

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 608 851**

51 Int. Cl.:

F03B 13/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.08.2011 PCT/US2011/001350**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.10.2012 WO12134422**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.08.2011 E 11862753 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.10.2016 EP 2691640**

54 Título: **Convertidor de energía de las olas con flotador asimétrico**

30 Prioridad:

28.03.2011 US 201113065673

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

17.04.2017

73 Titular/es:

**OCEAN POWER TECHNOLOGIES, INC. (100.0%)
1590 Reed Road
Pennington, NJ 08534, US**

72 Inventor/es:

**TAYLOR, GEORGE, W. y
GERBER, JAMES, S.**

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 608 851 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Convertidor de energía de las olas con flotador asimétrico

5 Antecedentes de la invención

Esta invención se refiere a un convertidor de energía de las olas (WEC) diseñado para proporcionar una mejor eficiencia bajo condiciones de operación normales y para tener una mejor capacidad de supervivencia frente a las olas de gran amplitud.

10

Un WEC, como se muestra en las Figuras 1A y 1B, puede incluir un flotador 100 y un eje/mástil 20 con un dispositivo de toma de fuerza (PTO), 30, conectado entre el flotador y el eje. El flotador se diseña generalmente para moverse en sincronismo con las olas. El eje 20 puede diseñarse para ser estacionario (por ejemplo, anclado al fondo del mar como se muestra en la Figura 1A) o puede diseñarse de manera que este puede moverse hacia arriba y hacia abajo, en fase con el flotador, pero con un retardo de tiempo con relación al flotador y/o generalmente fuera de fase con las olas y el flotador, como se muestra en la Figura 1B, en una configuración que puede referirse como un "absorbedor doble". En cualquier caso, la PTO se conecta entre el eje y el flotador para convertir su movimiento relativo en energía útil (por ejemplo, energía eléctrica o diferentes formas de energía mecánica).

15

20

Los flotadores 100 de los WEC de la técnica anterior tienden a formarse para ser generalmente simétricos (por ejemplo, circulares o cuadrados) alrededor de los ejes x-y, como se muestra en la Figura 1C. Los WEC usados pueden ser del tipo "absorbedor de punto" donde el término "absorbedor de punto" se define generalmente para significar que la dimensión característica del flotador del WEC es pequeña en relación con la longitud (más larga) de las olas, cuando se acciona el WEC.

25

En muchas situaciones la cantidad de energía que puede producirse mediante un WEC es una función del área superficial del flotador sujeta a influenciarse (levantarse o bajarse) por las olas. La fuerza boyante en el flotador puede estimarse como el cambio en el volumen desplazado del flotador mientras una ola pasa. Para las olas que tiene una longitud muy larga que inciden sobre un flotador (por ejemplo, las longitudes son mucho más largas que las dimensiones del flotador en ancho o largo), el cambio en la altura desplazada del flotador es esencialmente el mismo en toda la superficie del flotador. Para este caso, la forma del flotador no es significativa teniendo en cuenta su capacidad de producción de energía. Sin embargo, para las olas que inciden en un flotador simétrico (por ejemplo, circular) que tienen una longitud comparable a la dimensión del flotador, cuando un lado del flotador está bajo la cresta de la ola, el otro lado o borde del flotador no está bajo la cresta. Cuando esto ocurre, hay un efecto de cancelación. Las fuerzas boyantes de la ola no actúan (por ejemplo, levantan) a través de toda el área superficial del flotador. En este caso, la cantidad de energía que puede producirse se reduce significativamente.

30

35

Esto puede explicarse mejor con referencia a la Figura 1D que ilustra el efecto de una ola en un flotador simétrico (sección B de la Figura 1D) y un flotador asimétrico (sección C de la Figura 1D). La sección A de la Figura 1D muestra una ola 901, que tiene un período de 7 segundos, una altura de 2 metros y una longitud de aproximadamente 75 metros. Para fines de ilustración, la forma de ola 901 se muestra que tiene un valor de pico (cresta) en el punto K, un valor inferior en un punto L, que está a 5,5 metros de distancia de la cresta, y un valor aún más bajo en un punto M, que está a 11 metros de distancia de la cresta. Consideremos ahora un flotador circular 100 de la técnica anterior (como se muestra en la sección B de la Figura 1D) que tiene un diámetro exterior de 11 metros, el cual se somete a la forma de ola 601. Como se muestra en el dibujo, el lado izquierdo del flotador (K) se alinea con el pico de la cresta de la ola. Es evidente que, para esta condición de las olas, solamente parte del área superficial del flotador se someterá a toda la fuerza correspondiente a la amplitud de la ola. El resto del flotador se someterá a una fuerza menor y puede incluso empujar hacia abajo, lo cual cancela la fuerza de elevación. Por lo tanto, la capacidad de desarrollo/producción de energía del flotador 100 se reduce significativamente. Para las olas cuya longitud es incluso menor que la que se muestra para la ola 901, es evidente que puede desarrollarse y producirse incluso menos energía.

40

45

50

Para solucionar este problema, se propone que el flotador se realice asimétrico, de acuerdo con la vista superior que se muestra en la sección C de la Figura 1D. Por ejemplo, se muestra un flotador elíptico 10 con una longitud de 22 metros (lado largo) y un ancho de 5,5 metros (lado corto). El área del flotador simétrico en la sección B de la Figura 1D es esencialmente la misma que el área del flotador asimétrico en la sección C de la Figura 1D. Como puede verse, esencialmente toda el área superficial del flotador asimétrico se someterá a toda la fuerza de la ola 901. Por tanto, desde el punto de vista de la producción de energía es conveniente tener un flotador asimétrico con su lado más largo orientado en la dirección desde la que inciden las olas. Claramente, el flotador no simétrico tiene características preferibles para la conversión de la energía de las olas para las olas que tienen longitudes más cortas, con relación al tamaño del flotador. Es decir, para las olas que tienen longitudes más cortas, con relación al tamaño del flotador, un flotador no simétrico orientado adecuadamente de área similar a un flotador simétrico, convertirá, de manera más eficiente, la energía de las olas a una forma de electricidad útil, es decir, más de la energía en la ola se convertirá en una forma de energía útil que para un flotador simétrico de la técnica anterior.

55

60

65

Por lo tanto, para las olas cuyas longitudes están dentro de un intervalo "normal" (por ejemplo, que van desde menos de un período de 5 segundos hasta más de un período de 14 segundos), es conveniente tener un flotador asimétrico para

capturar más energía de las olas y optimizar la conversión de la energía de las olas. Sin embargo, los solicitantes reconocieron que un inconveniente significativo existe para el uso del flotador asimétrico porque: (1) la dirección de las olas entrantes puede variar, lo que deshace los beneficios buscados; y (2) este tiene una mayor susceptibilidad a sufrir daños bajo condiciones de tormenta. Es decir, cuando la amplitud típica de las olas es menor de 4 metros, el WEC se diseña para ser operativo para, y sobrevivir a, la condición típica de las olas. Sin embargo, bajo condiciones de tormenta, donde las amplitudes de las olas son mayores que las esperadas normalmente (por ejemplo, las olas tienen amplitudes mayores que 4 metros) se aplican mayores fuerzas boyantes al flotador asimétrico y se desarrollan fuerzas significativamente mayores entre el flotador y el mástil lo que tiende a dañar el WEC y su PTO. En consideración de estos problemas, no se conoce ningún sistema WEC con un flotador asimétrico que se eleve y se baje por las olas.

Así, aunque es conveniente tener el lado largo de un flotador asimétrico encarando las olas entrantes para mejorar la conversión de energía de las olas, hay un problema con la supervivencia y la operatividad del WEC bajo condiciones de tormenta y de olas variantes.

