

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 664 981**

51 Int. Cl.:

F03B 13/14 (2006.01)

F03B 13/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.09.2013** **PCT/US2013/062579**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.04.2014** **WO14052953**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.09.2013** **E 13840443 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.03.2018** **EP 2901008**

54 Título: **Método y sistema para conversión de energía de las olas**

30 Prioridad:

28.09.2012 US 201261707281 P

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

24.04.2018

73 Titular/es:

COLUMBIA POWER TECHNOLOGIES, INC.
(100.0%)
236 East High Street
Charlottesville VA 22902, US

72 Inventor/es:

RHINEFRANK, KENNETH, EDWARD;
SCHACHER, ALPHONSE;
PRUDELL, JOSEPH;
HAMMAGREN, ERIK;
LENEE-BLUHM, PUKHA y
ZHANG, ZHE

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 664 981 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

Método y sistema para conversión de energía de las olas

Antecedentes

1. Campo de la invención

- 5 La presente invención se refiere de manera general a la conversión del oleaje y empuje de las olas en energía y más particularmente a dispositivos, sistemas y métodos de conversión de energía de las olas (WEC).

2. Discusión de la información de antecedentes

- 10 La energía del océano, y la energía de las olas en particular, representa un recurso de energía consistente, fiable y predecible que está ampliamente disponible, cerca de los centros de población y adaptada en carga. Aproximadamente el setenta por ciento (70%) de la población del mundo entero vive a menos de doscientas millas de un océano, haciendo ese una fuente accesible de energía renovable. Medioambientalmente, las olas también representan una de las fuentes más benignas de energía renovable limpia. Este conjunto de características es único de la energía de las olas entre los recursos de energía renovable global más ampliamente disponibles.

- 15 La Agencia Internacional de la Energía ha declarado un objetivo 2030 para las fuentes de energía de las olas, mareas y otras marinas de la creación de 160.000 empleos directos y un ahorro de 5,2 miles de millones de toneladas de emisiones de CO₂. Específicamente para EE. UU., la electricidad prácticamente disponible a partir de la energía de las olas es de alrededor de 252 TWh/año o aproximadamente el 6,5% de la demanda de electricidad de EE. UU.

- 20 La energía de las olas es un recurso deseable globalmente y tiene el potencial de ser un componente competitivo en coste e importante de una mezcla diversa de recursos de energía renovables y limpios. No obstante, ninguna empresa ha sido capaz aún de demostrar de manera rentable el uso de las lentas velocidades y las fuerzas hidrodinámicas masivas de los océanos. Este problema proviene de una variedad de consideraciones, que incluyen que los dispositivos de conversión de energía de las olas existentes típicamente carecen de mecanismos de protección adecuados en condiciones extremas, sufren de relativa falta de fiabilidad mecánica, y fallan al capturar completamente la energía de rotación de una ola. Es factible resolver los problemas conflictivos de capacidad de supervivencia y de coste de la energía, sin embargo, el éxito de hacerlo así requiere una mejora significativa sobre la tecnología de vanguardia (STOA), como se establece, por ejemplo, por el documento WO 2014/052953, A2, que presenta un sistema y método de conversión de energía de las olas o por el documento WO 99/28622, A1, que presenta un motor principal alimentado por las olas

- 30 Por lo tanto, existe una necesidad de un aparato de conversión de energía de las olas que convierte de manera eficiente y rentable la energía de rotación de las olas del océano en movimiento giratorio para su uso en la generación giratoria de accionamiento directo al tiempo que se logra una fiabilidad y capacidad de supervivencia mejoradas.

Compendio de la invención

- 35 La presente descripción describe un convertidor de energía de las olas (WEC) para su uso en una serie de aplicaciones autónomas y conectadas a la red, que incluyen, pero no se limitan a, sensores de baja potencia, vehículos y embarcaciones marinas, desalinización, acuicultura, plataformas de petróleo y gas en alta mar, y conexión de red a escala de empresa de servicios públicos. El WEC es un sistema flotante, auto-referenciado de múltiples cuerpos que tiene al menos dos flotadores, dos largueros que se extienden hacia abajo, y al menos una barquilla soportable de manera flotante en una superficie de un cuerpo de agua que convierte de manera eficaz y eficiente el empuje y el oleaje de las olas de mar de fondo y de tormentas en alta mar en un par de rotación que pueden accionar tanto generadores o bombas de accionamiento directo de baja velocidad de gran diámetro como convencionales.

