



# OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11) Número de publicación: 2 698 900

61 Int. Cl.:

F03B 11/00 (2006.01) F03B 13/20 (2006.01) F03B 13/16 (2006.01)

(12)

# TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: 26.03.2012 PCT/US2012/030583

(87) Fecha y número de publicación internacional: 04.10.2012 WO12135127

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: 26.03.2012 E 12763750 (2)

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: 26.09.2018 EP 2691637

(54) Título: Dispositivos y sistemas convertidores de energía de las olas accionados por cabeceo

(30) Prioridad:

28.03.2011 US 201161516025 P 28.03.2011 US 201161516004 P 28.03.2011 US 201161516003 P

Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente: **06.02.2019** 

(73) Titular/es:

OCEAN POWER TECHNOLOGIES, INC. (100.0%) 28 Engelhard Drive, Suite B Monroe Township NJ 08831, US

(72) Inventor/es:

STEWART, DAVID B.

(74) Agente/Representante:

**TOMAS GIL, Tesifonte Enrique** 

#### **DESCRIPCIÓN**

Dispositivos y sistemas convertidores de energía de las olas accionados por cabeceo

#### 5 ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

[0001] Esta invención se refiere a nuevos dispositivos convertidores de energía de las olas (WEC) que responden a las olas con periodos relativamente cortos y a (sistemas) boyas WEC que utilizan tales dispositivos.

- 10 [0002] El diseño de los WEC del estado de la técnica se ha focalizado, principalmente, en el desarrollo de sistemas de respuesta a la ola (o hacia arriba y hacia abajo) "arfada" que son más eficaces en los climas de olas altamente energéticas con alta amplitud, olas de periodo largo (por ejemplo, el noroeste del Pacífico de Estados Unidos, Europa, Australia). La expectativa era que los sistemas WEC que responden a la arfada se hicieran primero económicamente viables en estas ubicaciones. No obstante, las tecnologías WEC que responden a la arfada son comparativamente ineficientes en los climas de olas con olas de periodo corto (por ejemplo, el este de Estados Unidos, golfo de México, Hawái, norte y oeste de Reino Unido, Japón).
- [0003] Una tecnología WEC de interés que se puede referir a una tecnología WEC de masa en muelle o MOSWEC (ver USP #7,443,046 y USP8,067,849) incluye el uso de pesos internos ("masas de reacción"), fijados a un casco/contenedor externo con muelles, que oscilan cuando las olas actúan sobre el casco. Una ventaja de la tecnología MOSWEC es que todas las partes móviles pueden estar herméticamente selladas en un entorno de nitrógeno seco, mejorando su supervivencia en el entorno de océano. No obstante, un problema con la tecnología MOSWEC es la implementación de los muelles. Deben ser lo suficientemente "blandos" para permitir que las masas de reacción oscilen a una frecuencia cerca de la frecuencia de ola predominante, aún siendo lo suficientemente rígidos para mantener las masas de reacción cerca de su centro de desplazamiento. Cuando las masas de reacción son muy pesadas (mil kilogramos o más), los muelles físicos conocidos que se necesitan para contrarrestar las fuerzas gravitacionales no son satisfactorios. Como resultado, la tecnología MOSWEC se limita actualmente a aplicaciones WEC autónomas de potencia relativamente pequeña.
- 30 [0004] La US 2009/160191 A1 divulga un WEC donde una masa de reacción se mueve con respecto a un cuerpo principal donde se lleva, por ejemplo, una masa balanceándose en una vía montada dentro de un casco de barco. La US 2009/0146429 divulga un pilar que aloja un PTO y montando un par de flotadores deslizables verticalmente en el pilar, enlazados mediante cables y poleas, se permite el movimiento relativo entre los flotadores y el pilar en la transferencia de conductor al PTO.
  35
  - [0005] Hay una necesidad de dispositivos WEC que sean eficaces y rentables para las olas de periodo corto y que no requieran muelles para contrarrestar la gravedad (como por el estado de la técnica) y de sistemas que incorporen tales dispositivos WEC.

## 40 **RESUMEN DE LA INVENCIÓN**

[0006] La invención se define en las reivindicaciones.

- [0007] La invención del solicitante se refiere a una tecnología WEC nueva que se puede referir como tecnología 45 WEC accionada por cabeceo (PD) y que, en su implementación, elimina la necesidad de que los muelles superen fuerzas gravitacionales. En la tecnología WEC "accionada por cabeceo" ("PDWEC"), las masas de reacción se colocan en extremos diametralmente opuestos de un contenedor diseñado para flotar a lo largo de la superficie de una extensión de agua. Las masas de reacción se pueden conectar a través de enlaces adecuados (por ejemplo, mecánico, hidráulico, neumático) que hace que las masas de reacción funcionen como 50 contrapesas entre sí. Conforme a la invención, al menos dos masas de reacción están dispuestas en extremos opuestos de un contenedor diseñado para flotar a lo largo de la superficie de una extensión de agua y para responder al movimiento de las olas. Las dos masas de reacción se interconectan para funcionar de modo que se contrabalanceen una a la otra, por lo cual cuando una masa de reacción se conduce en una dirección ascendente la otra masa de reacción se conduce en dirección descendente en la dirección opuesta, y viceversa. 55 Esto habilita el movimiento oscilatorio eficaz de las masas de reacción sin la necesidad de muelles "gravitacionales".
- [0008] La necesidad de utilizar muelles para contrarrestar fuerzas gravitacionales se elimina; (pueden todavía utilizarse muelles para sintonizar el sistema y hacer que este oscile; pero estos muelles pueden ser muelles "blandos" o muelles eléctricamente efectuados.) Debido al comportamiento de "vaivén" de cada par de masas de reacción, los dispositivos PDWEC capturan energía principalmente de las fuerzas y movimientos de cabeceo (proa y popa) y balanceo (lado a lado).
- [0009] Como se ha indicado anteriormente, las tecnologías del estado de la técnica, que utilizan fuerzas y movimientos de arfada (hacia arriba y hacia abajo) para aprovechar la energía de las olas, recoger la energía más eficazmente y efectivamente en respuesta a olas de periodo largo. En cambio, en respuesta a olas de baja

## ES 2 698 900 T3

amplitud, de periodo corto, la recogida de energía utilizando la fuerza y movimiento de cabeceo y balanceo de una boya WEC puede ser más eficiente.

