tierra.

Este sistema comprende al menos los siguientes subsistemas:

- Generadores fotovoltaicos (38) (figura 3)
- Aerogeneradores (39) (figuras 2, 4.1 y 8)
- Regulador de continua (65) (figura 4.2)
- Inversores (66) (figura 4.2)
- Baterías (67) (figura 4.2)
- Transformador de baja a media tensión del sistema de generación auxiliar (68) (figura 5)
- Transformador de media a baja tensión del sistema de generación auxiliar (69) (figura 5)
- Regulador de alterna (70) (figura 4.2)
- Rectificador de baja tensión (71) (figura 4.2)
- Células de combustible de hidrógeno (72) (figura 5)
- Red de distribución auxiliar de baja tensión

A continuación se describen estos sistemas:

7.1 Generadores fotovoltaicos (38) (figura 3)

El sistema de generación FV del CATAIR comprende:

- Paneles fotovoltaicos sujetos a la cubierta superior exterior del CATAIR. En la realización que se presenta en las figuras, la superficie máxima utilizable es, aproximadamente, 50 m^2 por cámara, por lo que, para un CATAIR de 10 cámaras como el representado en las figuras, la superficie máxima de paneles es de, aproximadamente, 450 m^2, con una potencia

instalada total de unos 54 KW. Estos paneles se organizan en 9 grupos de 50 m^2, con 6 KW por grupo.

7.2 Aerogeneradores (39) (figuras 2, 4.1 y 8)

En la realización del CATAIR que se presenta en las figuras, este sistema comprende 4 aerogeneradores de unos 15 KW cada uno, totalizando unos 60 KW de potencia instalada. La salida eléctrica de los aerogeneradores es en continua al voltaje de las baterías. Estos aerogeneradores se instalan sobre sendos mástiles dispuestos en la cubierta superior exterior.

7.3 Regulador de continua (65) (figura 4.2)

Las salidas en continua de cada grupo de paneles (9 grupos de 6 KW) y de cada aerogenerador (4 de 15 KW) pasan por el correspondiente regulador que deriva la energía producida hacia los grupos de baterías o hacia la red de baja tensión auxiliar. Los reguladores se instalan en la cubierta -2 de la sección de popa del CATAIR.

- *7.4 Inversores (66) (figura 4.2)*

Los inversores se encargan de transformar la corriente continua de salida de los reguladores o de las baterías en alterna en sincronía con la RE (red eléctrica) y baja tensión, para su utilización en la red de distribución eléctrica auxiliar. Los inversores se instalan en la cubierta -2 de la sección de popa del CATAIR.

7.5 Baterías del sistema auxiliar de reserva (67) (figura 4.2)

Las baterías se cargan con el flujo derivado desde los reguladores de continua y se disponen en la cubierta -2 de la zona de popa del catamarán. Las baterías se organizan en al menos 10 grupos conectados en paralelo. Estas baterías se cargan indistintamente con la energía producida por: 1) los aerogeneradores, 2) los paneles fotovoltaicos 3) por la célula de combustible de hidrógeno o 4) por la red de media tensión

exterior. La capacidad de las baterías es suficiente para alimentar los sistemas auxiliares (monitorización y climatización) al menos durante 1 día.

7.6 Transformador de baja a media tensión del sistema de reserva (68) (figura 5)

La energía generada por los sistemas auxiliares que no es utilizada por la red de baja tensión se envía al exterior a través de un transformador de baja a media tensión instalado en la sección de popa de la cubierta de máquinas de CATAIR.

7.7 Transformador de media a baja tensión del sistema de reserva (69) (figura 5)

En el caso de que las baterías no puedan ser cargadas por el sistema auxiliar, se cargan con energía tomada del colector de media tensión, a través de un transformador de media a baja tensión situado en la cubierta de máquinas de la sección de popa del CATAIR.

7.8 Regulador de alterna (70) (figura 4.2)

A la salida del transformador de media a baja tensión se dispone un regulador de alterna que alimenta directamente la red auxiliar de baja tensión o desvía el flujo a un rectificador de baja tensión a continua (71) (figura 4.2) para la carga de las baterías. El regulador de alterna se dispone en la cubierta -2 de la sección de popa del CATAIR.

7.9 Rectificador de baja tensión a continua (71) (figura 4.2)

El rectificador de baja tensión a continua permite realizar la carga de las baterías con la energía de la red exterior (a través del transformador de media a baja tensión, regulador de alterna y rectificador). Se dispone en la cubierta -2 de la sección de popa del CATAIR.

7.10 Red de distribución auxiliar de baja tensión

Esta red está alimentada por el colector de media tensión o por el sistema de generación eléctrica auxiliar. La red de distribución auxiliar de baja tensión permite la conexión en cualquier punto del CATAIR de los equipos de monitorización, de iluminación general y de emergencia, herramientas de mantenimiento, sistema de climatización y bombas de trasvase de lastre.

7.11 Célula de combustible (72) (figura 5)

Una célula de combustible de hidrógeno permite mantener los sistemas auxiliares (climatización y monitorización) al menos durante 7 días. Los depósitos de hidrógeno y la célula de combustible se alojan en la sección de popa de la cubierta de máquinas del CATAIR.

➢ Los equipos auxiliares de generación y almacenamiento de energía mantienen operativos los equipos conectados a la red eléctrica auxiliar (monitorización y climatización) en el caso de fallo o parada de la conexión a tierra vía cable submarino. En operación normal, los sistemas auxiliares de generación incorporarán su producción energética al sistema de generación principal.

8. Sistema de equipos de ayuda al mantenimiento.

➢ Dado que la mayor parte del mantenimiento se realiza a bordo del catamarán, este dispone de los elementos auxiliares necesarios para la realización del mismo, que son al menos:

- camarote con capacidad para hasta cuatro personas (73) (figura 6), con aseo (ducha, lavabo y WC químico) (74) (figura 6) y depósitos de agua potable (75) (figura 6). Estos elementos se sitúan en la cubierta -1 de la sección de popa del catamarán, junto a la sala de control,
- armarios de herramientas y mesa de trabajo, situados en la cubierta -1 de la sección de popa del CATAIR,

- carretilla elevadora eléctrica (35) (figura 5), que se estiba en la cubierta de máquinas, para el transporte de cargas en la citada cubierta.

9. Sistema de equipos auxiliares de señalización y ayudas a la navegación.

➢ El catamarán dispone sobre la cubierta superior las luces y reflectores de radar que requiera la normativa marítima para la correcta señalización del fondeo en particular, el CATAIR dispondrá de:

- Luces de posición, (76) (figuras 2, 4.1 y 8) ubicadas sobre los generadores eólicos.
- Reflectores de radar, (77) (figuras 2, 4.1 y 8) ubicados sobre los generadores eólicos, junto a las luces de posición.

➢ La operación de las luces de señalización puede ser programada y monitorizada desde la sala de control del catamarán o desde la sala de control remota.