La patente de Estados Unidos US 4 539 485 A describe un convertidor de energía de las olas que comprende un flotador de forma asimétrica que tiene una longitud mayor que el ancho, y un mástil, donde el mástil y el flotador se mueven con relación entre sí como una función de las olas, un dispositivo de toma de fuerza acoplado entre el flotador asimétrico y el mástil para la conversión de su movimiento relativo en energía útil. La forma de vaina del flotador tiende a cambiar la orientación del flotador como una función de la dirección y/o amplitud de las olas.

La patente de Estados Unidos US 2002/067043 A1 describe un convertidor de energía de las olas que tiene un flotador que puede orientarse de una manera similar a una veleta.

Resumen de la invención

La invención de los solicitantes reside en parte en el reconocimiento de los problemas expuestos anteriormente y, en parte, en el reconocimiento de que, para una eficiencia de conversión de energía debe usarse un flotador asimétrico. La invención de los solicitantes también reside en el reconocimiento de que: (1) el flotador debe girarse de modo que su lado largo encare las olas entrantes con el fin de aumentar la captación de energía; y (2) el flotador debe reorientarse (girarse) de manera que se reduce su perfil frente a las olas en condiciones de tormenta que se aproximan con el fin de reducir la aplicación de fuerzas excesivas, potencialmente destructivas, y con el fin de aumentar la capacidad de supervivencia del WEC. Por lo tanto, el WEC de la invención se caracteriza porque el aparato incluye medios para orientar el lado más largo del flotador para encarar las olas que se aproximan cuando la amplitud de las olas está por debajo de una amplitud predeterminada y para reorientar el flotador de modo que su lado más estrecho encara las olas entrantes cuando la amplitud de las olas está por encima de un nivel predeterminado.

Tenga en cuenta que el término condición de las olas "normal" se refiere a una intervalo de amplitudes de las olas para las cuales el WEC se diseña a operar (y que están dentro del intervalo de amplitudes que se encuentran típicamente en el sitio donde la WEC está destinada a situarse) y que el término "condiciones de tormenta" se refiere a las condiciones existentes cuando las amplitudes de las olas sobrepasan el intervalo normal.

Un WEC que incorpora la invención incluye un flotador asimétrico destinado a moverse generalmente, hacia arriba y hacia abajo, en fase con las olas y un mástil que es o bien estacionario o que se diseña de manera que pueda moverse hacia arriba y hacia abajo, en fase con el flotador, pero con un retardo de tiempo con relación al flotador, y/o generalmente, hacia arriba y hacia abajo, fuera de fase con relación al flotador. Una PTO se conecta entre el flotador y el mástil para convertir su movimiento relativo en energía útil (por ejemplo, energía eléctrica). El flotador de forma asimétrica tiene un lado más largo y un lado más estrecho. El WEC incluye un aparato para orientar el lado más largo del flotador de modo que este encara las olas entrantes para aumentar la eficiencia de conversión de la energía de las olas del WEC y para orientar el flotador de modo que su lado más estrecho encara las olas entrantes bajo condiciones de tormenta para mejorar la capacidad de supervivencia del WEC.

El flotador tiene superficies superior e inferior que se extienden generalmente paralelas a la superficie del agua y el flotador se mueve hacia arriba y hacia abajo generalmente en fase con las olas. El mástil se extiende en una dirección generalmente perpendicular a la superficie del agua. El flotador es "asimétrico" (por ejemplo, rectangular u oblongo). Es decir, el flotador tiene un lado "más largo" (o "manga") y un lado "más estrecho" ("más corto" o "cabeza"); su largo (L) será mayor que su ancho (W). El lado más largo se diseña para encarar normalmente las olas entrantes para mejorar la eficiencia de conversión de energía del WEC frente a las olas entrantes cuya frecuencia y longitud está dentro de un intervalo predeterminado.

De acuerdo con una modalidad, el flotador puede diseñarse para tener un ancho que sea pequeño en comparación con el intervalo de las longitudes normalmente esperadas de las olas entrantes.

Para reducir tensiones excesivas a las cuales puede someterse el WEC durante condiciones de tormenta, los WECs que incorporan la invención incluyen medios para selectivamente, o automáticamente, (por ejemplo, activa o pasivamente) reorientar el flotador asimétrico de manera que durante condiciones de operación "normales", el lado largo del flotador encara las olas entrantes y durante una condición de "tormenta", el lado más corto, más estrecho, encara las

olas entrantes. Por lo tanto, el lado largo del flotador se girará hacia las olas bajo esas condiciones en que se desea producir energía, y el lado corto del flotador se girará hacia las olas en condiciones de tormenta para reducir tensiones a las cuales puede someterse el WEC.

5 De acuerdo con un aspecto de la invención, el flotador asimétrico puede adaptarse (intercalarse, o acoplarse) al mástil para permitir que el flotador y el mástil se muevan hacia arriba y hacia abajo con relación entre sí mientras que bloquean el movimiento rotacional relativo entre ellos. Donde el flotador y el mástil no pueden soltarse, se proporciona un medio para hacer girar el flotador y el mástil conjuntamente. Allí puede incluirse, además, un mecanismo de anclaje o amarre para permitir que el mástil/flotador giren sin alejarse demasiado de una posición deseada.

10 De acuerdo con otro aspecto de la invención, el flotador asimétrico puede acoplarse al mástil para permitir que estos se muevan hacia arriba y hacia abajo con relación entre sí mientras que bloquean el movimiento de rotación relativo. Para girar el flotador, el mástil y el flotador se desacoplan para permitir que el flotador gire con relación al mástil.

15 Breve descripción de las Figuras

En las figuras adjuntas, que no se dibujan a escala, al igual que los caracteres de referencia indican los mismos componentes, y

Las Figuras 1A y 1B son vistas en sección transversal sumamente simplificadas de los WECs de la técnica anterior;

20 La Figura 1C es una vista superior de un flotador "simétrico", el cual puede usarse en los WECs de las Figuras 1A o 1B; La Figura 1D es un dibujo simplificado idealizado que ilustra el efecto de una ola entrante en un flotador formado simétricamente (de acuerdo con la técnica anterior) y en un flotador formado asimétricamente (destinado para usarse en la práctica de la invención);

La Figura 2 es una vista en sección transversal sumamente simplificada de un WEC que incorpora la invención;

25 La Figura 2A es una vista superior de un flotador asimétrico (elíptico) para usarse en la práctica de la invención;

La Figura 2B es una vista superior de un flotador asimétrico oblongo (cuadrado) para usarse en la práctica de la invención;

La Figura 2C es una vista isométrica de un flotador elíptico asimétrico y el mástil para usarse en la práctica de la invención;

30 La Figura 2A(1) es una vista superior simplificada e idealizada de un flotador asimétrico con su lado "largo" orientado para capturar las olas que se aproximan para la eficiencia de conversión de energía aumentada (captura de energía máxima) de acuerdo con la invención;

Las Figuras 2A(2) es una vista superior simplificada e idealizada, de un flotador asimétrico con su lado "corto" orientado a encarar las olas que se aproximan bajo condiciones de tormenta para reducir las fuerzas a las que se somete el WEC;

35 La Figura 3 muestra una comparación de la conversión de energía de las olas para un flotador circular (ver Figuras 1A o 1B) y un flotador elíptico (ver Figuras 2, 2A), con una relación de aspecto de 1:4 en una configuración de eje largo que encara las olas entrantes y en una configuración "frontal" (eje largo paralelo las olas entrantes);

La Figura 4 es un diagrama de bloques simplificado de un sistema electromecánico para cambiar y controlar la orientación de un flotador asimétrico;

40 La Figura 5 es un dibujo simplificado de un WEC que ilustra el uso de un sistema electromecánico para cambiar y controlar la orientación de un flotador asimétrico;

Las Figuras 6A, 6B y 6C son diagramas sumamente simplificados de un aparato para controlar la orientación de un flotador asimétrico de acuerdo con la invención;

45 Las Figuras 7A, 7B y 7C son diagramas sumamente simplificados de diferentes flotadores asimétricos formados para controlar pasivamente la orientación de los flotadores;

La Figura 8A es una vista superior de un flotador intercalado con un mástil;

La Figura 8B es un diagrama en sección transversal sumamente simplificado de un mecanismo de amarre y anclaje para permitir que un flotador y un mástil del tipo mostrado en la Figura 8A giren conjuntamente; y

50 La Figura 8C es una vista superior de la porción sumergida del mástil de la Figura 8B por debajo del flotador que ilustra, además, el arreglo de amarre y anclaje para el WEC mostrado en las Figuras 8A y 8B.