- [0010] Los dispositivos WEC nuevos se refieren en este caso a dispositivos convertidores de energía de las olas "accionados por cabeceo" (PDWEC). Los nuevos dispositivos PDWEC se pueden alojar en contenedores diseñados para mejorar la respuesta al "cabeceo" de las olas. Los dispositivos PDWEC son igualmente aplicables y responden al movimiento de "balanceo" de las olas cuando están localizados apropiadamente dentro de su contenedor.
- 10 [0011] En la discusión que sigue y en las reivindicaciones anexas, un "sistema WEC" o una "boya WEC" se destinan a referirse a, e incluyen, un contenedor, de cualquier forma adecuada, que incluye dispositivos WEC. En sistemas/boyas WEC que contienen la invención, se incluye al menos un dispositivo WEC que principalmente responde al cabeceo (o balanceo) de su contenedor debido a las olas.
- 15 [0012] Un dispositivo PDWEC que contiene la invención está diseñado para responder principalmente a las olas que causan el hundimiento hacia adelante y hacia atrás ("cabeceo") del dispositivo WEC y es altamente eficaz y rentable cuando se ponen en práctica por olas de periodo relativamente corto. Los dispositivos PDWEC que contienen la invención se pueden alojar en boyas WEC, o ser parte de un sistema WEC, que está sujeto a olas que causan "cabeceo" (o "balanceo"). Los dispositivos PDWEC difieren de dispositivos WEC que responden a la arfada que principalmente responden a las olas que causan que en una boya WEC arfe (se mueva) hacia arriba y hacia abajo.
  - [0013] Se pueden utilizar diferentes tipos de dispositivos PDWEC con disposiciones diferentes de masas de reacción pareadas para mejorar la respuesta al movimiento de cabeceo y/o balanceo para practicar la invención.
  - [0014] Otro aspecto de la invención se refiere a formas diferentes de los contenedores para mejorar el movimiento de cabeceo/balanceo.
- [0015] El contenedor/casco de una boya WEC que contiene la invención puede ser una estructura simétrica o asimétrica a lo largo del plano horizontal y puede estar completamente o parcialmente cerrada. Las estructuras simétricas pueden ser más fáciles de diseñar y de construir. Las estructuras asimétricas, como un casco del barco, pueden permitir una reducción en el número de masas de reacción y PTO, y por lo tanto puede ser un mejor método en algunos casos. Si se utiliza una estructura asimétrica, el casco necesitará algún sistema para mantenerlo dirigido en la dirección de las olas predominantes. La señalización se puede proporcionar por un dispositivo de amarre o veleta, o un dispositivo de impulso activo (por ejemplo un propulsor o propulsor accionado).
- [0016] La longitud (L) de un contenedor/casco de una boya WEC [y/o su anchura (W)] se puede seleccionar para ser una proporción de la longitud de ola típica (promedio) de las olas donde se acciona. La longitud (o anchura) puede variar de una fracción pequeña de una longitud de ola a casi una longitud de ola completa. No obstante, para una mejor respuesta de cabeceo, la longitud (y/o anchura) del contenedor debería ser aproximadamente igual a 1/2 de la longitud de ola de las olas.
- [0017] La altura (H) del contenedor puede variar sobre un amplio rango (por ejemplo, de 0,1 a 1,5 veces la longitud del contenedor. La altura seleccionada del contenedor/casco puede ser una función de una variedad de factores [por ejemplo, tal como el desplazamiento deseado o distancia de desplazamiento para las masas de reacción que define el recorrido, el francobordo (altura sobre el agua), estabilidad y flotabilidad].
- [0018] La invención del solicitante es también adecuada para crear un diseño para un sistema de conversión ("PDWEC") de energía de las olas "provocada por el cabeceo" a escala de utilidad. Los dispositivos accionados por el cabeceo se pueden utilizar para formar una "granja de olas" con las salidas de los dispositivos diferentes que se recogen y se combinan para proporcionar una salida común.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

25

55

- [0019] En los diagramas de acompañamiento, que no están dibujados a escala, los mismos caracteres de referencia indican los mismos componentes: v
- La figura 1 es un dibujo isométrico altamente simplificado que muestra un contenedor/casco de una boya WEC que se puede utilizar para realizar la invención;
  - La figura 2A es un dibujo isométrico altamente simplificado que muestra un dispositivo PDWEC que contiene la invención montado dentro de un contenedor de una boya WEC conforme a la invención;
- La figura 2B es un dibujo de corte transversal altamente simplificado que muestra un dispositivo PDWEC que contiene la invención situada dentro de un contenedor y dispuesta para conducir dos generadores;

5	La figura 2C es un dibujo de corte transversal altamente simplificado que muestra un dispositivo PDWEC que contiene la invención, cuyas masas de reacción están directamente conectadas a un PTO conforme a la invención;
	La figura 2D es un dibujo de corte transversal altamente simplificado que muestra un dispositivo PDWEC que contiene la invención, cuyas masas de reacción están: (a) acopladas entre sí utilizando dispositivos hidráulicos; y (b) están directamente conectadas a PTO según la invención;
10	La figura 3 es una vista desde arriba altamente simplificada que muestra dos conjuntos de dispositivos PDWEC emparejados que contienen la invención situada dentro de un contenedor;
	La figura 4 es un dibujo transversal altamente simplificado del sistema que se muestra en la figura 3;
15	La figura 5 es un dibujo que ilustra el efecto y la respuesta de una boya WEC a las olas de diferentes longitudes de ola;
20	La figura 6 es un dibujo de corte transversal altamente simplificado que muestra una modificación a la forma del contenedor de una boya WEC para mejorar su respuesta al cabeceo, conforme a la invención;
	La figura 7 es un dibujo de corte transversal altamente simplificado que muestra un dispositivo PDWEC apalancado "vaivén" que contiene la invención;
25	Las figuras 8A, 8B y 8C son dibujos isométricos de cascos/contenedores diferentes de forma asimétrica de tipo barco diseñados para responder al cabeceo de las olas y para mejorar la respuesta de los dispositivos PDWEC que se pueden montar aquí;
30	Las figuras 9A y 9B son vistas superiores y transversales, respectivamente, de un buque asimétricamente conformado, según las figuras, 8A, 8B, y 8C, donde se posicionan las masas de reacción a la "proa" y "popa", donde las masas pueden moverse linealmente arriba y abajo;
35	Las figuras 10A y 10B son vistas superiores y de corte transversal, respectivamente, de un dispositivo PDWEC que contiene la invención incluyendo masas de reacción interconectadas dispuestas para girar alrededor de puntos pivotantes;
33	La figura 11A es una vista isométrica altamente simplificada de dispositivos PDWEC multi-cubierta que contienen la invención que se interconectan conforme a la invención;
40	La figura 11B es un diagrama de la sección transversal altamente simplificado de parte de la figura 11A;
	La figura 11C es un diagrama de la sección transversal altamente simplificado de parte de la figura 11A que ilustra el uso de un sistema hidráulico para el acoplamiento de las masas de reacción;
45	La figura 12 es un diagrama de bloques de una boya de WEC multimodal en cuyo casco se instala un sistema de captura de energía de las olas provocada por cabeceo y un sistema de captura de energía de las olas que responde a la arfada.
50	Las figuras 12A, 12B y 12C son dibujos altamente simplificados en corte transversal de dispositivos de WEC que responden al movimiento de arfada que se pueden utilizar junto con PDWEC en una boya WEC;
	La figura 13 es un diagrama altamente simplificado que muestra una disposición de amarre para una boya WEC para permitir que esta cabecee o se balancee; y
55	La figura 14 es un dibujo de corte transversal altamente simplificado que muestra una conexión de articulación esférica para permitir al acoplamiento de la entrada/salida de energía eléctrica de una boya WEC a un sistema externo.

# DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS FORMAS DE REALIZACIÓN

60

65

[0020] La figura 1 muestra una boya WEC 10 que incluye un contenedor 100 que puede contener uno o varios dispositivos convertidores de energía de las olas (WEC). La boya tiene altura H, anchura W y longitud L. La boya está diseñada para responder a todo tipo de movimiento de las olas; por ejemplo, al movimiento de arfada (arriba y abajo), al movimiento de cabeceo (proa y popa) y al movimiento de balanceo (movimiento de lado a lado). Las dimensiones de la altura, longitud y anchura pueden variar a un amplio rango. La altura "H" está diseñada para proporcionar suficiente desplazamiento (para trayecto de desplazamiento, recorrido, de las masas de reacción) y

francobordo necesario para capturar la energía de las olas. Las dimensiones "L" y "W" pueden ser iguales para cascos simétricos. La dimensión L puede ser superior a W para cascos asimétricos. Para boyas WEC asimétricas accionadas por cabeceo, el lado más largo podría estar (o estaría) orientado a través de medios activos o pasivos a preferiblemente hacer frente a las olas entrantes. Cabe destacar que el contenedor puede estar abierto o completamente cerrado. Si está completamente cerrado el contenedor/casco puede ser una estructura herméticamente sellada que puede rellenarse con algún gas inerte.