10. Sistema de abordaje al CATAIR.

➢ El abordaje al CATAIR se puede realizar desde una embarcación o mediante helicóptero. El sistema de abordaje al CATAIR comprende al menos los siguientes elementos:

- dos escalas fijas dispuestas a babor y estribor, en la parte central del catamarán (44) (figuras 2 y 3),
- Luces de iluminación de las escalas de abordaje, situadas sobre las escalas (cuatro focos en total) (78) (figuras 2 y 3)
- un helipuerto (40) (figuras 2, 3 y 4.2) situado sobre la cubierta superior exterior de la sección de popa del catamarán,
- Luces de señalización de la pista del helipuerto, (79) (figura 3)
- Luces de iluminación de la cubierta, situadas en las torres de los aerogeneradores y en la torre de radar (10 focos en total) (80) (figuras 2, 3 y 8),

- Una escotilla de acceso del personal y de la carga al interior del CATAIR (13) (figura 3), situada sobre la cubierta superior de la sección de popa.

➢ La operación de los focos de las escalas de abordaje, iluminación de la cubierta superior e iluminación de helipuerto podrá ser realizada desde la sala de control situada en la cubierta -1 de la sección de popa del CATAIR o desde la sala de control remota.

11. Sistema de control de la línea de flotación.

➢ En la realización presentada en las figuras, el calado del CATAIR en condiciones normales operativas es de unos 10 m. Sin embargo, este calado puede ser modificado para operaciones de maniobras en puertos, canales de navegación y diques secos. El control de la línea de flotación permite también equilibrar la línea de flotación, tanto longitudinal como transversalmente.

➢ La red de tuberías y válvulas del sistema de control de lastre se instala bajo la cubierta de máquinas, en el interior de los tanques de lastre del CATAIR. Los trasiegos de lastre entre los tanques de lastre del CATAIR o entre el CATAIR y el exterior se realizarán preferentemente de forma manual, mediante bombas sumergibles almacenadas en el CATAIR, que se conectarán a la red de tuberías y válvulas del sistema de control de lastre. Un software de control apoyado por sensores de nivel dispuestos en los tanques de lastre, permitirá determinar los trasiegos de lastre necesarios para mantener en posición la línea de flotación.

➢ El sistema de control de la línea de flotación comprende al menos:

- Tanques de lastre (3) (figura 8) situados en los laterales del CATAIR, a razón de 2 tanques por cámara de CAO. Como cada tanque de lastre del CATAIR adyacente a cada cámara de CAO está dividido en cámaras intercomunicadas (47) (figuras 6, 7 y

8) por varias mamparas transversales (dos en la realización presentada en las figuras), estas tendrán las perforaciones necesarias para facilitar la comunicación del lastre entre los recintos que separan, haciendo que todo el conjunto trabaje como un único tanque de lastre. En total el CATAIR tiene 20 tanques de lastre en la realización presentada,

- 1 escotilla de acceso a cada tanque de lastre (81) (figuras 5 y 7) para inspección, instalación de las bombas sumergibles y acceso a los sensores de nivel de los tanques,
- 1 escala de acceso (87) (figura 7) a la pasarela de cada tanque de lastre (86) desde la escotilla de acceso (81) (figuras 5 y 7) (20 en total),
- 1 pasarela longitudinal (86) (figura 7), situada en la parte superior del interior de cada tanque de lastre (20 en total), para la operación manual de la instalación de las bombas sumergibles y de las válvulas,
- 1 conexión para bomba sumergida (88) (figuras 6 y 7) en cada tanque de lastre (20 en total),
- 1 Llave de paso (83) (figuras 6 y 7) en el conducto que conecta el tanque de lastre con el colector longitudinal (82) (figuras 6 y 7) (20 en total),
- 1 Colector longitudinal (82) (figuras 6 y 7) en cada borda, sobre los tanques de lastre (2 colectores en total),
- 1 conducto transversal de lastre (89) (figura 6) que une los dos colectores longitudinales (82) (figuras 6 y 7),
- 1 escotilla de acceso (97) (figura 5) a cada tanque estanco transversal (11) (figuras 6 y 7) (11 en total),
- 1 escala de acceso (87) (figura 7) a cada tanque estanco transversal (11) (figuras 6 y 7) (11 en total),
- 1 pasarela de acceso al tanque estanco transversal en el que está situado el conducto transversal de trasiego de lastre,
- 1 llave de paso (90) (figura 6) en el colector transversal (89) (figura 6),
- 1 conducción de toma y descarga de lastre (91) (figura 6),

- 1 llave de paso (92) (figura 6) en el conducto de toma y descarga de lastre (91) (figura 6),
- 3 bombas sumergibles portátiles (85) (figura 69, que se almacenan en la cubierta -1 de la proa del CATAIR.
- Sensores de superficie libre (L) (figura 5) para el control del nivel en los tanques de lastre, a razón de 1 por tanque de lastre, es decir, un total de 20 sensores,
- Sensores de superficie libre (L) (figura 5) en las cámaras CAO, a razón de 4 por cámara en esta realización, para determinar la posición de equilibrio de la línea de flotación. Estos sensores son los mismos utilizados para el control de las válvulas de control del flujo de aire a los grupos turbo-generadores,
- Programa de monitorización y control, que determina, según el nivel de la línea de flotación y el nivel de agua en los tanques, los trasvases de lastre necesarios,

➢ Los trasvases de agua se realizan siempre por el equipo de mantenimiento, operando bombas y válvulas de forma manual. En cada tanque de lastre existe una toma para el empalme (88) (figuras 6 y 7) de una bomba sumergible. Desde esta toma, un tramo de tubo empalma con el colector (82) (figuras 6 y 7), uno para cada borda. En el tramo entre la toma y el colector, existe una llave de paso (83) (figuras 6 y 7). En la zona central del catamarán, un conducto transversal (89) (figura 6) conecta los dos colectores en el caso de que la válvula (90) (figura 6) esté abierta. En dicha zona central, un tramo de tubo (91) (figura 6) y una llave de paso (90) (figura 6) permiten realizar las maniobras de expulsión o toma de agua de lastre, al conectar los colectores con el exterior del casco. El acceso a un conducto horizontal transversal de trasiego de lastre y a su correspondiente válvula de paso se realiza a través de una escotilla (97) (figura 5), escala vertical y pasarela horizontal similares a las dispuestas en los tanques de lastre. En la figura 6 se muestra también la toma exterior de agua de lastre (84).

12. Sistema de evacuación de emergencia.

➢ El CATAIR está dotado del sistema de evacuación de emergencia (balsas, trajes de protección, chalecos salvavidas, señalización de emergencia etc.,), tal como requiera la normativa de Seguridad Marítima. Las balsas salvavidas (93) (figuras 2 y 3) se disponen en la cubierta superior, junto a las escalas de abordaje. Los elementos de protección personal del sistema de evacuación de emergencia (94) (figuras 4.2 y 5) se disponen en un armario a la vista en la sección de popa de la cubierta de máquinas, en las proximidades de la escotilla de carga y acceso al CATAIR (13) (figura 3).

13- Sistema de detección y extinción de incendios.

➢ El CATAIR cuenta con un sistema de detección y extinción de incendios que cumple con la normativa de Seguridad Marítima y que tiene al menos los siguientes elementos:

- Sensores detectores de humos (U) (figuras 4.1, 4.2 y 4.3) repartidos en las cubiertas de proa y popa y en la cubierta de máquinas,
- Sensores detectores de CO (O) (figuras 4.1, 4.2 y 4.3) repartidos en las cubiertas de proa y popa y en la cubierta de máquinas.
- Extintores de polvo seco, repartidos en las cubiertas de proa y popa y en la cubierta de máquinas (95) (figuras 4.1, 4.2 y 4.3).
- Central de control de incendios (96) (figuras 4.2 y 6) situada en la sala de control de la cubierta -1 del CATAIR.