Descripción detallada de la invención.

55 La Figura 2 es un diagrama en sección transversal simplificado que ilustra que un WEC que incorpora la invención incluye: (A) un flotador asimétrico 10; (b) un mástil 20; (c) una PTO 30 acoplada entre el flotador y el mástil para convertir su movimiento relativo en energía útil (por ejemplo, energía eléctrica); y (d) un aparato 400 acoplado al flotador 10 para cambiar la orientación de y/o hacer girar el flotador 10 como una función de ciertas condiciones de las olas y/o otras condiciones seleccionadas, tales como, por ejemplo, de mantenimiento.

60 El flotador asimétrico 10 se orienta normalmente de modo que su lado más largo encara las olas entrantes cuando las amplitudes de las olas están dentro de un intervalo "normal". Para la condición donde la dirección de las olas entrantes cambia, el flotador asimétrico 10 se hace girar de modo que su lado más largo sigue frente a las olas entrantes, manteniendo así la captura de energía mejorada. Sin embargo, cuando las amplitudes de las olas exceden el "intervalo normal", el flotador se reorienta de modo que su lado más estrecho encara las olas entrantes.

65

De acuerdo con un aspecto de la invención, el flotador asimétrico 10 puede girarse (en incrementos o continuamente) como una función de un cambio en la dirección de las olas entrantes de manera que se mantiene su eje largo (o permanece) generalmente perpendicular a la dirección de las olas entrantes para mantener la eficiencia de producción de energía mejorada.

5

El flotador de forma asimétrica 10 puede tener una forma elíptica como se muestra en las Figuras 2A y 2C, o una forma rectangular "de caja" como se muestra en la Figura 2B, o puede tener cualquier número de diferentes formas adecuadas. Los flotadores en forma asimétrica, contemplados para usarse en la práctica de la invención, tienen un lado ("eje") que es mayor (más largo) que el otro lado. Como se muestra en las Figuras 2A, 2B y 2C, el lado ("manga") más largo (o eje más largo) del flotador tiene una dimensión "L" y el lado ("cabeza") más corto, o más estrecho (o eje más corto) tiene una dimensión "W"; donde L es mayor que W. La longitud "L" puede expresarse como una función de kW; donde k es cualquier número mayor que uno (1); y el límite superior en "k" es la viabilidad estructural del flotador. Cuando operativa, el flotador tiene superior e parte inferior superficies que se encuentran o extienden a lo largo de, y generalmente paralelo a, la superficie de la masa de agua y el flotador sube y baja generalmente en fase con las olas. Cada una de las modalidades del flotador asimétrico proporciona los beneficios asociados con la presente invención (es decir, la energía aumentada en las olas operacionales, la sensibilidad disminuida a las olas de tormenta en condiciones de supervivencia).

10

15

En los sistemas que incorporan la invención, el mástil 20 puede anclarse firmemente al fondo marino (como se muestra, por ejemplo, en la Figura 1A) o este puede permitirse moverse hacia arriba y hacia abajo en una dirección generalmente perpendicular a la superficie de la masa de agua (como se muestra, por ejemplo, en la Figura 1B).

20

La PTO 30 puede ser cualquier dispositivo de toma de fuerza acoplado entre el mástil y el flotador para la conversión de su movimiento relativo en energía útil (por ejemplo, energía eléctrica). A modo de ejemplo la PTO puede ser del tipo de piñón y cremallera o un generador eléctrico lineal o cualquier otra PTO adecuada. Tenga en cuenta que, típicamente, una parte de la PTO se conecta al flotador y otra parte se conecta al mástil y que estas dos partes de la PTO deben interactuar (acoplarse) para producir la energía útil. Cuando el flotador se somete a rotación, es imprescindible asegurar que se mantenga la integridad estructural de la PTO. Para ciertos tipos de dispositivos PTO, donde el mástil y el flotador se unen mecánicamente entre sí (e incluso donde estos se acoplan solo electromagnéticamente) se requieren medios para: (a) desacoplar el mástil del flotador para permitir que el flotador se mueva en rotación independientemente de, y con relación a, el mástil; o (b) mantener el acoplamiento mecánico entre el mástil y el flotador mientras se proporciona un aparato de amarre para permitir que el mástil y el flotador giren conjuntamente.

25

30

Como se muestra en las Figuras, los WECs que incorporan la invención incluyen un aparato 400 para controlar y cambiar la orientación ("rotación") del flotador 10. El aparato 400 puede ser pasivo o activo, como se discute más abajo. A continuación, se revisará más a fondo la necesidad de cambiar la orientación del flotador. La Figura 2A(1) muestra el flotador asimétrico 10 orientado de tal manera que su lado largo ("eje") es generalmente perpendicular a la dirección de las olas entrantes. Esta configuración asegura que se obtenga más energía y se consiga mayor eficiencia de conversión de energía para un amplio intervalo de olas de diferentes longitudes, en comparación con los flotadores simétricos de la técnica anterior (ver la Figura 3). Esta orientación (es decir, como se muestra en la Figura 2A1) se destina a mantenerse siempre que las amplitudes de las olas estén dentro de un intervalo preestablecido. El intervalo preestablecido puede definirse como el intervalo "normal" de amplitudes de las olas para las cuales el WEC ha de operarse para la orientación de la Figura 2A1. A manera de ejemplo, en el mar, donde el intervalo "normal" esperado de amplitudes de las olas es de hasta 5 metros, el WEC se diseña para responder a, y operar y soportar las fuerzas resultantes de las olas de hasta 5 metros de amplitud. Así, para el intervalo "normal" esperado de amplitudes de las olas, el WEC y su PTO 30 se diseñan para funcionar y operar totalmente para la orientación del flotador asimétrico representada en la Figura 2A1.

35

40

45

Como ya se indicó anteriormente y como se ilustra en la Figura 3, la energía (ver la forma de ola A) generada por un WEC que tiene un flotador asimétrico con su eje largo que encara (perpendicular a) las olas entrantes es mayor que: (a) la energía (ver la forma de ola B) generada por un WEC que tiene un flotador simétrico de semejante área superficial; y/o (b) la energía (ver forma de ola C) generada por el WEC con el flotador asimétrico cuando su eje corto encara las olas entrantes.

50

Sin embargo, cuando las amplitudes de las olas exceden el intervalo normalmente esperado para el cual se diseñó el WEC a soportar (por ejemplo, hay una condición de tormenta), las fuerzas que empujan el flotador y mástil (generalmente en direcciones opuestas) dan lugar a tensiones que pueden causar que el WEC (y la PTO) sufra daños irreparables. Tenga en cuenta que el flotador con forma asimétrica captura más de las fuerzas de las olas y por lo tanto funciona para aumentar las fuerzas potencialmente destructivas a las que se someten el flotador y el WEC bajo condiciones de tormenta. Este problema ha limitado el desarrollo de WECs con flotadores asimétricos o su uso en un sistema de producción de energía de WEC confiable. Hay dos problemas básicos con el uso de flotadores asimétricos: (1) las tensiones aumentadas para condiciones de tormenta; y (2) mantener el lado largo del flotador perpendicular a las olas que se aproximan y mantener la estructura y operatividad de la PTO.