- 45 El WEC no se basa en un sistema de amarre para producir el par, sino que puede incluir un sistema de amarre para el mantenimiento de la estación y, en algunas realizaciones, para su control direccional. En ciertas aplicaciones autónomas, el WEC puede no requerir un amarre en absoluto. Los WEC según la presente descripción pueden aprovecharse de la naturaleza de rotación de las olas del océano para capturar la energía incidente con flotadores que están acoplados de manera giratoria para producir un par mecánico en el alojamiento central. Este planteamiento es tanto más eficiente como más capaz de manejar el intervalo extremo de potencia que se encuentra en el océano. Tal planteamiento también puede dar como resultado una operación segura sobre el espectro completo de condiciones meteorológicas y, de esta manera, tiene capacidad de sobrevivir incluso en condiciones de "tormenta de cientos de años".

- 55 El objetivo en última instancia de un dispositivo de conversión de energía de las olas (WEC) es convertir una forma de energía en otra; en este caso, en una cadena que incluye conversión hidrodinámica a par mecánico y en última instancia a eléctrico u otras formas fácilmente transportables. Debido a la naturaleza del recurso de energía, los

WEC necesitan un conjunto único de requisitos de diseño que incluyen: velocidad extremadamente baja; fuerza extremadamente alta; movimiento cíclico, abrupto y caótico; y velocidades de pico y fuerzas que están por encima de 10 veces el promedio anual. Las velocidades extremadamente bajas se pueden utilizar para lograr una ventaja de diseño que proporciona una solución electromecánica combinada y rentable; una que no se puede realizar con los planteamientos convencionales que normalmente operan a velocidades 10 veces más altas. Esto da como resultado menores costes de hardware electromagnético, mejora de la eficiencia, aumento de la producción de energía y menor coste de la energía (CoE).

La industria eólica ha demostrado que el accionamiento directo de gran diámetro es un planteamiento técnico viable a bajas velocidades, y el WEC también puede hacerlo así con ajustes de los desafíos presentados por la toma de fuerza a velocidades extremadamente bajas. Por lo tanto, varias realizaciones pueden utilizar accionamiento directo, eliminando por ello la necesidad de una caja de engranajes, mejorando la fiabilidad, y reduciendo la necesidad de costosas operaciones de mantenimiento marino. Además, los componentes de estator/rotor, en algunas realizaciones, pueden ser modulares, facilitando además menores costes de transporte previos al despliegue debido a dimensiones globales más pequeñas. La modularidad también puede permitir mantenimiento "en el mar" y tolerancia a fallos.

En un aspecto, se proporciona un sistema y aparato para un convertidor de energía de las olas (WEC) que comprende una barquilla flotante que tiene un eje longitudinal central. El WEC comprende además un primer larguero y un segundo larguero, cada uno acoplado a la barquilla flotante. Un primer flotador puede estar acoplado operativamente a una primera toma de fuerza y estar colocado para girar alrededor del eje longitudinal central dentro de un tramo radial limitado por una superficie externa de la barquilla y un extremo radialmente distal del primer flotador y un segundo flotador se puede conectar operativamente a una segunda toma de fuerza o la primera toma de fuerza colocada para girar alrededor del eje longitudinal dentro de un tramo radial limitado por un extremo radialmente distal del primer flotador y un extremo radialmente distal del segundo flotador.

En otro aspecto, se proporciona un método para generar energía que comprende un primer paso de proporcionar un WEC que comprende una barquilla flotante que tiene un eje longitudinal central, un primer larguero y un segundo larguero, cada uno acoplado a la barquilla flotante, un primer flotador, y un segundo flotador. El primer flotador puede estar acoplado operativamente a una primera toma de fuerza y colocado para girar alrededor del eje longitudinal central dentro de un tramo radial limitado por una superficie exterior de la barquilla y un extremo radialmente distal del primer flotador, y el segundo flotador se puede conectar operativamente a una segunda toma de fuerza o la primera toma de fuerza y colocado para girar alrededor del eje longitudinal dentro de un tramo radial limitado por un extremo radialmente distal del primer flotador y un extremo radialmente distal del segundo flotador. El método para generar energía también comprende un segundo paso de despliegue del WEC en un campo de olas.

Breve descripción de los dibujos

Uno comprenderá mejor estas y otras características, aspectos y ventajas de la presente invención siguiendo a una revisión de la descripción, las reivindicaciones adjuntas y los dibujos anexos en los que:

Las Fig. 1A-E son vistas isométricas en 3D, externas que ilustran un WEC según diversas realizaciones de la presente invención.