[0021] Los dispositivos WEC (PDWEC) accionados por el cabeceo generalmente responden al movimiento de cabeceo y balanceo. Cuando se sitúan a lo largo de la longitud del contenedor, los PDWEC están diseñados para responder principalmente a la amplitud variable de olas de la superficie, lo que hace que el contenedor 100 responda a lo que se puede denominar como un efecto de cabeceo o de vaivén. Cuando están situados a lo largo del ancho del contenedor, los PDWEC están diseñados para responder principalmente a la amplitud variable de olas de la superficie, lo que hace que el contenedor 100 responda a lo que se puede denominar como un movimiento de balanceo.

15

20

25

10

5

[0022] La figura 2A muestra una boya WEC 10 que comprende un contenedor 100 donde se instala un dispositivo WEC accionado por cabeceo (PDWEC). El dispositivo PDWEC incluye dos masas de reacción emparejadas (M1; M2) acopladas de manera que cuando una masa sube, la otra masa baja. Funcionan como contrapesas entre sí, en la figura 2A, la masa de reacción M1 se conecta en su lado superior a un extremo de un cable/correa 110 que pasa por encima de un rodillo R1. El cable 110 se extiende a lo largo de la longitud y lado superior del casco 100 y pasa por encima de un rodillo R2 para conectarse al lado superior de la masa de reacción M2. El lado inferior de M2 se conecta con un extremo de un cable/correa 112 que pasa por debajo de un rodillo R3. El cable/correa 112 se extiende a lo largo de la longitud y del lado inferior del casco y alrededor del PTO, 120 (para accionarlo y producir potencia y luego se extiende por debajo del rodillo R4 y se fija en el lado inferior de M1. El rodillo R1 se monta y se sujeta en su lugar por un eje 102a. De forma similar, el rodillo R4 se monta y se sujeta en su lugar por un eje 102b. El rodillo R2 se monta y se sujeta en su lugar por un eje 104a y el rodillo R3 se monta y se sujeta en su lugar por un eje 104b. Los ejes 102a, 102b, 104a, 104b pueden extenderse a través de la anchura (o longitud) del contenedor o se pueden sujetar en su lugar por un bastidor de soporte interno.

30

[0023] El PTO 120 se monta y se sujeta en su lugar por un eje 106 que se sostiene adecuadamente (por ejemplo, el eje puede extenderse a través de la anchura del casco). Por medio del ejemplo, el PTO puede incluir un generador eléctrico con ruedas dentadas accionado por hendiduras correspondientes en el cable 112 (un accionamiento friccional se puede utilizar en su lugar). Alternativamente, el PTO puede ser cualquier dispositivo adecuado diseñado para convertir el movimiento relativo de M1 y M2 en energía útil.

35

[0024] En la figura 2B, se muestran múltiples dispositivos PTO (120a; 120b), que pueden ser generadores eléctricos, que se accionan por un cable embobinado 112 alrededor de varias combinaciones de ruedas dentadas/generadores. La figura 2B también muestra que, en la práctica, los rieles guía (126 a, b, c, d,) pueden estar dispuestos para asegurar que las masas de reacción viajan arriba y abajo a lo largo de un recorrido establecido.

45

40

[0025] En la figura 2C, los lados superiores de las masas de reacción (M1; M2) están conectados entre sí a través de correas/cables 110 y los lados inferiores de las masas de reacción se muestran acopladas a los respectivos PTO (PTO1 y PTO2).

[0026] En la figura 2D, las masas de reacción (M1; M2) se sostienen mediante cilindros hidráulicos que se interconectan a través de tubos hidráulicos de manera que la fuerza ejercida por una masa se acopla a la otra. Dispositivos de toma de fuerza se conectan por lo menos a una de las dos masas de reacción.

50

55

60

65

[0027] Como se muestra en las figuras, las boyas WEC que contienen la invención incluyen masas de reacción emparejadas, M1 y M2, montadas en los extremos opuestos del contenedor en una disposición simétrica. Las masas de reacción se acoplan entre sí a través de una conexión mecánica de manera que estas se mueven en dirección opuesta entre sí. Una explicación de la operación del dispositivo PDWEC se da a continuación. Debido a la inercia alta de las masas de reacción, las masas de reacción tienden a quedarse en su lugar. No obstante, el sistema incluye generadores eléctricos (por ejemplo; 120) que proporcionan alguna "resistencia" al movimiento. Cuando el contenedor (cubierta) comienza a ascender, una velocidad diferencial se genera entre la cubierta y la masa de reacción, un algoritmo de control del generador aplicará una fuerza de retorno cada vez mayor (a través de torsión en un piñón o polea), ya que aumenta la velocidad diferencial. Debido a la resistencia proporcionada por el generador, la masa de reacción comienza a moverse con la cubierta. La cubierta finalmente terminará de moverse debido a la acción de la ola. La masa de reacción, por otro lado, se mueve y continuará moviéndose en la misma dirección hasta que el generador la ralentice o llegue a un tope. Cuando la velocidad de cubierta aumente en la dirección opuesta, el generador aplicará una fuerza de amortiguación que arrastra finalmente a la masa de reacción a la misma dirección que el movimiento de cubierta (hacia abajo en este caso). Este ciclo se repetirá con el movimiento de la masa de reacción que retarda el movimiento de cubierta. La combinación de la masa de reacción y muelle sirve para aumentar el movimiento relativo de la masa y la cubierta formando un

## ES 2 698 900 T3

sistema oscilatorio y causando el movimiento de los componentes interconectando las masas de reacción. El movimiento de las masas de reacción causa un movimiento de los enlaces mecánicos de interconexión que conducen al PTO. (Alternativamente, el movimiento de las masas de reacción puede utilizarse para aplicar una fuerza a un sistema hidráulico asociado para activar un PTO).

5

10

[0028] En las figuras 2A y 2B, las masas de reacción emparejadas (M1; M2) se desplazan hacia arriba y hacia abajo a lo largo de un camino vertical entre un punto inferior y un punto superior a lo largo de un conjunto de carriles guía. Las paradas (no mostradas) pueden estar dispuestas en la parte superior e inferior de los carriles guía para limitar los deslazamientos de las masas de reacción. Las masas de reacción se acoplan entre sí y hacen que uno, o más, mecanismos de toma de fuerza (PTO) se activen para convertir su movimiento y el de su mecanismo de acoplamiento en energía útil (por ejemplo, energía eléctrica). Las masas de reacción se pueden acoplar entre sí y a un PTO a través de una simple conexión de acoplamiento tal como un cable o una correa o dispositivos hidráulicos o dispositivos neumáticos. El PTO puede ser una unidad completamente separada. Alternativamente, puede ser más eficaz utilizar el mecanismo de acoplamiento como parte del PTO.

15

[0029] En la forma de realización que se muestra en las figuras 3 y 4 hay dos dispositivos PDWEC, cada dispositivo tiene 2 masas de reacción y acciona sus respectivos PTO. La figura 3 muestra dos conjuntos de masas de reacción de contrapeso M1 y M2, M3 y M4 acopladas con correas flexibles para formar dos dispositivos PDWEC. Las masas se pueden acoplar mediante otros dispositivos, tales como cables de acero y poleas y/o cualquiera de las otras formas que se muestran en las figuras 2C o 2D. Dos o más conjuntos de dispositivos PDWEC montados en el contenedor 100 evitarán que la boya WEC 10 se desvíe de su eje vertical. Según la orientación que se muestra en la figura 3, las masas M1, M2 y sus componentes asociados responderían al movimiento de "cabeceo" y las masas M3, M4 y sus componentes asociados responderían al movimiento de "balanceo".