55

60

Los solicitantes reconocieron los problemas y diseñaron un sistema en el que un flotador asimétrico: (1) puede girarse para realizar un seguimiento para maximizar el perfil del flotador que encara las olas entrantes para mejorar la captura

65

de energía; y (2) puede girarse para reducir el perfil del flotador que encara las olas entrantes para superar el problema con las fuerzas excesivas que se presentan bajo condiciones de tormenta. Por lo tanto, para condiciones similares a la condición de tormenta, el flotador se hace girar de modo que su porción más estrecha encara las olas entrantes como se muestra en la Figura 2A(2). En esta configuración hay un área frontal disminuida presentada a las olas entrantes, lo que resulta en fuerzas disminuidas sobre el WEC. Esto es significativo en, y para, la capacidad de supervivencia del WEC.

Pero tenga en cuenta que existen condiciones bajo las cuales puede ser conveniente operar todavía el WEC después de la rotación con una configuración "cabeza-a-las-olas". Ejemplo: En olas de gran longitud la disminución en el forcejeo de las olas es pequeño si se hace girar el flotador (pequeña debido a que la ola es demasiado larga). Sin embargo, habrá menos fuerza en los cojinetes, de manera que podría tener una mejora neta en energía.

El aparato de control 400 comprende el medio para cambiar y controlar la orientación del flotador 10. El aparato 400 puede ser un sistema activo o un sistema pasivo o un sistema híbrido. Además, el aparato 400 puede diseñarse para hacer que el flotador 10 gire de forma incremental o de manera continua en un amplio intervalo angular.

Una modalidad del aparato se muestra en forma de bloque sumamente simplificado en la Figura 4. Varias condiciones de las olas pueden detectarse y procesarse, y en base a la información procesada y los datos predeterminados, el flotador y/o el mástil pueden girarse para reorientar el flotador con respecto a la dirección de las olas entrantes.

La Figura 4 ilustra que pueden usarse muchos sensores diferentes para detectar la condición de las olas y proporcionar sus señales a un controlador 430. A modo de ejemplo:

- (a) un sensor de estado del mar 402 que detecta el movimiento diferencial entre el mástil y el flotador puede usarse para proporcionar señales al controlador; o
- (b) un acelerómetro 404 sensible al movimiento diferencial del mástil y el flotador puede usarse para proporcionar señales al controlador; o
- (c) un receptor 406 sensible a fuentes satelitales u otras fuentes externas puede usarse para proporcionar señales relacionadas con las olas (o cualquier otra condición del sistema) al controlador; o
- (d) un perfilador doppler acústico 408 o una boya de control de las olas puede usarse para suministrar señales relacionadas con las olas (o cualquier otra condición del sistema) al controlador 430; o
- (e) una boya de control de las olas auxiliar 410 puede usarse para detectar y suministrar señales al controlador.

En la Figura 4 se muestra un procesador de sensores de las olas 420 conectado entre los diferentes sensores de las olas y el controlador 430. Tenga en cuenta que esto es solo a manera de ejemplo, y que prácticamente cualquier tipo adecuado de sensor y procesador de las olas puede usarse para practicar la invención. Las señales de los diferentes sensores pueden suministrarse directamente o mediante una conexión inalámbrica al controlador 430. Aunque no se muestra explícitamente, se apreciará que los sensores y sus señales puedan acoplarse o suministrarse al procesador/controlador 430 mediante una conexión inalámbrica, o una conexión cableada, o mediante el uso de una comunicación a la red en tierra. También algunas señales, tales como las condiciones de las olas, o comandos pueden suministrarse al procesador 420 o controlador 430 por un pronóstico del tiempo/de ola externo (remoto o satelital).

En respuesta a las señales de condición de las olas recibidas, el controlador 430 suministra una señal de comando a un accionador de motor 440 que se acopla al flotador y/o al mástil para hacer que el flotador y/o el mástil giren a una nueva posición para hacer que el WEC produzca más energía o para reducir las fuerzas a las que se somete el WEC con el fin de aumentar su capacidad de supervivencia. El sistema de la Figura 4 proporciona un mecanismo activo para: (a) hacer girar el flotador asimétricamente independientemente del mástil (por ejemplo, cuando el flotador puede desacoplarse del mástil); y/o (b) hacer girar el flotador y el mástil conjuntamente (por ejemplo, donde estos se adecuan entre sí para evitar la rotación relativa entre el mástil y el flotador mientras que permiten el movimiento relativo hacia arriba y hacia abajo con relación entre sí.

Como se señaló anteriormente, el control de orientación 400 puede usarse para hacer girar el flotador en una base continua en el caso de que la dirección de las olas entrantes cambia con el fin de capturar más (o menos) de las olas entrantes. También hay que señalar que el flotador también puede hacerse girar mediante el control 400 de ser necesario para fines de mantenimiento.

El sistema de control que se muestra en la Figura 4 puede usarse para controlar el flotador asimétrico del WEC que se muestra en la Figura 5. La Figura 5 ilustra que puede proporcionarse un elemento 105 que incluye cojinetes lineales que se mueven hacia arriba y hacia abajo del eje 20. El elemento 105 también incluye cojinetes rotacionales alrededor de los cuales puede hacerse girar el flotador elíptico 10 de acuerdo con la invención. El elemento 105 contiene dentro de él una parte o toda la PTO 30. Esto evita la necesidad de la PTO de soportar los componentes giratorios del flotador/mástil. La rotación del flotador se lleva a cabo alrededor del elemento 105. Puede haber un controlador de rotación 400 situado en el interior del flotador.

Otro método para posicionar mecánicamente un flotador 10 se muestra en las Figuras 6A, 6B, y 6C. Este método se basa en el cambio de la configuración de patas de amarre para cambiar la orientación del WEC. Las Figuras 6A y 6B

muestran el WEC en la configuración operacional, de manera que el eje largo del flotador 10 es perpendicular a la dirección de incidencia de las olas. La Figura 6B es una vista desde arriba. Cada una de las dos patas de amarre "de arriba" 630 incluye un ancla 604, líneas de amarre 603, boyas de superficie auxiliares (ASBs) 602. Existe un mecanismo 600 en una o más de las líneas de amarre 603. El mecanismo 600 puede hacer que la pierna de amarre a la que este se une para aumentar o disminuir en longitud, lo que tendrá el efecto de hacer que el flotador 10 gire. La manera en que un cambio en la longitud de la línea de amarre 603 dará lugar a la rotación del WEC se indica mediante las diferentes configuraciones que se muestran en la Figura 6C y la Figura 6B.

Si el flotador se amarra mediante líneas de amarre, como se muestra en la Figura 6, entonces un medio para cambiar la orientación del flotador con un método pasivo consiste en hacer que el mecanismo de amarre 600 permita el movimiento de la línea de amarre 603 si la tensión excede un nivel predeterminado. El movimiento de la línea de amarre 603 dará lugar a la rotación del flotador de manera que el flotador se coloca en la orientación deseada con relación a las olas. Para que la rotación se lleve a cabo de acuerdo con la invención, sólo un mecanismo de amarre 600 necesita disponer de una capacidad de pago pasiva.

Otras estructuras para permitir que la orientación del flotador cambie, se muestran en las Figuras 7A, 7B y 7C. Estas estructuras permiten el uso de medios pasivos (y generalmente automáticos) para orientar y/o reorientar el flotador. En estas modalidades, cada flotador puede amarrarse mediante un mecanismo de cojinetes 105. De ser así, entonces los flotadores asimétricos tales como los que se muestran en las Figuras 7A, 7B, o 7C pueden hacerse autoorientarse pasivamente al permitir que el mecanismo de cojinetes gire libremente.