➢ El estatus de los sensores y de la central antiincendios es monitorizado desde la sala de control del CATAIR y desde el centro de control remoto en tierra a través del sistema de comunicaciones del CATAIR.

REIVINDICACIONES

1. Una estructura flotante para el aprovechamiento de la energía del oleaje caracterizada porque comprende:

- múltiples cámaras independientes de columna de agua oscilante (CAO) (1) alineadas, abiertas por el fondo, estando cada cámara (1) comunicada por la parte superior con la atmósfera a través de un grupo turbo-generador formado por un conducto de aire (14), en cuyo interior se ubican una válvula de control del flujo de aire (16) y una turbina de aire auto-rectificadora (15) conectada a un alternador (17).

2. Una estructura flotante según la reivindicación 1, donde cada válvula de control del flujo de aire está montada en una de las embocaduras del conducto de aire de cada grupo turbo-generador.

3. Una estructura flotante según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde cada válvula de control del flujo de aire está controlada por un servoactuador y un PLC programable que determina la posición instantánea de la válvula de control en función del movimiento de la CAO.

4. Una estructura flotante según la reivindicación 3, donde el PLC determina la posición de cada válvula de control del flujo de aire de acuerdo con los siguientes programas: 1) en condiciones operativas, selecciona la amortiguación de la CAO que optimiza la producción de energía y evita las ingestiones de agua por el conducto cámara de CAO-turbina 2) en condiciones extremas, con el grupo parado, limita la oscilación de la CAO y permite la restauración del equilibrio en la misma en el caso de descarga de la CAO por comunicación del fondo con la atmósfera.

5. Una estructura flotante según cualquiera de las reivindicaciones 3 ó 4, que comprende un sistema de control del desplazamiento de la válvula de regulación del flujo de aire (16) y de la excitación del alternador, que es alimentado por la información proveniente de:

- al menos un sensor de superficie libre (L) y de presión absoluta (P), dispuestos en la cubierta de la cámara de CAO,
- al menos un sensor de posición (X) situado en el eje del servoactuador (22) y la
- al menos un sensor de velocidad de rotación (G) e intensidad (I) y voltaje (V) de los alternadores (17).

6. Una estructura flotante según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, donde la válvula de control del flujo de aire (16) tiene forma tórica con sección transversal aerodinámica, encajando en el conducto de aire (14) del lado de la cámara de CAO, con el eje (23) del toro alineado con el eje (18) del conducto de aire (14) está motorizada y su desplazamiento es vertical, realizado por un servoactuador lineal eléctrico (22) dispuesto en el interior del bulbo inferior (21) del conducto de aire (14).

7. Una estructura flotante según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un sistema de fondeo por proa que permite la autoorientación de la estructura flotante paralelamente a la dirección de propagación del oleaje.

8. Una estructura flotante según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que tiene las dimensiones siguientes:

- eslora superior a 0.5 L,
- manga superior a 0.1 L
- calado máximo superior a Hs95,
- longitud de las cámaras de CAO superior a L/15,

- distancia vertical entre la línea de flotación y el techo de la cámara de CAO, al nivel de los orificios de inserción del conducto de aire de los grupos turbo-generadores superior a 0.5 Hs95,
- anchura transversal de las cámaras de CAO (1) superior a L/20,

donde L y Hs95 son los siguientes parámetros del oleaje en el lugar de fondeo:

L: longitud de onda correspondiente al periodo medio anual del oleaje,

Hs95: altura de ola significante no superada el 95% del tiempo en el lugar de fondeo

9. Una estructura flotante según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una sección de proa (45) y una sección de popa (46), divididas al menos los siguientes niveles o cubiertas, de abajo arriba: sentina (6), cubierta -2 (7), cubierta -1 (8), cubierta de máquinas (9) la cual se extiende a lo largo de toda estructura flotante, y una cubierta superior exterior (10).

10. Una estructura flotante según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde las cámaras de CAO (1) están cerradas por la parte superior mediante una cubierta inclinada (2) que realiza la transición entre una sección de la cámara de CAO y un orificio circular (5) donde se inserta el conducto de aire de los grupos turbo-generadores.

11. Una estructura flotante según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un sistema de generación eléctrica auxiliar.

12. Una estructura flotante según la reivindicación 11, donde el sistema de generación eléctrica auxiliar comprende

generadores seleccionados entre eólicos, fotovoltaicos y combinaciones y un sistema de control de los mismos.

13. Una estructura flotante según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un sistema de equipos de ayuda al mantenimiento.

14. Una estructura flotante según la reivindicación 13, donde el sistema de equipos de ayuda al mantenimiento comprende un camarote, servicios higiénicos, armarios de herramientas y mesa de trabajo.

15. Una estructura flotante según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende una sala de máquinas climatizada.

16. Una instalación para el aprovechamiento de la energía del oleaje caracterizada porque comprende una estructura flotante definida en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15.

REIVINDICACIONES MODIFICADAS
recibidas por la oficina Internacional el 10 Agosto 2012 (10.08.2012)

1. Una estructura flotante para el aprovechamiento de la energía del oleaje que comprende:

- múltiples cámaras independientes de columna de agua oscilante (CAO) (1) alineadas, abiertas por el fondo,

estando la estructura flotante caracterizada por que cada cámara (1) está comunicada por la parte superior con la atmósfera a través de un grupo turbo-generador formado por un conducto de aire (14), en cuyo interior se ubican una única válvula de control del flujo de aire (16) y una turbina de aire auto-rectificadora (15) conectada a un alternador (17).

2. Una estructura flotante según la reivindicación 1, donde cada válvula de control del flujo de aire está montada en una de las embocaduras del conducto de aire de cada grupo turbo-generador.

3. Una estructura flotante según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde cada válvula de control del flujo de aire está controlada por un servoactuador y un PLC programable que determina la posición instantánea de la válvula de control en función del movimiento de la CAO.

4. Una estructura flotante según la reivindicación 3, donde el PLC determina la posición de cada válvula de control del flujo de aire de acuerdo con los siguientes programas: 1) en condiciones operativas, selecciona la amortiguación de la CAO que optimiza la producción de energía y evita las ingestiones de agua por el conducto cámara de CAO-turbina 2) en condiciones extremas, con el grupo parado, limita la oscilación de la CAO y permite la restauración del equilibrio en la misma en el caso de descarga de la CAO por comunicación del fondo con la atmósfera.

5. Una estructura flotante según cualquiera de las reivindicaciones 3 ó 4, que comprende un sistema de control del desplazamiento de la válvula de regulación del flujo de aire (16) y de la excitación del alternador, que es alimentado por la información proveniente de:

- al menos un sensor de superficie libre (L) y de presión absoluta (P), dispuestos en la cubierta de la cámara de CAO,
- al menos un sensor de posición (X) situado en el eje del servoactuador (22) y la
- al menos un sensor de velocidad de rotación (G) e intensidad (I) y voltaje (V) de los alternadores (17).