25

20

[0030] La figura 4 muestra una vista lateral en corte transversal de los múltiples dispositivos PDWEC de la figura 3, anteriormente descritos. Los PTO (o generadores eléctricos) 120 se pueden localizar a lo largo del fondo de la lata 100 y conducirse como se muestra en 120a y 120b o se pueden localizar a lo largo de la parte superior de la lata 100 y conducirse mediante cualquier equipo y/o mecanismo adecuado. Es preferible tener más de un dispositivo PDWEC en un contenedor. Con solo un conjunto de dispositivos WEC la boya WEC tendrá una tendencia a girar paralelamente a la dirección de las olas. No obstante, el número óptimo de PDWEC puede variar como función de varios factores.

30

35

[0031] Pueden utilizarse correas dentadas y poleas (con o sin ruedas dentadas) para acoplar las masas de reacción opuestas diametralmente a los PTO y también para transferir potencia mecánica a los PTO utilizando generadores de imán permanentes. Alternativas a la conexión mecánica entre masas son un cable y un sistema de polea o un sistema de tipo palanca o dispositivos hidráulicos lineales o giratorios (por ejemplo cilindros hidráulicos acoplados con tubos) o dispositivos neumáticos lineales o giratorios. Si un cable y sistema de polea se utiliza para la conexión mecánica, un dispositivo de piñón y cremallera podría utilizarse para el PTO. Otros PTO podrían utilizarse, incluyendo un tornillo de bolas, un generador eléctrico lineal directo, un dispositivo hidráulico acoplado a un generador eléctrico giratorio o un dispositivo neumático acoplado a un generador

40

45

50

eléctrico giratorio.

[0032] Las masas de reacción pueden estar formadas de acero, hormigón o una combinación de los mismos. Una masa de reacción de hormigón con algún acero para soporte estructural e interfaces externas podría proporcionar la solución menos costosa. Si se utilizan enlaces de correa en el tren de transmisión, es posible, por tanto, que puedan utilizarse cojinetes lineales simples (por ejemplo, ruedas en rieles). Este método puede significativamente reducir el coste y proporcionar un sistema de soporte de larga duración altamente fiable. El peso de las masas de reacción puede variar de 100 kilogramos a más de 50,000 kilogramos, dependiendo del tamaño de la boya WEC y de la cantidad de potencia que va a generarse.

55

[0033] La Figura 5 muestra diferentes relaciones posibles entre la longitud (L) del contenedor de la boya WEC y las longitudes de ola ( $\lambda$ ) de las olas. Cuando la longitud L del contenedor es igual a o mayor que la longitud de ola de las olas entrantes, como se muestra en las formas de ola A y B el contenedor puede cabecear hacia atrás y hacia adelante solo mínimamente. Es decir, si las longitudes de ola ( $\lambda$ ) son menores que la longitud del contenedor (L >  $\lambda$ ), la boya no experiencia mucho movimiento de cabeceo, debido a que la boya WEC abarca diferentes altos de ola. Como se muestra en la forma de ola C, el contenedor cabecea hacia atrás y adelante más eficazmente cuando la longitud L del contenedor es aproximadamente igual a una mitad de las longitudes de ola de las olas. Es decir, la boya accionada por cabeceo funciona mejor si la longitud L de boya es del orden de media longitud de ola. Como se muestra en la forma de ola D, para las olas cuyas longitudes de ola son significativamente más largas que la longitud ("L") del contenedor, el contenedor puede cabecear hacia atrás y adelante solo mínimamente. Es decir, si las longitudes de ola son significativamente más largas que la longitud de boya (A >L), la boya no experiencia mucho movimiento de cabeceo, debido a que el contenedor de boya entera sube y baja los altos y bajos de la ola.

65

60

[0034] Por lo tanto, un factor en la selección de la longitud del contenedor cuando se utilizan dispositivos

PDWEC es la longitud del contenedor que proporciona un cabeceo óptimo a las olas entrantes.

[0035] La figura 6 ilustra que los módulos 100a, 100b se pueden añadir al contenedor/casco así el casco 100 se puede formar y extender para mejorar la respuesta de cabeceo del casco a las olas. La forma de la cubierta de boya (casco) puede modificarse, posiblemente con estructuras añadidas, para mejorar el rendimiento de cabeceo de la boya. Otras geometrías se pueden utilizar para mejorar la respuesta de "cabeceo" del contenedor/casco.

[0036] La figura 7 muestra otro dispositivo WEC accionado por cabeceo que contiene la invención. La figura 7 es 10 un diagrama altamente simplificado que muestra una implementación de la invención utilizando un brazo de palanca que reposa en un pivote centralmente localizado. Una masa de reacción M1 se conecta a un extremo del brazo de palanca y una masa de reacción M2 se conecta al otro extremo del brazo de palanca. En esta forma de realización, las masas de reacción (M1; M2) se conectan por una barra rígida (palanca) 700 conectada a un punto pivotante 702 (localizado generalmente en el centro del contenedor de boya WEC 100), de manera que 15 cuando una masa de reacción asciende, la otra masa de reacción desciende. Los dispositivos PTO (PTO1 y PTO2) se pueden conectar a la barra de conexión o podrían conectarse directamente a una o a ambas masas de reacción. Así, en respuesta a la acción de cabeceo del contenedor 100, las masas de reacción causan un efecto de vaivén que acciona a los PTO efectivamente y eficazmente. Cabe observar que para esta configuración no se necesita ninguna de las correas y ningún muelle (gravitacional) para interconectar las masas de reacción. También, cada extremo del brazo de palanca se puede diseñar para conducir su propio PTO, que se puede 20 accionar independientemente de otros PTO.

[0037] El contenedor/casco 100 se puede formar como una "lata de atún" o una sombrerera de señora como se sugiere en las figuras 1 y 2A. Alternativamente, el contenedor/casco puede tener cualquier forma adecuada como se muestra en las figuras 8A, 8B y 8C. Las figuras 8A, 8B y 8C son dibujos isométricos de contenedores/cascos asimétricamente conformados donde los dispositivos WEC accionados por cabeceo se pueden montar para practicar la invención. Estas estructuras son preferiblemente accionadas con su lado frontal (más estrecho) apuntando hacia las olas entrantes. Las figuras 8A, 8B y 8C muestran boyas WEC accionadas por cabeceo que tienen cubiertas no cilíndricas y no simétricas. En estas formas de realización, solo se utilizan las masas de reacción de "proa y popa". Con solo un conjunto de dispositivos WEC la boya WEC tendrá una tendencia a girar paralelamente a la dirección de las olas. Un dispositivo de dirección (por ejemplo, una vela, timón y propulsores, etc.) se puede necesitar para mantener la boya apuntando a las olas.

25

30

35

45

50

55

60

65

[0038] Las figuras 9A y 9B muestran vistas laterales y superiores, respectivamente, de un dispositivo PDWEC que podría montarse en un contenedor de tipo asimétrico que se muestra en las figuras 8A-8C. Las figuras 9A y 9B ilustran una disposición donde las masas de reacción colocadas en la "proa" y "popa" de un casco de forma asimétrica se desplazan hacia arriba y hacia abajo en respuesta al movimiento de cabeceo del casco de forma asimétrica.

[0039] Las figuras 10A y 10B son vistas superiores y en corte transversales representativas y, respectivamente, ilustran otro dispositivo PDWEC que contiene la invención. Un par de masas de reacción (M1; M2) se localizan en extremos opuestos de un contenedor 100 (por ejemplo, en la "proa" y "popa" del contenedor). Las masas de reacción se fijan a través de brazos pivotantes a tambores respectivos (D1; D2), de modo que puedan girar arriba y abajo alrededor de sus ejes horizontales.