La Figura 7A muestra un WEC que tiene un flotador asimétrico 10 al que se une una aleta, o paleta, 170, para provocar, de manera pasiva, una rotación (reorientación) del flotador bajo condiciones de tormenta. Un mástil/eje 20 y un conjunto de cojinetes giratorios 105 se sitúan en el centro del flotador. La paleta 170 puede ayudar con la orientación pasiva del flotador bajo condiciones de tormenta. Bajo condiciones de las olas "normales", la paleta 170 no afectará significativamente la operación y/o la orientación del flotador 10. La paleta 170 simplemente se moverá hacia arriba y hacia abajo con el flotador, y no tendrá interacciones hidrodinámicas significativas. En condiciones de tormenta, si las olas inciden de tal manera que las crestas son paralelas con el eje más largo del flotador (que no es la orientación deseada), entonces habrá una fuerza grande en la paleta 170 que tenderá a hacer que el flotador 10 gire de manera que la paleta se oriente lejos de la dirección de las olas entrantes. Esto hará que el flotador 10 gire a la orientación deseada para las condiciones de tormenta. Debe apreciarse que este mecanismo puede usarse para posicionar correctamente el flotador de manera pasiva, o puede usarse para ayudar a un mecanismo de posicionamiento mecánico, o podría servir como un método infalible para posicionar el flotador en el caso de un fallo de un mecanismo (activo) de posicionamiento mecánico.

La Figura 7B muestra una modalidad en la que el eje central 20, y el cojinete giratorio 105 no se centran en el flotador. El desplazamiento se destina a ayudar a orientar el flotador en condiciones de tormenta como un mecanismo de posicionamiento pasivo como se discutió para el flotador que se muestra en la Figura 7A.

La figura 7C muestra una modalidad en la que el flotador 10 no es simétrico alrededor del eje central 20. El flotador es cónico que tiene un mayor ancho en un extremo y luego disminuye hasta una punta en su otro extremo. Esta modalidad se destina para proporcionar los beneficios de tener un eje más largo y más corto y el beneficio de la orientación pasiva, pero con una mejora sobre la forma indicada en la Figura 7B. La modalidad mostrada en la Figura 7B puede tener relativamente grandes cargas de cojinetes en el eje central 20 en condiciones operacionales. Estas grandes cargas de cojinetes se producen debido a que el área de flotación (y por lo tanto la fuerza boyante) en un lado del eje central es mucho mayor que en el otro. La modalidad mostrada en la Figura 7C se destina a tratar esta distribución de cojinetes.

Las Figuras 8A y 8B ilustran un WEC que tiene un mástil 20 intercalado con un flotador 10 de tal manera que estos pueden moverse hacia arriba y hacia abajo (en balanceo vertical) con relación entre sí, mientras que prevén cualquier movimiento de rotación significativo del mástil con relación a flotador. Para esta configuración, es poco práctico, si no imposible desacoplar el flotador y el mástil. Por lo tanto, cuando el flotador se hace girar para optimizar la eficiencia de conversión de energía, es necesario que el mástil también gire junto con el flotador. Las Figuras 8B y 8C ilustran un mecanismo de amarre y anclaje que permite que el mástil gire junto con el flotador mientras que previene que el WEC se vaya a la deriva. Como se muestra en la Figura 8B, una PTO 30 conectada entre el flotador y el mástil puede, en todo momento, convertir su movimiento hacia arriba/abajo en energía eléctrica. El control de rotación 400 se acopla al flotador y/o mástil para hacer que estos giren al unísono. El mástil puede girar pero se mantiene en su lugar en una dirección vertical por medio de un manguito 801 mostrado que se extiende más abajo del flotador y a lo largo de una porción sumergida del mástil. Las Figuras 8B y 8C muestran 3 anclajes 803 unidos al manguito 801 para mantenerlo en su lugar. La porción inferior del mástil se muestra para terminarse en una placa 805 que puede funcionar como una placa de oscilación y para contener el manguito por encima de una cierta parte del mástil. El mecanismo de amarre y anclaje particular mostrado en las Figuras es para propósitos de ilustración y puede usarse cualquier otro arreglo adecuado que permita que el mástil gire junto con el flotador.

Reivindicaciones

1. Un convertidor de energía de las olas (WEC) que comprende:
 5 un flotador de forma asimétrica (10) que tiene una longitud (L) y un ancho (W), en donde la longitud, L, es mayor que el ancho, W, y un mástil (20), donde el mástil y el flotador se mueven con relación entre sí como una función de las olas;
 un dispositivo de toma de fuerza (PTO) (30) acoplado entre el flotador asimétrico y el mástil para convertir su movimiento relativo en energía útil; y
 10 un aparato (400) acoplado al flotador para controlar y cambiar la orientación del flotador como una función de al menos una de la dirección y la amplitud de las olas, caracterizado en que el aparato incluye medios para orientar el lado más largo del flotador a encarar las olas que se aproximan cuando la amplitud de las olas está por debajo de una amplitud predeterminada y para reorientar el flotador de modo que su lado más estrecho encara las olas entrantes cuando la amplitud de las olas está por encima de un nivel predeterminado.
- 15 2. Un convertidor de energía de las olas (WEC) como se reivindicó en la reivindicación 1, en donde dicho flotador (10) tiene superficies superior e inferior que se extienden a lo largo de un plano generalmente paralelo a la superficie de una masa de agua y dicho flotador se mueve hacia arriba y hacia abajo generalmente en fase con las olas presentes en la masa de agua; y
 20 en donde dicho mástil (20) se extiende en una dirección generalmente perpendicular a la superficie de la masa de agua y dicho mástil es estacionario o se mueve diferencialmente con relación al flotador.
3. Un convertidor de energía de las olas (WEC) como se reivindicó en la reivindicación 1, en donde dicho aparato incluye medios (402, 404, 406, 408, 410) para detectar la amplitud de las olas; y en donde, para la amplitud de
 25 las olas que es menor que un valor predeterminado, el lado largo del flotador se orienta a encarar las olas entrantes; y en donde, para la amplitud de las olas que es mayor que un valor predeterminado, el lado más estrecho del flotador se orienta a encarar las olas entrantes y el lado más largo se orienta en una posición generalmente paralela a las olas que se aproximan.
4. Un convertidor de energía de las olas (WEC) como se reivindicó en la reivindicación 1, en donde dicho aparato incluye medios para detectar la dirección de las olas; y en donde, dichos medios (400) para controlar la
 30 orientación del flotador incluye medios para mantener el lado largo del flotador orientado a encarar las olas entrantes cuando su dirección cambia.
5. Un convertidor de energía de las olas (WEC) como se reivindicó en la reivindicación 1, en donde dicho aparato para orientar el flotador incluye uno de los medios activos y medios pasivos para hacer girar el flotador.
 35
6. Un convertidor de energía de las olas (WEC) como se reivindicó en la reivindicación 3, en donde dicho aparato para orientar el flotador incluye medios activos para hacer girar el mástil y el flotador.
- 40 7. Un convertidor de energía de las olas (WEC) como se reivindicó en la reivindicación 3, en donde dicho aparato para orientar el flotador incluye medios pasivos para hacer girar el flotador y también el mástil.
8. Un convertidor de energía de las olas (WEC) como se reivindicó en la reivindicación 1, en donde dicho flotador de forma asimétrica tiene una de las formas generalmente elíptica y rectangular.
 45
9. Un convertidor de energía de las olas (WEC) como se reivindicó en la reivindicación 1, en donde el valor de L es igual a kW , donde k es cualquier número mayor que uno (1) y en donde la longitud L del flotador se selecciona para que sea una fracción de las longitudes típicas de las olas donde se encuentra el WEC.
- 50 10. Un convertidor de energía de las olas (WEC) como se reivindicó en la reivindicación 1, en donde dicho aparato para orientar el flotador incluye medios activos para hacer girar el flotador que también incluye un mecanismo de detección de la amplitud de las olas para suministrar señales correspondientes a un procesador de señal (420) y un controlador (430) para operar un sistema electromecánico (440) acoplado al flotador para controlar su orientación.
 55
11. Un convertidor de energía de las olas (WEC) como se reivindicó en la reivindicación 1, en donde dicho aparato para orientar el flotador incluye una aleta (170) unida a la parte larga del flotador para extender de manera efectiva la longitud del flotador.
- 60 12. Un convertidor de energía de las olas (WEC) como se reivindicó en la reivindicación 1, en donde dicho aparato para orientar el flotador incluye montar el flotador con relación al mástil de manera que el centro del flotador se encuentra descentrado con relación al mástil.
- 65 13. Un convertidor de energía de las olas (WEC) como se reivindicó en la reivindicación 1, en donde el flotador asimétrico se forma de tal manera que el ancho del flotador es cónico para variar a lo largo de su longitud, siendo más ancho en un extremo y más estrecho en su otro extremo.