6. Una estructura flotante según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, donde la válvula de control del flujo de aire (16) tiene forma tórica con sección transversal aerodinámica, encajando en el conducto de aire (14) del lado de la cámara de CAO, con el eje (23) del toro alineado con el eje (18) del conducto de aire (14) está motorizada y su desplazamiento es vertical, realizado por un servoactuador lineal eléctrico (22) dispuesto en el interior del bulbo inferior (21) del conducto de aire (14).

7. Una estructura flotante según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un sistema de fondeo por proa que permite la autoorientación de la estructura flotante paralelamente a la dirección de propagación del oleaje.

8. Una estructura flotante según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que tiene las dimensiones siguientes:

- eslora superior a 0.5 L,
- manga superior a 0.1 L
- calado máximo superior a Hs95,

- longitud de las cámaras de CAO superior a L/15,
- distancia vertical entre la línea de flotación y el techo de la cámara de CAO, al nivel de los orificios de inserción del conducto de aire de los grupos turbo-generadores superior a 0.5 Hs95,
- anchura transversal de las cámaras de CAO (1) superior a L/20,

donde L y Hs95 son los siguientes parámetros del oleaje en el lugar de fondeo:

L: longitud de onda correspondiente al periodo medio anual del oleaje,

Hs95: altura de ola significante no superada el 95% del tiempo en el lugar de fondeo

9. Una estructura flotante según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una sección de proa (45) y una sección de popa (46), divididas al menos los siguientes niveles o cubiertas, de abajo arriba: sentina (6), cubierta -2 (7), cubierta -1 (8), cubierta de máquinas (9) la cual se extiende a lo largo de toda estructura flotante, y una cubierta superior exterior (10).

10. Una estructura flotante según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde las cámaras de CAO (1) están cerradas por la parte superior mediante una cubierta inclinada (2) que realiza la transición entre una sección de la cámara de CAO y un orificio circular (5) donde se inserta el conducto de aire de los grupos turbo-generadores.

11. Una estructura flotante según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un sistema de generación eléctrica auxiliar.

12. Una estructura flotante según la reivindicación 11, donde el sistema de generación eléctrica auxiliar comprende

generadores seleccionados entre eólicos, fotovoltaicos y combinaciones y un sistema de control de los mismos.

13. Una estructura flotante según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un sistema de equipos de ayuda al mantenimiento.

14. Una estructura flotante según la reivindicación 13, donde el sistema de equipos de ayuda al mantenimiento comprende un camarote, servicios higiénicos, armarios de herramientas y mesa de trabajo.

15. Una estructura flotante según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende una sala de máquinas climatizada.

16. Una instalación para el aprovechamiento de la energía del oleaje caracterizada porque comprende una estructura flotante definida en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15.

DECLARACIÓN CONFORME AL ARTÍCULO 19.1) relativa a la **PCT/ES2012/000050**, titulada ESTRUCTURA FLOTANTE E INSTALACIÓN PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA DEL OLEAJE UTILIZANDO UN CATAMARÁN FLOTANTE CON VARIAS CÁMARAS DE COLUMNA DE AGUA OSCILANTE.

D01 describe un sistema que, como en la reivindicación 1, dispone de **una serie de cámaras de columna de agua oscilante alineadas**. Sin embargo, en D01, cada cámara conecta con dos tubos colectores de aire: de alta presión y baja presión. Cuando la presión en la cámara es superior a la presión en el conducto de alta presión, se abre una válvula y el aire de la cámara pasa al conducto de alta presión. Cuando la presión en la cámara es inferior a la del conducto de baja presión, se abre otra válvula y el aire pasa del conducto de baja presión a la cámara.

La reivindicación 1 difiere de D01 en que:

-en D01, al conectar los conductos de alta y baja presión, el sistema trabaja **en circuito cerrado a la atmósfera**. En el caso de toma de aire por debajo de las cámaras, se produce un incremento de la masa de aire en el circuito, lo que lleva a una descompensación por aumento general de la presión. Por ello, el sistema de D01 necesita sistemas que mantengan el equilibrio en las cámaras. En la presente invención, el circuito está abierto a la atmósfera a través de la turbina, siendo la compensación es automática.

-en D01 se necesitan **dos válvulas** de control de no retorno **por cámara**, que deben abrirse y cerrarse completamente dos veces por ciclo de la columna de agua. En la estructura de la presente invención **sólo es necesaria una válvula** y su misión es controlar el movimiento de la columna de agua y regular el flujo a la turbina. El trabajo realizado por las válvulas es muy inferior al que deben realizar las de D01, que están sometidas a un enorme trabajo.

-el sistema de D01 no dispone de una turbina de aire auto-rectificada.

En la reivindicación 1 enmendada la parte pre-caracterizadora incluye todas las características técnicas anticipadas en D01, mientras que la parte caracterizadora recoge las características técnicas adicionales de la invención, no presentes en D01. Además, en la reivindicación 1 se ha añadido la palabra "única" para destacar que cada cámara tiene una única válvula.

El **efecto técnico** derivado de estas diferencias es que la compensación de presión es automática. Además, la estructura reivindicada no precisa de dos válvulas ni necesita que éstas se abran y cierren completamente dos veces por ciclo de la columna de agua, reduciendo el trabajo de cada válvula, que se limita a controlar el movimiento de la columna de agua y regular el flujo a la turbina.

El **problema técnico objetivo** subyacente en la invención reivindicada es cómo conseguir compensación de presión automática minimizando el número de válvulas y reduciendo la complejidad de su trabajo.

D01 ni aborda ni propone ninguna solución a este problema. Otro inconveniente derivado de usar dos tubos colectores de aire es que existen tiempos muertos de funcionamiento de la columna de agua cuando la presión de la cámara es superior a la del conducto de baja presión e inferior a la del conducto de alta presión. Durante este periodo, no hay producción de energía en la cámara y no existe ninguna posibilidad de controlar el movimiento de la columna de agua.