[0040] Los tambores se montan sobre ejes giratorios (76a; 76b) que se fijan a los lados del contenedor 100. Las correas (B1; B2) se muestran conectadas alrededor de los tambores (D1, D2) así los tambores se mueven en conjunto. Las masas de reacción se mueven principalmente en un movimiento hacia arriba y hacia abajo en respuesta al movimiento de cabeceo del contenedor que lo hace así en respuesta al movimiento de cabeceo de las olas. El movimiento en una dirección (por ejemplo; arriba) de una de las dos masas de reacción (por ejemplo, M1) se contrapesa por el movimiento en la otra dirección (por ejemplo; abajo) de la otra masa de reacción (por ejemplo, M2). El dispositivo PDWEC de las figuras 10A y 10B se puede utilizar en cascos asimétricamente conformados o simétricamente conformados. Esta forma de realización es ventajosa en que no se requiere ningún soporte lineal (o guías) o PTO lineales. Cualquier número y cualquier tipo de dispositivos PTO se pueden conectar a las masas de reacción y/o los tambores y/o las correas.

[0041] Las figuras 11A y 11B ilustran la estructura de un sistema WEC accionado por cabeceo multi-cubierta. Las cubiertas/contenedores (por ejemplo, 100a, 100b, 100c) están estructuralmente interconectados a través de tubos rígidos superiores 800a y tubos inferiores 800b para mantener rígidamente la posición de todas las cubiertas entre sí. Las estructuras de interconexión podrían ser tubos redondos. Estos tubos podrían también servir para conducir los mecanismos (por ejemplo, correas, cables) que asocian los pares de masas de reacción (ver Fig. 11B). El método multicubierta se puede configurar para proporcionar un movimiento de cabeceo óptimo. Por ejemplo, la distancia entre cubiertas podría estar "sintonizada" para una longitud de ola larga, sin requerir un casco de cuerpo único enorme. El uso de cubiertas múltiples también simplifica la fabricación de la boya WEC para ahorrar costes. La figura 11B muestra una forma de realización de un dispositivo PDWEC donde un par de masas de reacción (M1; M2) se aloja en cubiertas separadas. Es decir, M1 se puede desplazar hacia arriba y

hacia abajo en la cubierta 100a y M2 se puede desplazar hacia arriba y abajo en la cubierta 100b. Las masas de reacción se interconectan en sus lados superiores a través de la correa 110 y en sus lados inferiores a través de la correa 112. Las correas están hechas para pasar a través de una cubierta centralmente localizada 100c donde se utilizan para conducir generadores eléctricos 120a, 120b. Cabe observar que la cubierta central 100c puede funcionar como un punto pivotante entre las cubiertas 100a y 100b para mejorar su respuesta de cabeceo. El espaciado de las cubiertas se puede seleccionar para el espaciado óptimo de las masas de reacción relativamente a la longitud de ola de las olas para las que está diseñado el sistema de la figura 11A. El PTO para cada conjunto de masas de reacción podría alojarse en las cubiertas externas o podrían todas alojarse dentro de una cubierta central, como se muestra en la figura 11B. Los tubos que conectan las cubiertas pueden servir como conductos para los enlaces mecánicos entre los pares de masas de reacción y entre las masas de reacción y sus PTO respectivos. Alternativamente, como se muestra en la figura 11C, los tubos de interconexión pueden utilizarse para permitir que un sistema hidráulico (142) se pueda utilizar para interconectar las masas de reacción y conducir un sistema PTO.

10

45

50

55

60

[0042] Los dispositivos PDWEC son convertidores de potencia muy eficaces en respuesta al movimiento de 15 cabeceo. No obstante, como una proposición general, las olas pueden causar la "arfada" al igual que el "cabeceo" del contenedor. Por medio de ejemplo, la figura 5 muestra que cualquier contenedor puede arfarse o cabecear dependiendo de la longitud de ola de las olas relativamente a la longitud del contenedor. Para optimizar la captura de energía donde la longitud de ola puede variar, es deseable tener una boya WEC 10 que, como se 20 muestra en la figura 12, es capaz de generar una potencia suministrada en respuesta a las fuerzas de cabeceo y a las fuerzas de arfada de las olas. La figura 12 es un diagrama de bloques que muestra una boya WEC multimodo 10 que incluye principalmente dispositivos WEC que responden al cabeceo (WEC#1; WEC#2) y un dispositivo WEC que responde a la arfada (WEC#3). El(Los) dispositivo(s) WEC que responden a la arfada se pueden colocar en el centro o cerca del centro de la boya para capturar energía primaria de movimientos de 25 arfada. Los dispositivos PDWEC que responden al cabeceo se colocan hacia afuera desde el centro de la boya (alrededor de la periferia externa de la boya WEC) y preferiblemente en extremos opuestos del contenedor/casco 100 para capturar energía del movimiento de cabeceo de las olas. La potencia de salida de los dispositivos PDWEC y los dispositivos que responden a la arfada pueden después combinarse. Los dispositivos PDWEC pueden ser del tipo que se muestra en las figuras 2 (A-D), 7,10(A, B), 11(A-C) o cualquier dispositivo WEC que 30 es capaz de responder al movimiento de cabeceo o balanceo. Esto puede incluso incluir los dispositivos que se muestran en las figuras 12A, 12B y 12C. Típicamente, los dispositivos que responden a la arfada pueden ser del tipo que se muestra en las figuras 12A, 12B o 12C. La figura 12A es un WEC estándar de tipo masa en muelle. La figura 12B incluye una masa de reacción M1 acoplada a un generador/motor a través de una correa 26. El generador se puede controlar por un controlador 50 y funcionar como un motor. Adicionalmente, se proporciona 35 una función de muelle mediante una bomba/motor hidráulico 48, acoplado a través de una línea fluida 53 a un acumulador 52. La figura 12C incluye una masa de reacción M1 conectada a través de un brazo de palanca 146 a un tambor 146 al que se une un muelle 150. La masa de reacción puede girar alrededor de su posición horizontal y accionar un PTO para producir energía útil (por ejemplo, potencia eléctrica). Alternativamente, cualquier dispositivo que responde a la arfada adecuado puede utilizarse. Cabe observar que los dispositivos 40 WEC de las figuras 12A, 12B o 12C son principalmente dispositivos que responden a la arfada. Pero pueden situarse alrededor de la periferia externa de la lata 100 para responder más al cabeceo. Si es así también pueden ser demandados como dispositivos que responden al cabeceo.

[0043] La figura 13 muestra un despliegue y disposición de amarre para una boya WEC 10 que contiene la invención. Un método de amarre de la boya WEC es un sistema de amarre de tres puntos. En un sistema típico de amarre de tres puntos, tres anclas de gravedad igualmente distanciadas alrededor del WEC anclan tres boyas de sub-superficie auxiliares (ASB). Las ASB se localizan a una distancia segura inferior a la superficie del agua. La boya WEC se ata a cada una de las tres ASB. Las ASB sirven para minimizar la tracción descendente en la boya WEC y también proporcionan amortiguación de energía durante las tormentas. Debido a que la boya PD-WEC está principalmente fuera del agua en todas las condiciones del mar, se comporta como un barco en ancla en una tormenta. Así anclada, la boya WEC 10 puede responder a la arfada y al cabeceo (y balanceo) permitiendo que respondan los dispositivos WEC contenidos en estas. Esto es una ventaja potencial significativa de esta tecnología sobre otras tecnologías WEC y es una razón adicional por la que el PDWEC puede ser un sistema económicamente viable.