14. Un convertidor de energía de las olas (WEC) como se reivindicó en la reivindicación 1, en donde dicho mástil y flotador se intercalan de manera que el mástil y el flotador giran al unísono.
- 5 15. Un convertidor de energía de las olas (WEC) como se reivindicó en la reivindicación 14, en donde un sistema de anclaje y amarre se acopla al mástil para permitir que este gire y se mueva hacia arriba y hacia abajo al tiempo que evita el desplazamiento lateral excesivo.
- 10 16. Un convertidor de energía de las olas (WEC) como se reivindicó en la reivindicación 15, en donde el sistema de anclaje y amarre incluye un manguito montado alrededor de una porción sumergida del mástil y medios conectados al manguito para anclarlo al fondo del mar.
- 15 17. Un método para operar un convertidor de energía de las olas (WEC), que tiene un flotador y un mástil que se mueven con relación entre sí y un dispositivo de toma de fuerza (PTO) conectado entre el flotador y el mástil para convertir su movimiento relativo en energía útil, con el fin de aumentar su capacidad de generación de energía y su capacidad de supervivencia que comprende los etapas de:
seleccionar el flotador que sea un flotador asimétrico en donde un lado sea más largo que el otro;
orientar el flotador de modo que su lado más largo encare las olas entrantes cuando las amplitudes de las olas estén por debajo de un valor predeterminado con el fin de aumentar su capacidad de producción de energía; y
20 orientar el flotador de modo que su lado más largo sea generalmente paralelo a las olas entrantes y su lado más corto encare las olas entrantes cuando las amplitudes de las olas estén por encima de un valor predeterminado para reducir las fuerzas a las que se somete el flotador.
- 25 18. Un método para operar un WEC como se reivindicó en la reivindicación 17, en donde las etapas de orientar el flotador incluyen detectar la amplitud de las olas mediante un medio de procesamiento de señales e incluye la etapa de procesar señales que corresponden a la amplitud detectada para determinar la orientación del flotador.