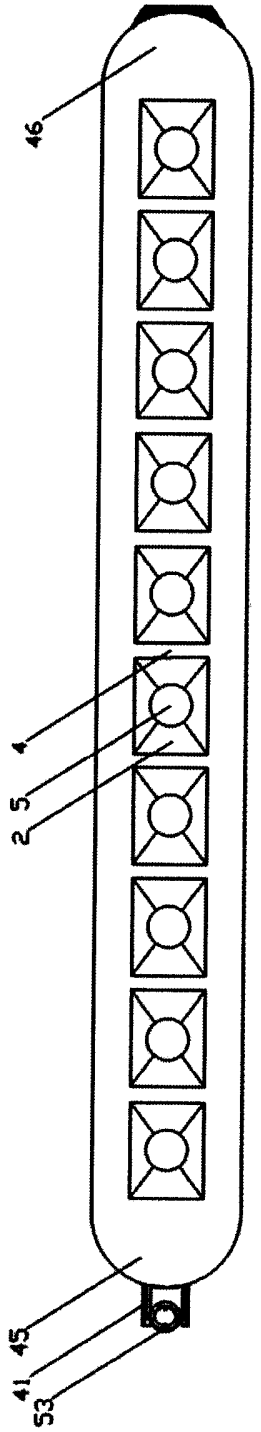

FIGURA 1

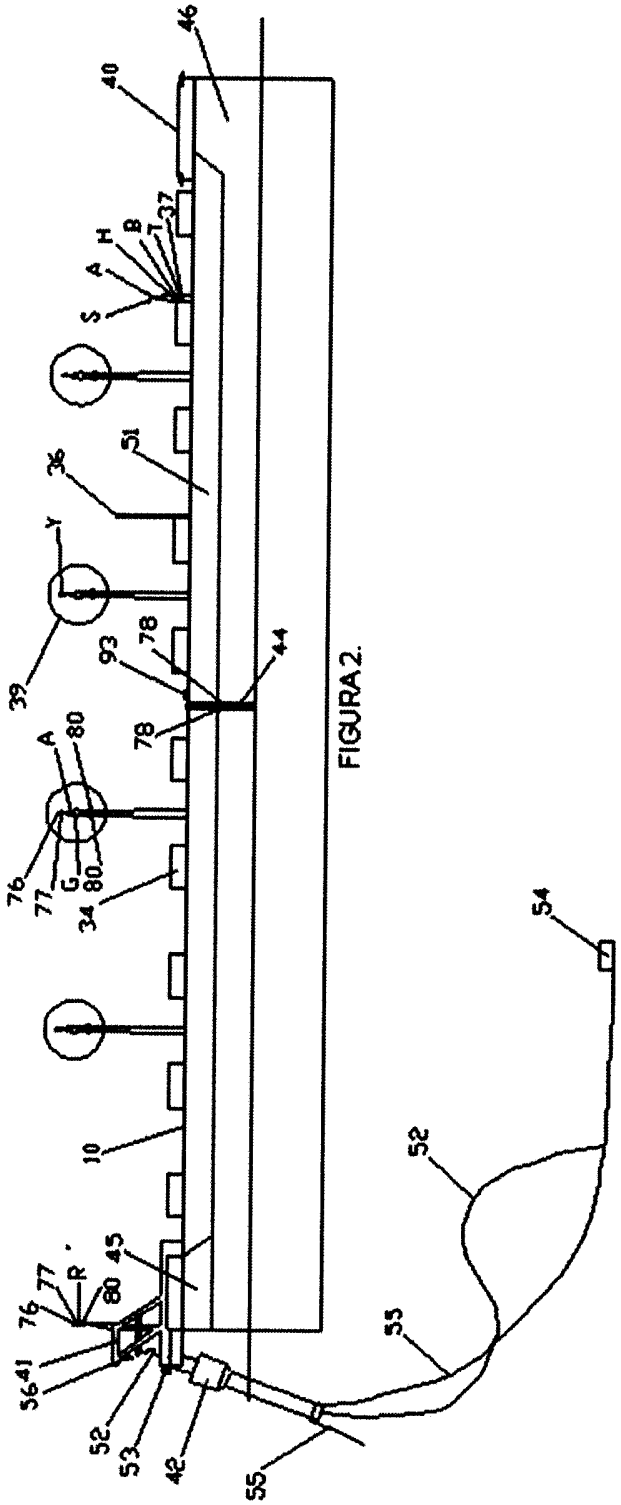

FIGURA 2.

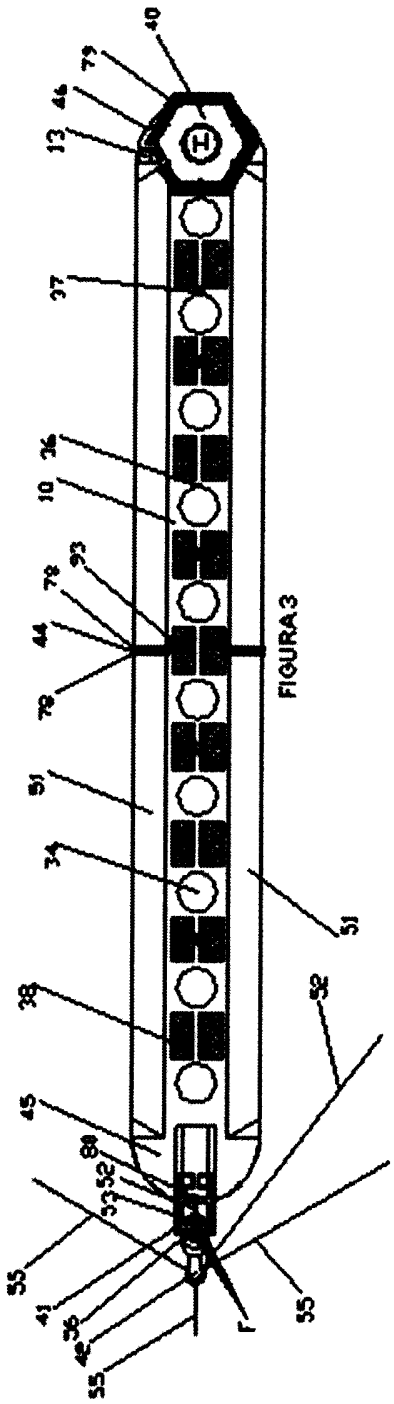

FIGURA 3

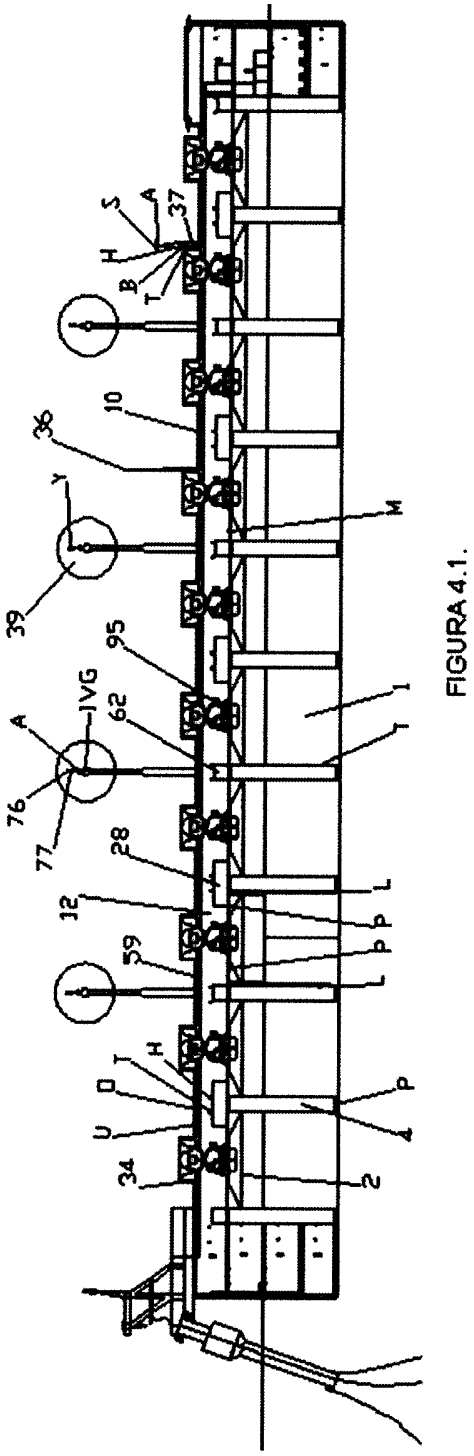

FIGURA 4.1.