[0044] La figura 14 muestra una conexión articulatoria y esférica para permitir que un cable de salida (o entrada) pase entre una boya WEC y un dispositivo externo. Debido a que la boya WEC cabecea y se balancea, un cable de potencia saliente del fondo del WEC verá una rotación significativa en cuanto a amplitud y a cantidad. El uso de un dispositivo de tipo de conexión esférica puede mitigar el problema de flexiones frecuentes y grandes y por lo tanto se extiende la vida y fiabilidad del cable de potencia. El extremo a bordo del sistema de cable de conexión esférica se puede diseñar para ser reemplazable en campo.

#### **REIVINDICACIONES**

1. Sistema de conversión de energía de las olas (WEC) que comprende:

5

10

15

20

25

30

35

un contenedor (100) diseñado para responder al movimiento de las olas en una extensión de agua, dicho contenedor tiene dos extremos opuestos; cada extremo con una región superior y una región inferior y la distancia entre las regiones superiores e inferiores define una distancia de desplazamiento;

un dispositivo convertidor de energía de las olas, localizado en el contenedor, que incluye una primera masa de reacción (M1) situada cerca de un extremo del contenedor y un dispositivo de toma de fuerza (PTO) (120) que responde al movimiento de la primera masa de reacción para convertir el mismo movimiento en energía útil,

caracterizado por el hecho de que una segunda masa de reacción (M2) está situada cerca del extremo opuesto del contenedor, dicha primeras y segundas masas de reacción están contenidas en el contenedor y son móviles relativamente al contenedor, y medios (110, 112) acoplados a dichas primeras y segundas masas de reacción y que interconectan estas para que se muevan generalmente arriba y abajo entre sus regiones respectivas superiores e inferiores en el contenedor y de manera que cuando una masa de reacción asciende la otra masa de reacción desciende y cuando la primera masa de reacción desciende la otra masa de reacción asciende, el PTO (120) responde al movimiento de las masas de reacción para convertir su movimiento en energía útil.

- 2. Sistema de conversión de energía de las olas (WEC) según la reivindicación 1, donde los medios acoplados y que interconectan las primeras y segundas masas de reacción incluyen medios de cableado (110, 112) y rodillos (R1-R4) con los medios de cableado conectados entre las masas de reacción que están alrededor de los rodillos para hacer que las masas de reacción se muevan generalmente arriba y abajo en una disposición simétrica.
- 3. Sistema de conversión de energía de las olas (WEC) según la reivindicación 2, donde un rodillo superior (R1; R2) se localiza generalmente arriba cada masa de reacción y un rodillo inferior (R3, R4) se localiza generalmente debajo de cada masa de reacción; y donde cada masa de reacción tiene un punto de conexión superior y un punto de conexión inferior y donde los medios de cableado están envueltos alrededor de los rodillos superiores y conectados entre los puntos de conexión superiores de las masas de reacción.
- 4. Sistema de conversión de energía de las olas (WEC) según la reivindicación 3, donde los medios de cableado incluyen medios de cableado (112) envueltos alrededor de los rodillos inferiores y conectados entre los puntos de conexión inferiores de las masas de reacción.
- 5. Sistema de conversión de energía de las olas (WEC) según la reivindicación 4, donde un dispositivo de toma de fuerza (PTO) (120) que responde al movimiento de las masas de reacción se acopla y se acciona por los medios de cableado (110, 112) para producir energía eléctrica.
- 40 6. Sistema de conversión de energía de las olas (WEC) según la reivindicación 1, donde dichas primeras y segundas masas de reacción junto con sus medios de interconexión y sus PTO definen un primer dispositivo convertidor de energía de las olas (WEC); y donde, dispositivos WEC adicionales y similares están dispuestos en el contenedor.
- 7. Sistema de conversión de energía de las olas (WEC) según la reivindicación 1, donde el contenedor tiene una longitud (L) dispuesta para encarar las olas entrantes, una anchura (W) y una altura (H); y donde L es igual o mayor que W.
- 8. Sistema de conversión de energía de las olas (WEC) según la reivindicación 7, donde las dimensiones y la forma del contenedor se seleccionan para mejorar el movimiento de cabeceo del contenedor como función de las olas en la extensión de agua y para mejorar el movimiento de las masas de reacción en respuesta al movimiento de cabeceo del contenedor.
- 9. Sistema de conversión de energía de las olas (WEC) según la reivindicación 1, donde los medios acoplados a dichas primeras y segundas masas de reacción y que interconectan estas incluyen una palanca rígida (700) montada en el contenedor y que se extiende a lo largo de la longitud del contenedor, con la palanca rígida siendo pivotada en su centro (702) con una masa de reacción (M1) conectada a un extremo de la palanca y la otra masa de reacción (M2) conectada al otro extremo de la palanca.
- 60 10. Sistema de conversión de energía de las olas (WEC) según la reivindicación 1, donde los medios acoplados a dichas primeras y segundas masas de reacción y que interconectan estas incluyen un primer elemento giratorio (D1) fijado a la primera masa de reacción (M1) a través de un primer brazo de palanca y un segundo elemento giratorio (D2) fijado a la segunda masa de reacción (M2) a través de un segundo brazo de palanca y medios de conexión (B1; B2) conectados entre los primeros y los segundos elementos giratorios para hacer que se muevan en conjunto.

## ES 2 698 900 T3

- 11. Sistema de conversión de energía de las olas (WEC) según la reivindicación 1, donde los medios que interconectan las primeras y segundas masas de reacción incluyen un sistema hidráulico (142) localizado en el contenedor que responde al movimiento de las masas de reacción para el aumento del movimiento ascendente de una masa de reacción y el movimiento descendente en la otra masa de reacción, y viceversa.
- 12. Sistema de conversión de energía de las olas (WEC) según la reivindicación 7, donde la longitud, L, del contenedor (100) se selecciona para tener un valor aproximadamente igual a 1/2 de la longitud de las olas donde se acciona.
- 13. Sistema de conversión de energía de las olas (WEC) según la reivindicación 1, donde el contenedor (100) tiene una estructura simétrica o asimétrica a lo largo del plano horizontal.

5

15

30

35

- 14. Sistema de conversión de energía de las olas (WEC) según la reivindicación 8, donde la longitud L es mayor que la anchura W y el contenedor incluye medios para orientar el contenedor (100) de modo que la longitud L hace frente a las olas entrantes.
- 15. Sistema de conversión de energía de las olas (WEC) según la reivindicación 1, donde dicho contenedor (100) está completamente cerrado.
- 16. Sistema de conversión de energía de las olas (WEC) según la reivindicación 1, donde dicho contenedor (100) incluye una primera sección (100a) para el alojamiento de dicha primera masa de reacción (M1) y una segunda sección (100b) para el alojamiento de dicha segunda masa de reacción (M2).
- 17. Sistema de conversión de energía de las olas (WEC) según la reivindicación 16, donde dicho contenedor incluye una tercera sección (100c) centrada entre dichas primeras y segundas partes para el alojamiento del PTO.
  - 18. Sistema de conversión de energía de las olas (WEC) según la reivindicación 1, que incluye además un dispositivo WEC que responde a la arfada localizado alrededor del centro del contenedor.
  - 19. Sistema de conversión de energía de las olas (WEC), según la reivindicación 1, que comprende además:
  - un dispositivo convertidor de energía de las olas que responde a la arfada (WEC) (#3) montado generalmente dentro de una parte central del contenedor para responder principalmente al movimiento de arfada del contenedor; y
    - un dispositivo de toma de fuerza (PTO) acoplado a dicho dispositivo WEC que responde a la arfada para producir energía útil en respuesta al movimiento de arfada.
- 20. Sistema de conversión de energía de las olas (WEC) según la reivindicación 19 que incluye además una articulación esférica acoplada a dicho contenedor para suministrar una conexión de potencia entre los dispositivos PTO y cualquier conexión externa al contenedor.