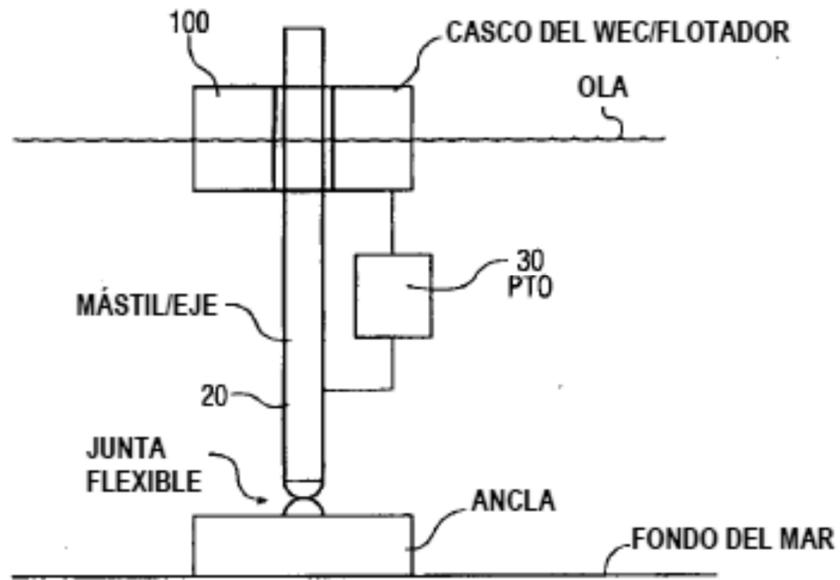


FIGURA 1A
TÉCNICA ANTERIOR

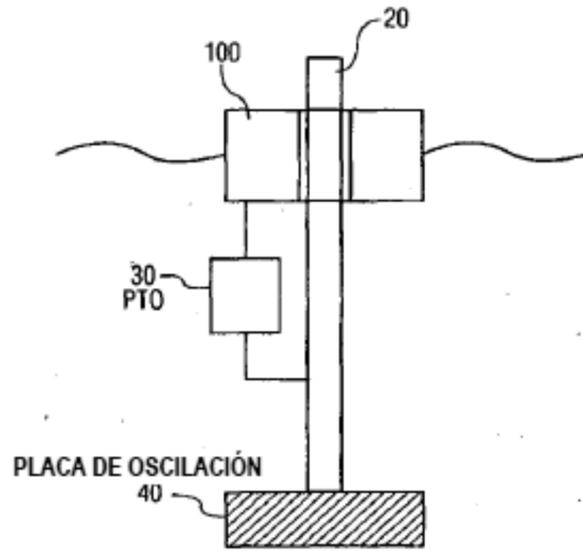


FIGURA 1B
TÉCNICA ANTERIOR

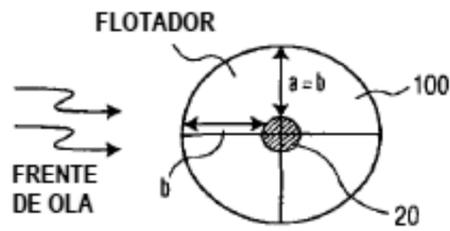


FIGURA 1C
TÉCNICA ANTERIOR

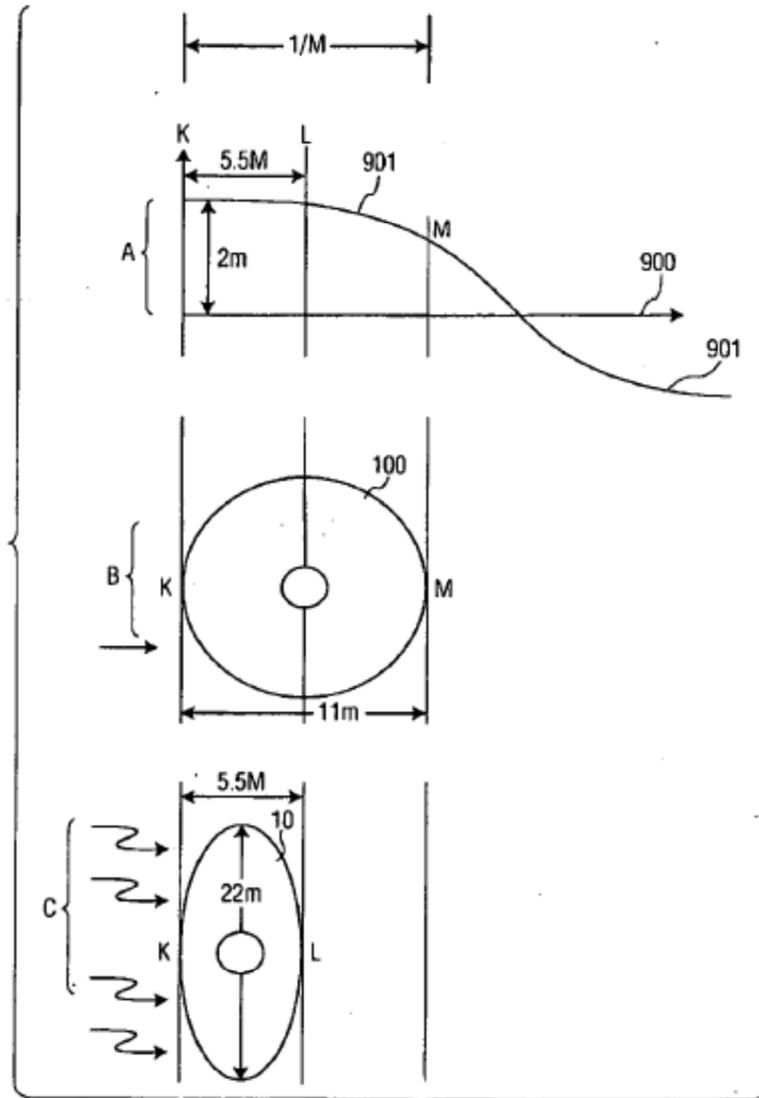


FIGURA 1D

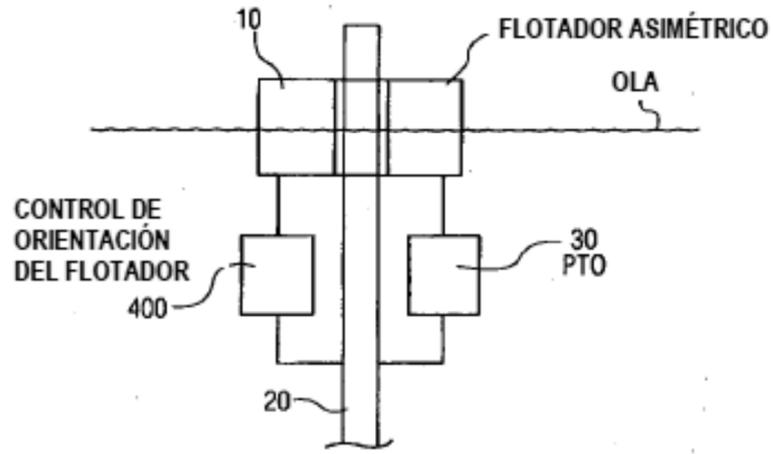


FIGURA 2

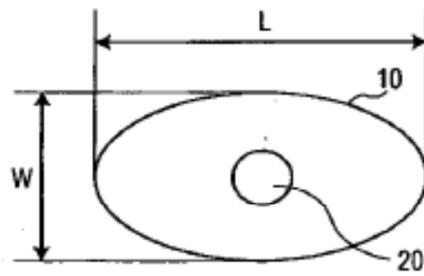


FIGURA 2A

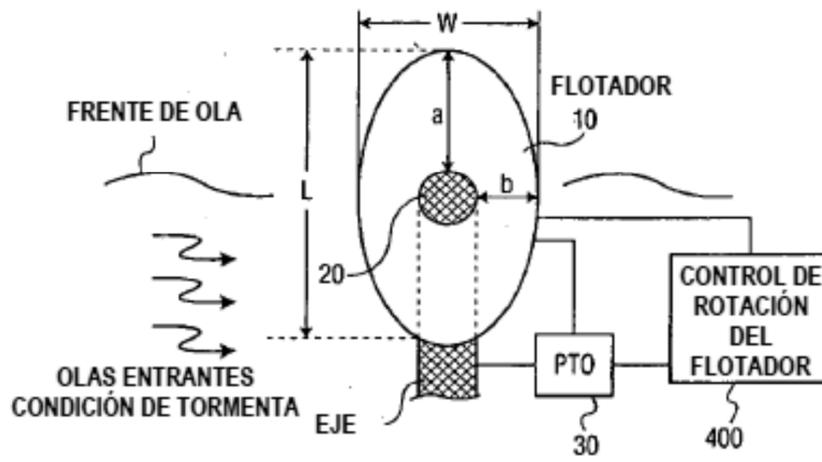


FIGURA 2A(1)

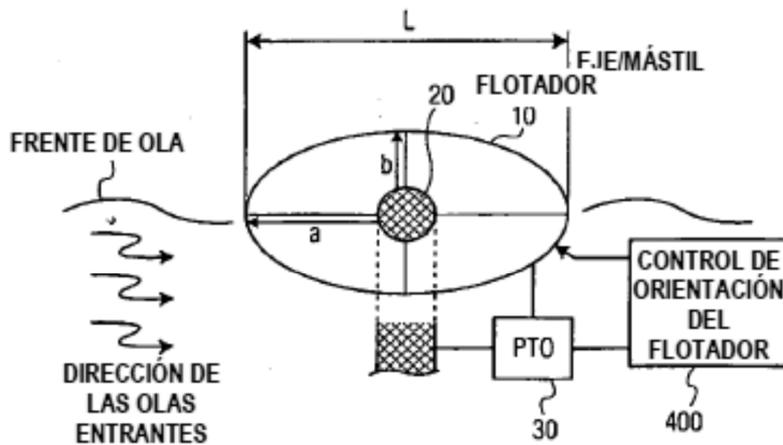


FIGURA 2A(2)

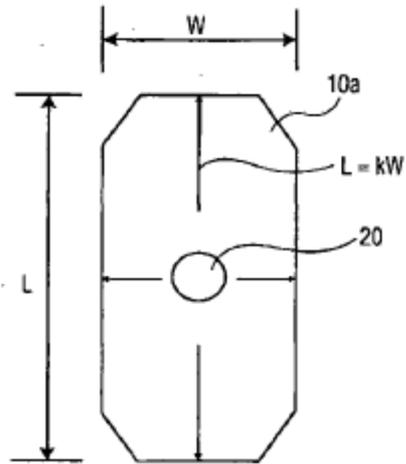


FIGURA 2B

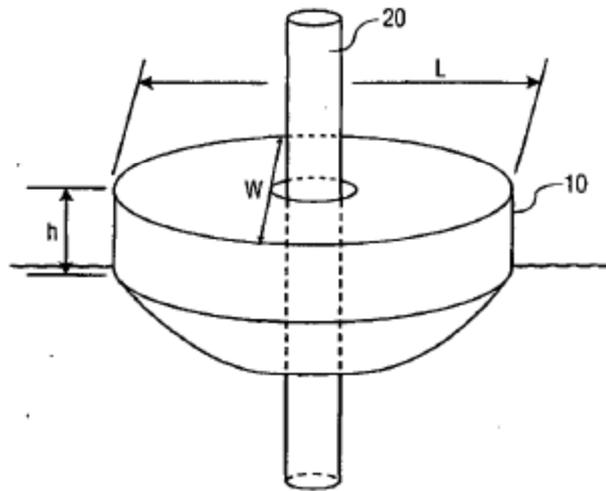
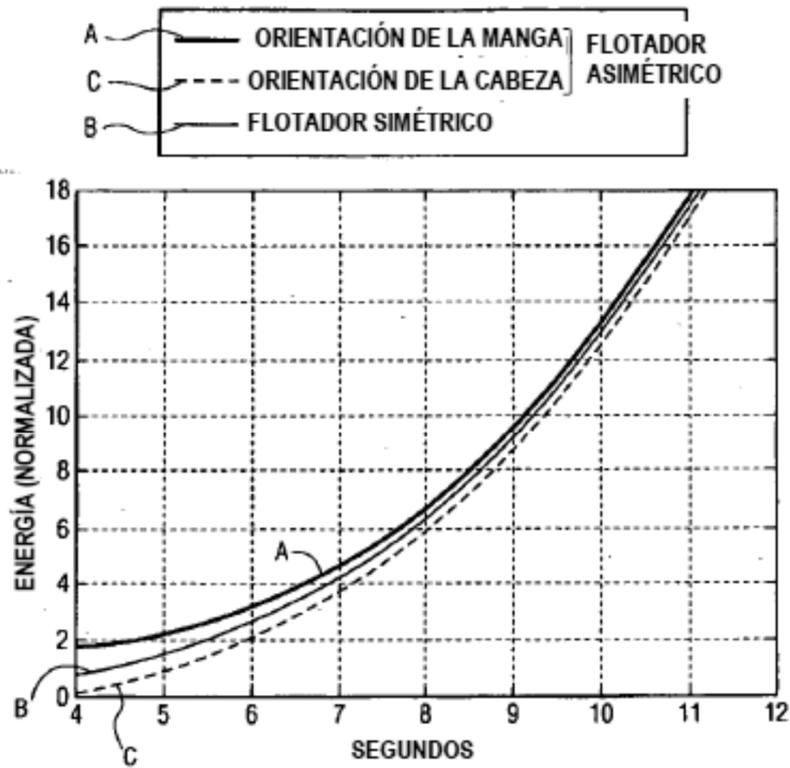