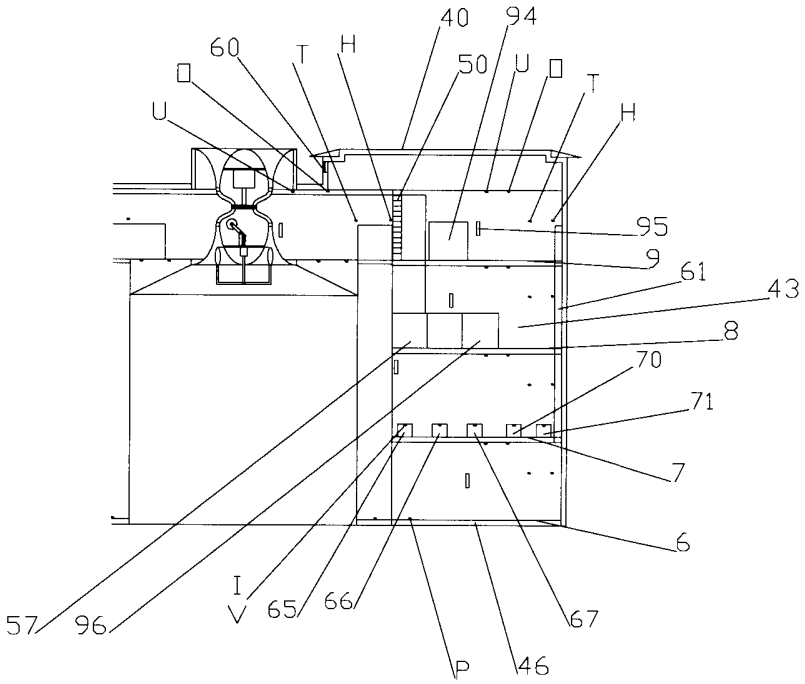

FIGURA 4.2.

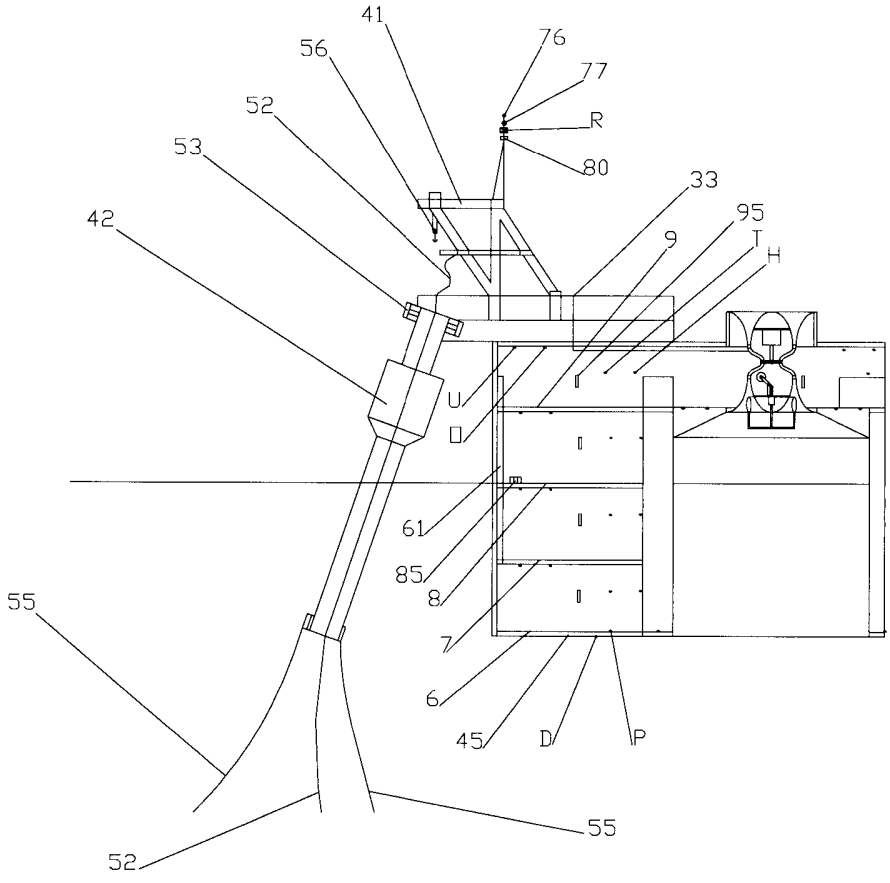

FIGURA 4.3.

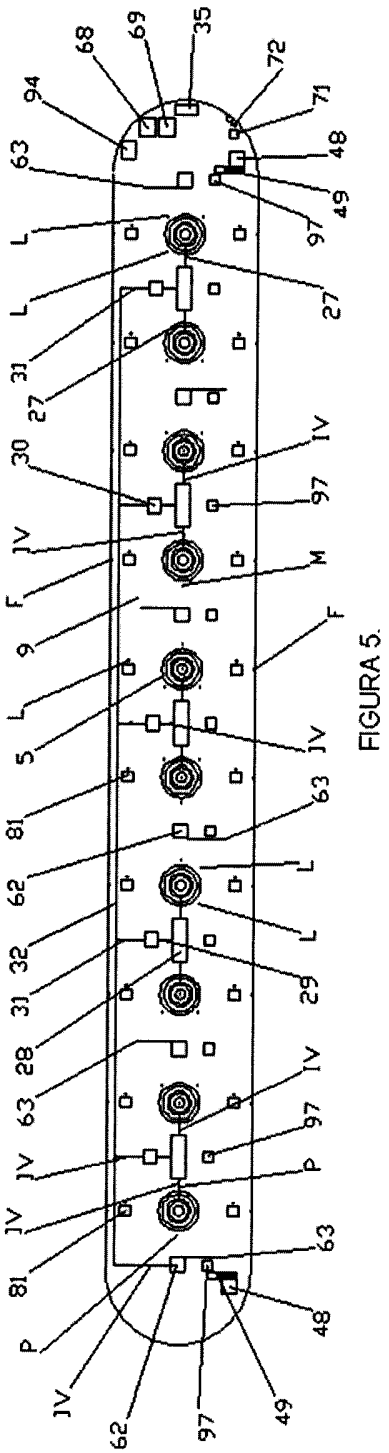

FIGURA 5.

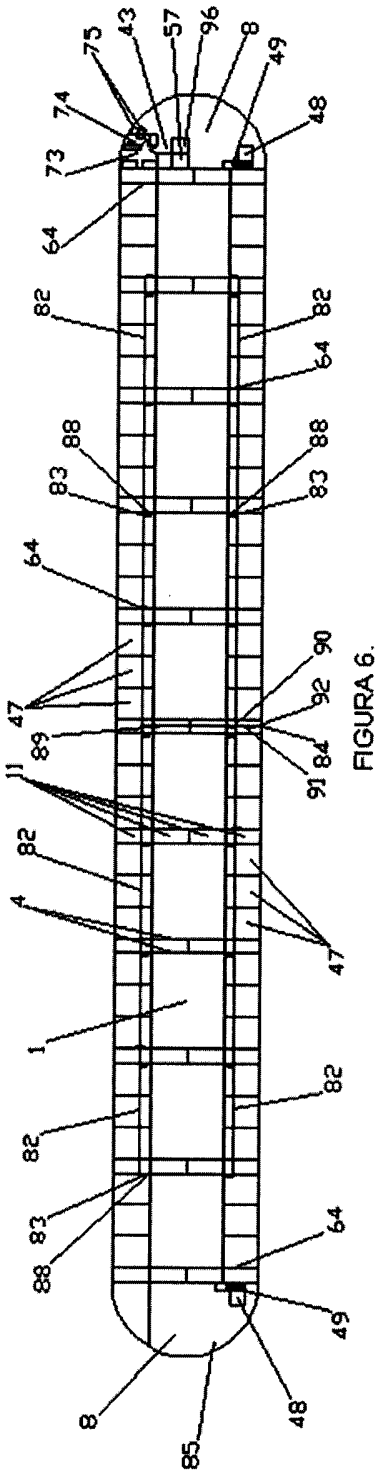

FIGURA 6.