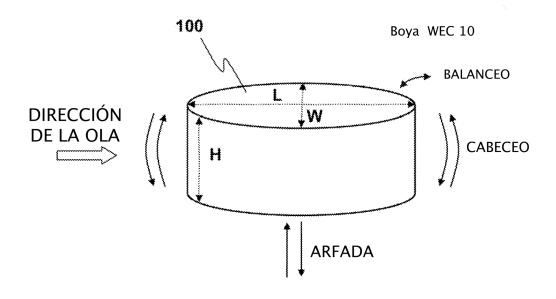


FIG. 1

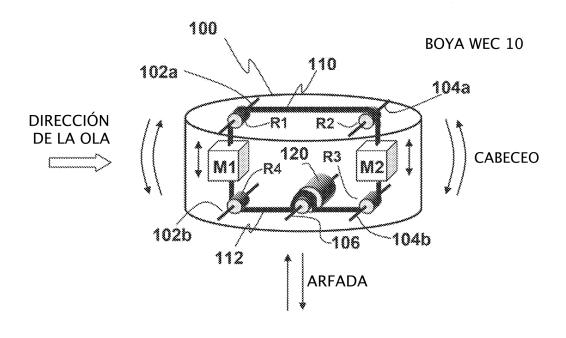
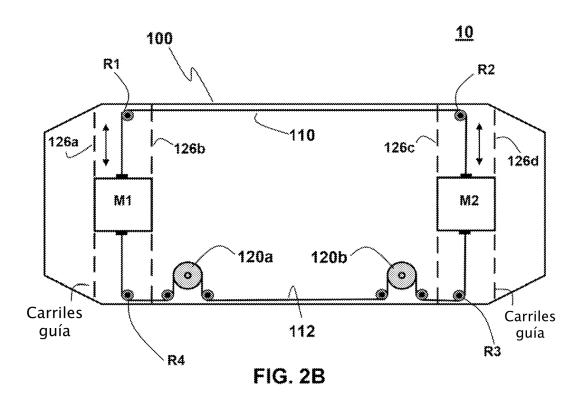


FIG. 2A



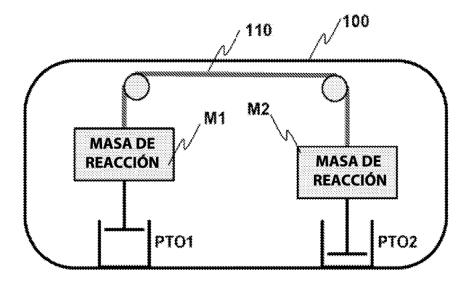
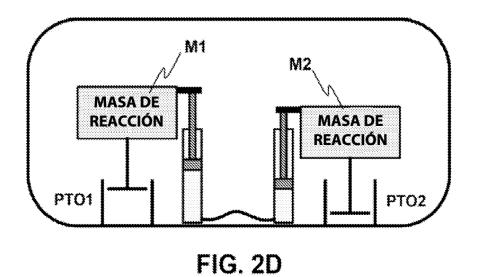


FIG. 2C



14

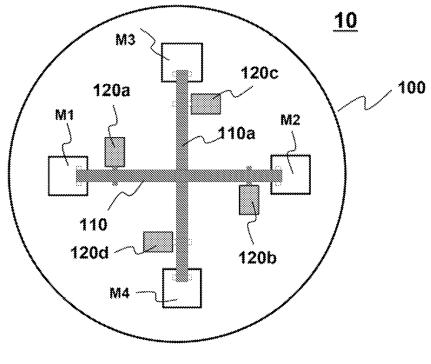
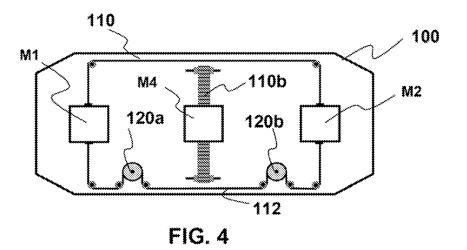


FIG. 3



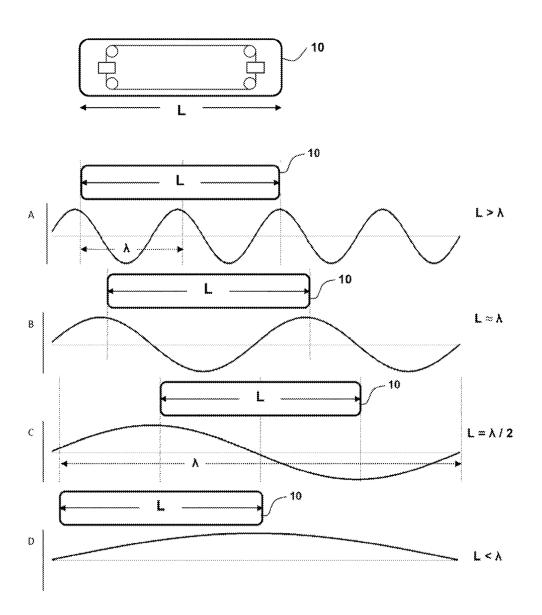


FIG. 5

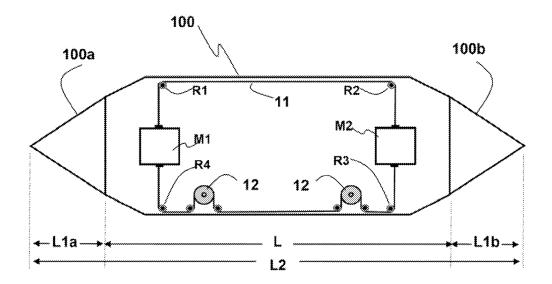


FIG. 6

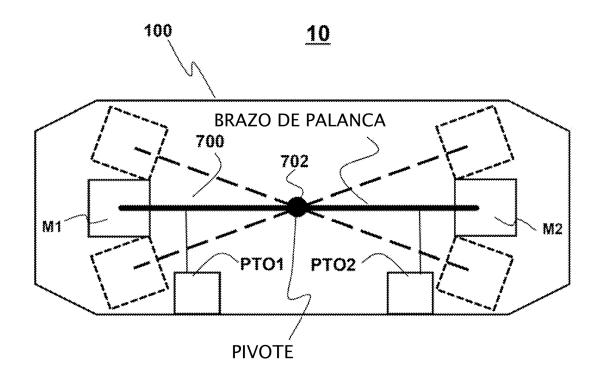


FIG. 7

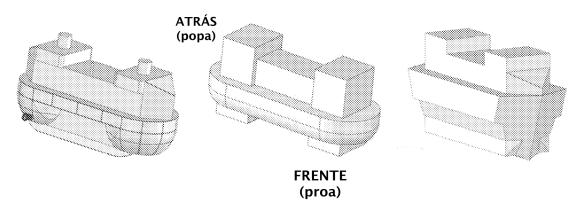
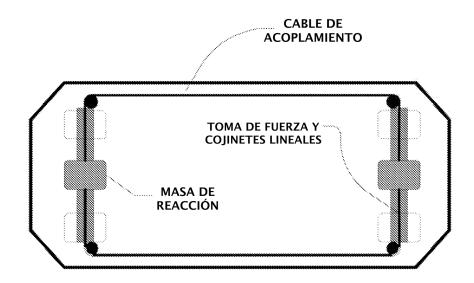