FIGURA 2C



ENERGÍA GENERADA Vs PERÍODO DE LAS OLAS PARA UN FLOTADOR SIMÉTRICO Y PARA DOS ORIENTACIONES DIFERENTES DE UN FLOTADOR ASIMÉTRICO

FIGURA 3

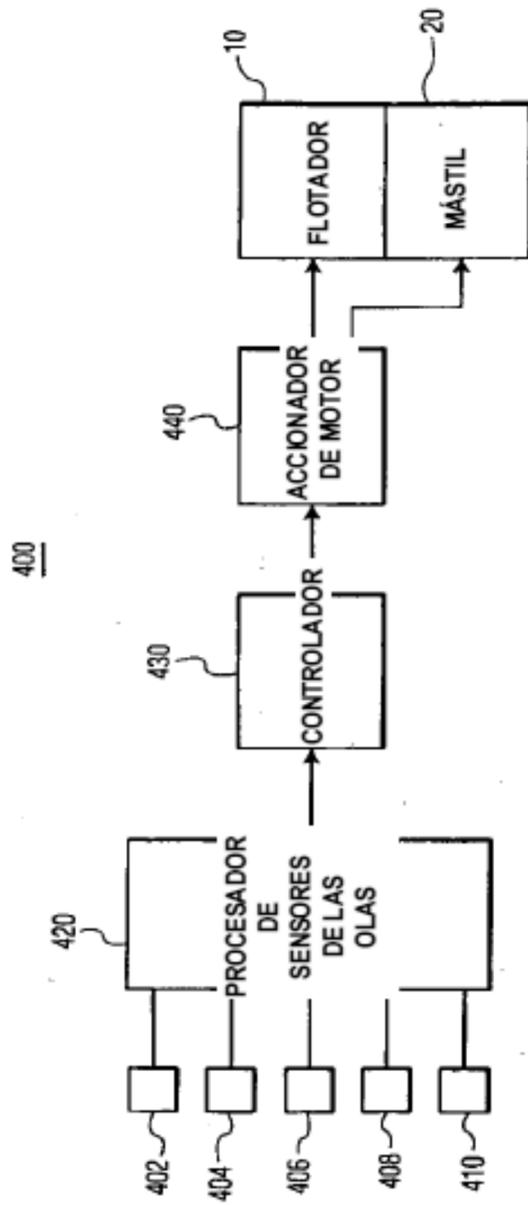


FIGURA 4

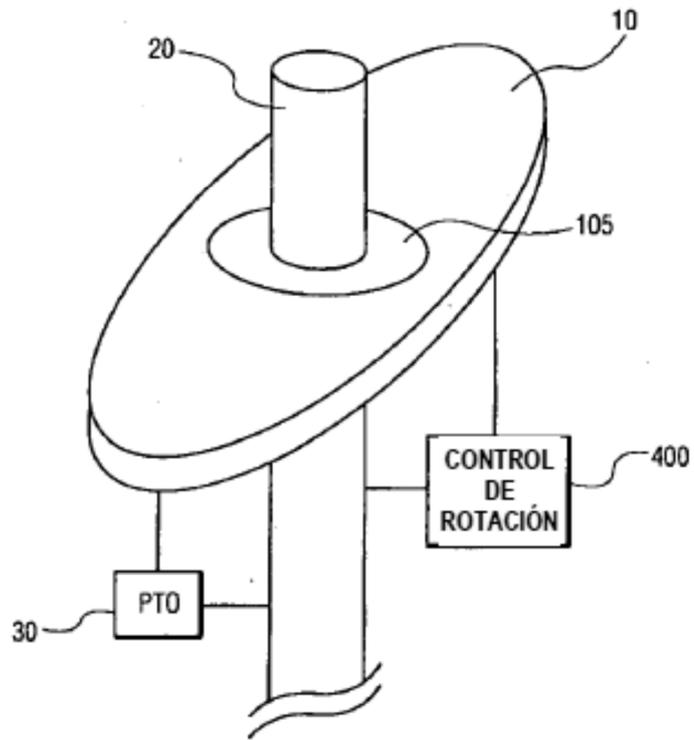


FIGURA 5

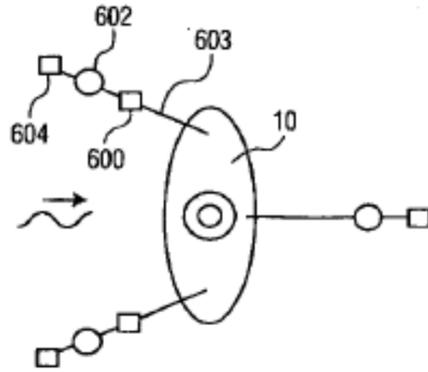


FIGURA 6B

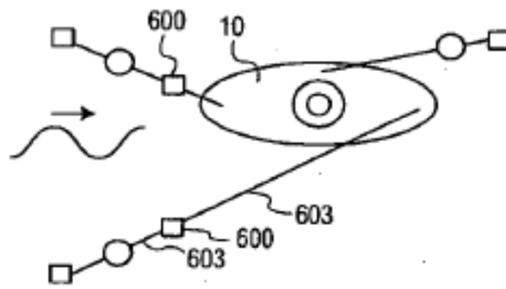


FIGURA 6C

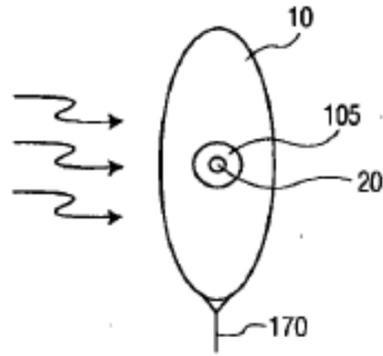


FIGURA 7A

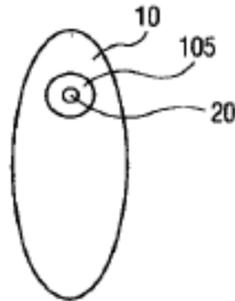


FIGURA 7B

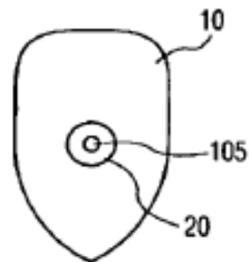


FIGURA 7C