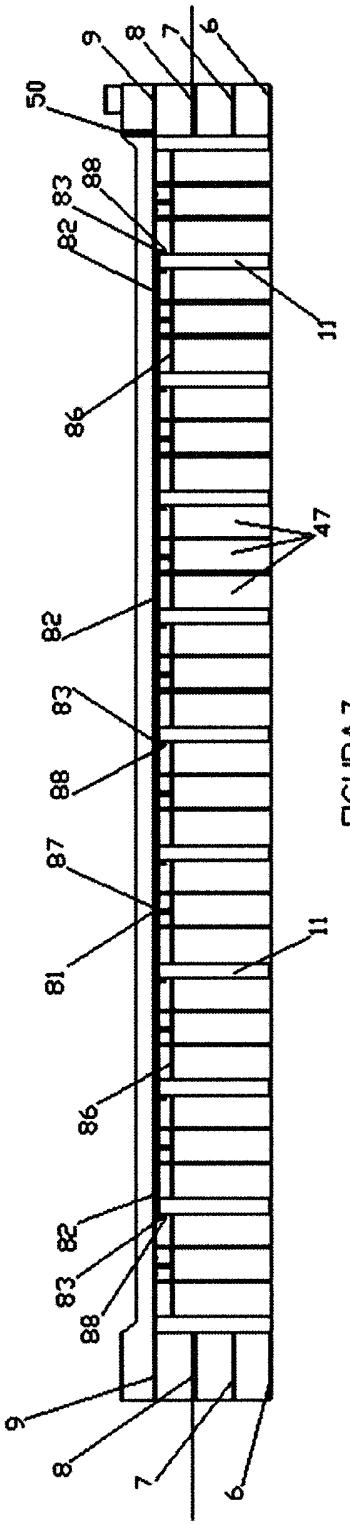

FIGURA 7.

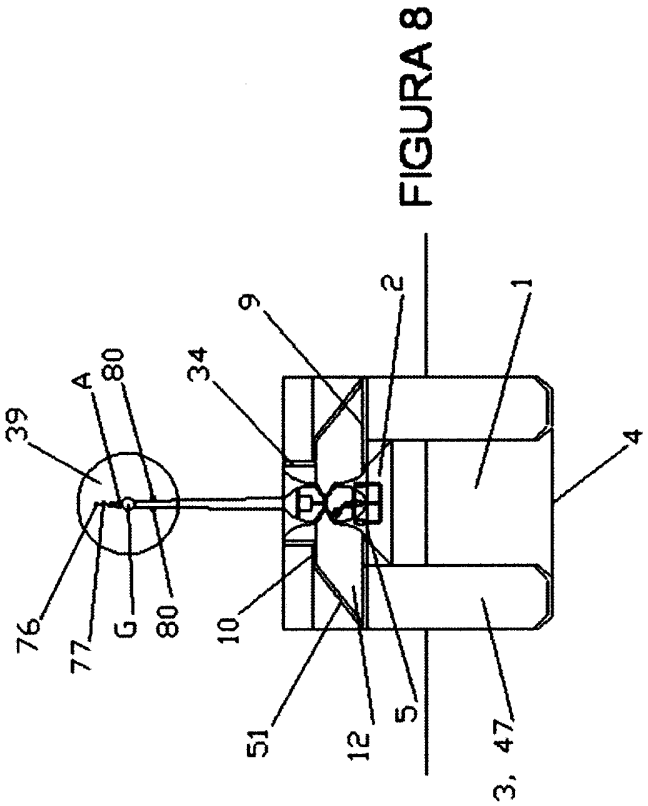

FIGURA 8

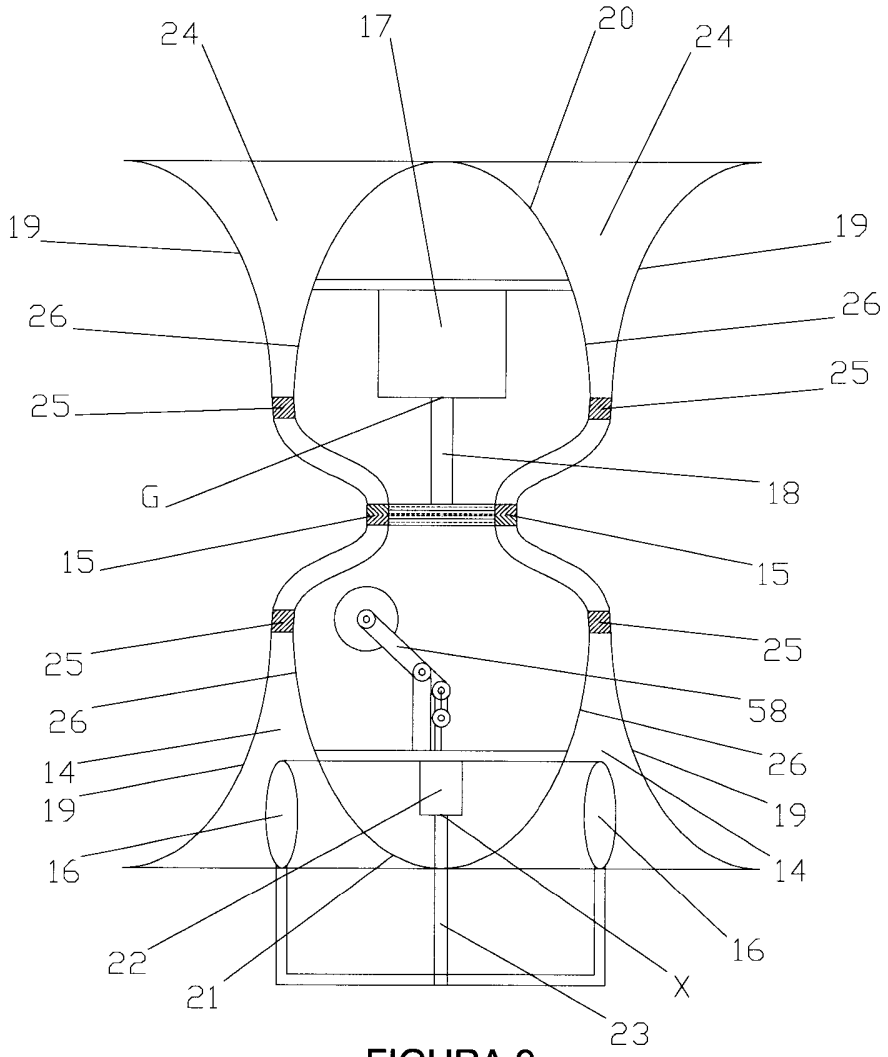
24
17
20
24
19
19
26
26
25
25
G
18
15
15
25
25
26
58
26
14
19
19
16
14
16
22
21
X
23