FIG. 8A

FIG. 8B

FIG. 8C



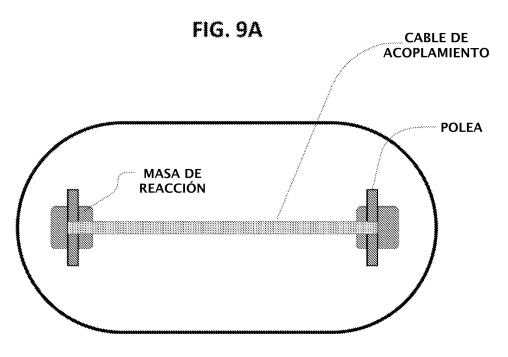


FIG. 9B

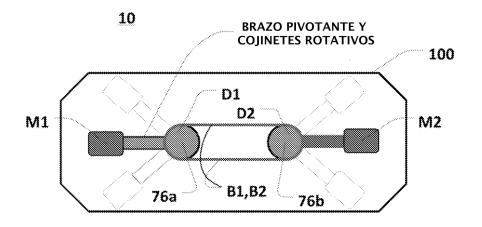


FIG. 10A

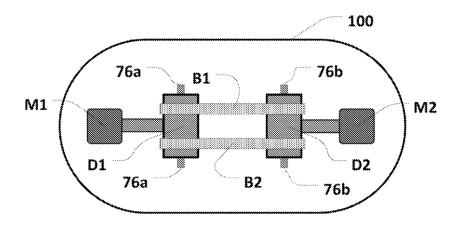


FIG. 10B

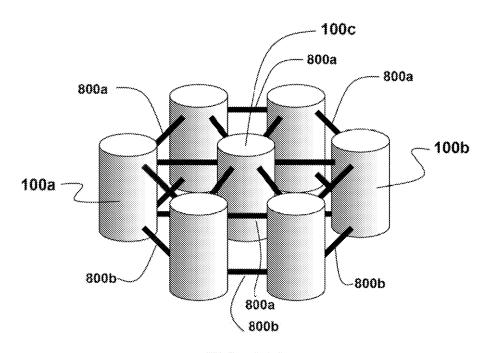


FIG. 11A

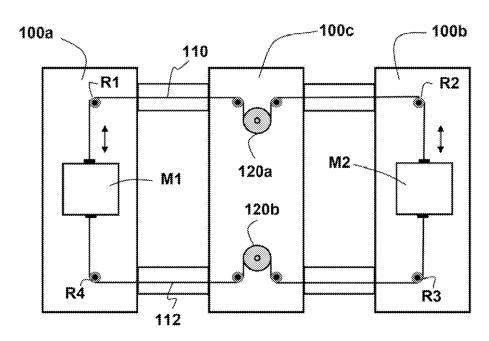


FIG. 11B

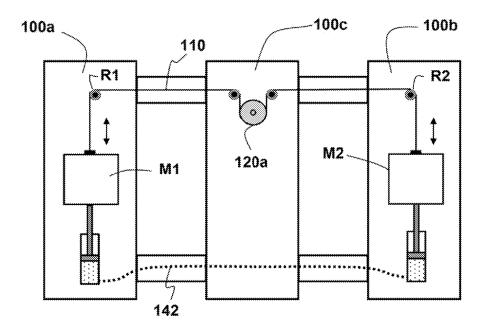


FIG. 11C

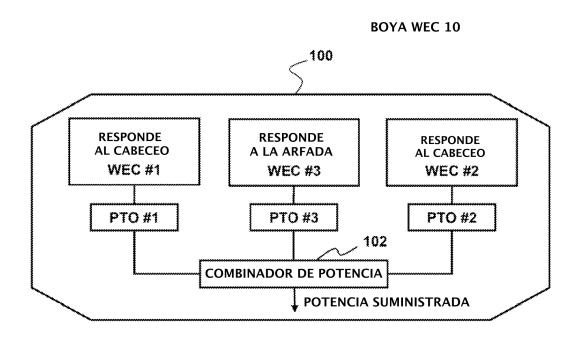


FIG. 12

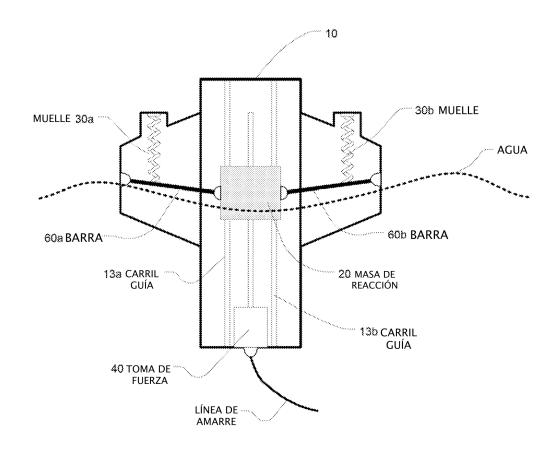


FIG. 12A

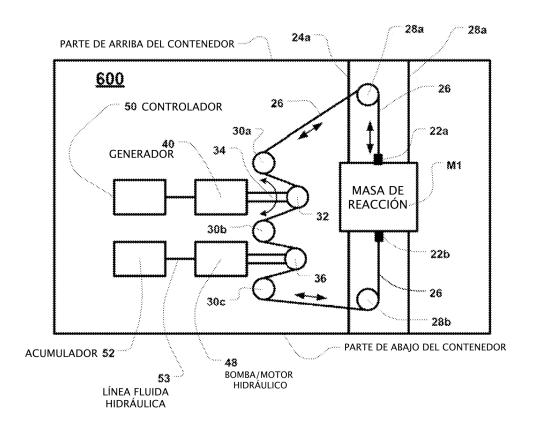


FIG. 12B

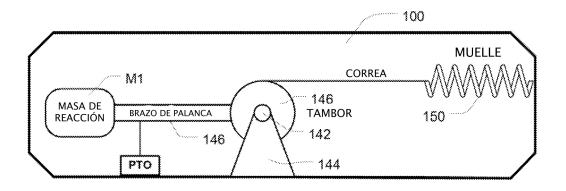


FIG. 12C

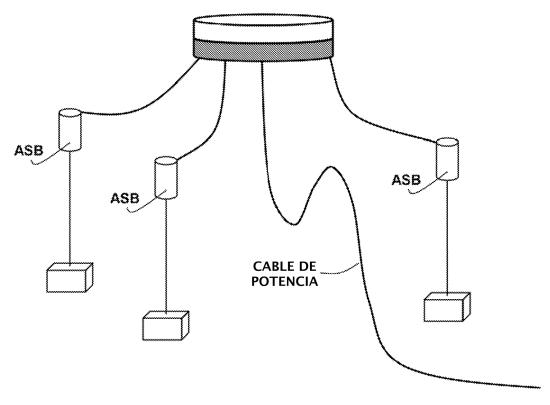


FIG. 13

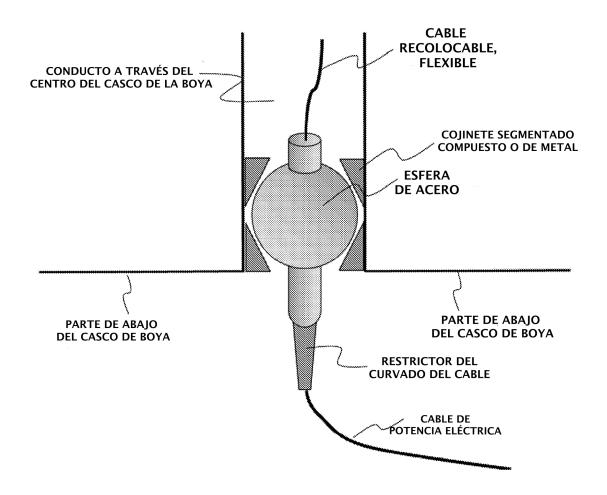


FIG. 14