FIGURA 9.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/ES2012/000050

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F03B13/24 (2006.01)
F03B13/14 (2006.01)
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F03B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPODOC, INVENES

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2007057013 A1 (RASMUSSEN KURT DUE) 24/05/2007, the whole document.	1,2,8-16
A	GB 2460303 A (BELLAMY NORMAN WEST ET AL.) 02/12/2009, the whole document.	1-16
A	JP 60090990 A (HITACHI LTD) 22/05/1985, figures & Abstract from DataBase EPODOC. Retrieved of EPOQUE.	1-16
A	WO 2008019436 A1 (SEADOV PTY LTD ET AL.) 21/02/2008, the whole document.	1-16
A	GB 2314124 A (APPLIED RES & TECH) 17/12/1997, the whole document.	1-16

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance.
"E" earlier document but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure use, exhibition, or other means.
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other documents , such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
13/06/2012	**(14/06/2012)**
Name and mailing address of the ISA/ OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS Paseo de la Castellana, 75 - 28071 Madrid (España) Facsimile No.: 91 349 53 04	Authorized officer O. Rucián Castellanos Telephone No. 91 3493275

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/ES2012/000050

C (continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of documents, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4568836 A (REENBERG HOWARD R) 04/02/1986, the whole document.	1-16
A	WO 2009131459 A2 (OCEAN WAVE ROCKER AS ET AL.) 29/10/2009, the whole document.	1-16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.
PCT/ES2012/000050

Patent document cited in the search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO2007057013 A	24.05.2007	DK200501616 A	19.05.2007
GB2460303 A	02.12.2009	WO2009144468 A	03.12.2009
		EP2300708 A	30.03.2011
		EP20090754113	29.05.2009
		US2011162357 A	07.07.2011
JP60090990 A	22.05.1985	NONE	
WO2008019436 A	21.02.2008	AU2007284071 A	21.02.2008
		CN101611226 A	23.12.2009
		US2010229545 A	16.09.2010
		US8169093 B	01.05.2012
GB2314124 AB	17.12.1997	CA2257606 AC	18.12.1997
		WO9747821 A	18.12.1997
		AU3041097 A	07.01.1998
		NO985766 A	02.02.1999
		NO322607 B	30.10.2006
		EP0904464 AB	31.03.1999
		EP19970925177	10.06.1997
		NZ333243 A	28.07.2000
		AU727442 B	14.12.2000
		US6194791 B	27.02.2001
		PT904464 E	31.12.2004
		ES2230606 T	01.05.2005
US4568836 A	04.02.1986	NONE	
WO2009131459 A	29.10.2009	WO2009131461 A	29.10.2009
		WO2009131460 A	29.10.2009
		EP2300706 A	30.03.2011
		EP20080874039	17.12.2008
		US2011187102 A	04.08.2011

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº

PCT/ES2012/000050

A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD
F03B13/24 (2006.01)
F03B13/14 (2006.01)
De acuerdo con la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) o según la clasificación nacional y CIP.

B. SECTORES COMPRENDIDOS POR LA BÚSQUEDA

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)
F03B

Otra documentación consultada, además de la documentación mínima, en la medida en que tales documentos formen parte de los sectores comprendidos por la búsqueda

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda internacional (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)
EPODOC, INVENES

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones nº
X	WO 2007057013 A1 (RASMUSSEN KURT DUE) 24/05/2007, todo el documento.	1,2,8-16
A	GB 2460303 A (BELLAMY NORMAN WEST ET AL.) 02/12/2009, todo el documento.	1-16
A	JP 60090990 A (HITACHI LTD) 22/05/1985, figuras & Resumen de la base de datos EPODOC. Recuperado de EPOQUE.	1-16
A	WO 2008019436 A1 (SEADOV PTY LTD ET AL.) 21/02/2008, todo el documento.	1-16
A	GB 2314124 A (APPLIED RES & TECH) 17/12/1997, todo el documento.	1-16

☒ En la continuación del recuadro C se relacionan otros documentos ☒ Los documentos de familias de patentes se indican en el anexo

* Categorías especiales de documentos citados:

"A" documento que define el estado general de la técnica no considerado como particularmente relevante.

"E" solicitud de patente o patente anterior pero publicada en la fecha de presentación internacional o en fecha posterior.

"L" documento que puede plantear dudas sobre una reivindicación de prioridad o que se cita para determinar la fecha de publicación de otra cita o por una razón especial (como la indicada).

"O" documento que se refiere a una divulgación oral, a una utilización, a una exposición o a cualquier otro medio.

"P" documento publicado antes de la fecha de presentación internacional pero con posterioridad a la fecha de prioridad reivindicada.

"T" documento ulterior publicado con posterioridad a la fecha de presentación internacional o de prioridad que no pertenece al estado de la técnica pertinente pero que se cita por permitir la comprensión del principio o teoría que constituye la base de la invención.

"X" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o que implique una actividad inventiva por referencia al documento aisladamente considerado.

"Y" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse que implique una actividad inventiva cuando el documento se asocia a otro u otros documentos de la misma naturaleza, cuya combinación resulta evidente para un experto en la materia.

"&" documento que forma parte de la misma familia de patentes.

Fecha en que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional.	Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional.
13/06/2012	**14 de junio de 2012 (14/06/2012)**
Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS Paseo de la Castellana, 75 - 28071 Madrid (España) Nº de fax: 91 349 53 04	Funcionario autorizado O. Rucián Castellanos Nº de teléfono 91 3493275

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº
PCT/ES2012/000050

C (Continuación). DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría *	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones nº
A	US 4568836 A (REENBERG HOWARD R) 04/02/1986, todo el documento.	1-16
A	WO 2009131459 A2 (OCEAN WAVE ROCKER AS ET AL.) 29/10/2009, todo el documento.	1-16

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Informaciones relativas a los miembros de familias de patentes

Solicitud internacional nº
PCT/ES2012/000050

Documento de patente citado en el informe de búsqueda	Fecha de Publicación	Miembro(s) de la familia de patentes	Fecha de Publicación
WO2007057013 A	24.05.2007	DK200501616 A	19.05.2007
GB2460303 A	02.12.2009	WO2009144468 A	03.12.2009
		EP2300708 A	30.03.2011
		EP20090754113	29.05.2009
		US2011162357 A	07.07.2011
JP60090990 A	22.05.1985	NINGUNO	
WO2008019436 A	21.02.2008	AU2007284071 A	21.02.2008
		CN101611226 A	23.12.2009
		US2010229545 A	16.09.2010
		US8169093 B	01.05.2012
GB2314124 AB	17.12.1997	CA2257606 AC	18.12.1997
		WO9747821 A	18.12.1997
		AU3041097 A	07.01.1998
		NO985766 A	02.02.1999
		NO322607 B	30.10.2006
		EP0904464 AB	31.03.1999
		EP19970925177	10.06.1997
		NZ333243 A	28.07.2000
		AU727442 B	14.12.2000
		US6194791 B	27.02.2001
		PT904464 E	31.12.2004
		ES2230606 T	01.05.2005
US4568836 A	04.02.1986	NINGUNO	
WO2009131459 A	29.10.2009	WO2009131461 A	29.10.2009
		WO2009131460 A	29.10.2009
		EP2300706 A	30.03.2011
		EP20080874039	17.12.2008
		US2011187102 A	04.08.2011