Las Fig. 1F-G son vistas laterales que ilustran brazos de accionamiento arqueados según diversas realizaciones de la presente invención.

Las Fig. 2A-B son vistas superiores en sección transversal que ilustran los componentes interiores de un WEC según diversas realizaciones de la presente invención.

Las Fig. 3A-D son vistas laterales que ilustran los WEC que tienen sistemas de control hidrodinámico colocados a diversas profundidades a lo largo de largueros de diversas longitudes según diversas realizaciones de la presente invención.

La Fig. 4 es una vista frontal en sección transversal de un WEC que ilustra diversas características de entrada/salida y acceso según diversas realizaciones de la presente invención.

La Fig. 5 es una ilustración de velocidades de partículas en un campo de olas según diversas realizaciones de la presente invención.

La Fig. 6 es una ilustración exagerada del movimiento orbital de un WEC según diversas realizaciones de la presente invención.

La Fig. 7 es una ilustración del movimiento orbital de un WEC y del movimiento de respuesta de las olas del primer flotador y del segundo flotador según diversas realizaciones de la presente invención.

Las Fig. 8A-F son ilustraciones de diversos sistemas de amarre unidos a los WEC según diversas realizaciones de la presente invención.

Las Fig. 9A-F son vistas laterales que ilustran una corrección de flotador que sobresale según diversas realizaciones de la presente invención.

Las Fig. 10A-D son vistas superiores y laterales de WEC anidados y/o desplegados según diversas realizaciones de la presente invención

5 La Fig. 11 proporciona vistas laterales que ilustran la longitud y la profundidad de cuatro WEC ejemplares según diversas realizaciones de la presente invención.

Las Fig. 12A-C son esquemas dimensionales de un WEC de pequeña escala según diversas realizaciones de la presente invención.

10 La Fig. 13A-C son esquemas dimensionales de un WEC de escala moderada según diversas realizaciones de la presente invención.

Las Fig. 14A-C son esquemas dimensionales de un WEC de gran escala para su despliegue en campos de olas moderadamente activos según diversas realizaciones de la presente invención.

Las Fig. 15A-C son esquemas dimensionales de un WEC de gran escala para su despliegue en campos de olas altamente activos según diversas realizaciones de la presente invención.

15 La Fig. 16 es un diagrama de flujo que ilustra un método según diversas realizaciones de la presente invención.

Descripción detallada

La tecnología de la presente descripción se refiere a un convertidor de energía de las olas (WEC) útil para transformar la energía asociada con el empuje y el oleaje de las olas de mar de fondo y de tormentas en alta mar en energía de rotación. Pasando ahora a las Fig. 1A-G, el WEC 100 comprende una barquilla flotante 102 que tiene un eje longitudinal central, un primer larguero 104, un segundo larguero 106, un primer flotador 108 acoplado operativamente (por ejemplo, mediante los brazos de accionamiento del primer flotador 112) a una toma de fuerza (PTO) y un segundo flotador 110 acoplado operativamente (por ejemplo, mediante los brazos de accionamiento del segundo flotador 114) a una toma de fuerza (por ejemplo, la primera toma de fuerza o una segunda toma de fuerza). En algunas realizaciones, el WEC 100 también puede incluir un sistema de control hidrodinámico (HCS) 116.

25 En algunas realizaciones, la barquilla 102 se puede describir como un alojamiento sustancialmente estanco al agua dentro de la cual se puede alojar una o más tomas de fuerza accionadas por rotación. En otras realizaciones, la barquilla se puede describir como dos o más (por ejemplo, tres como se muestra) módulos conectados, sustancialmente estancos al agua 118, 120, 122. En algunas de tales realizaciones, un módulo central 122 puede ser una carcasa flotante vacía, que puede contener equipamiento de generación energía, mantenimiento y/u otro, o se puede usar para cualquier otro propósito adecuado. En tales realizaciones adicionales, un primer módulo 118 y un segundo módulo 120 aloja cada uno una o más tomas de fuerza accionadas por rotación.

35 La modularización y/o compartimentación de cualquier componente de WEC 100 (por ejemplo, largueros 104, 106, flotadores 108, 110, barquilla 102, etc.) pueden ser deseable en muchas realizaciones. La compartimentación, por ejemplo, puede proporcionar un mecanismo para contener fugas potenciales, de manera que, en el caso de una fuga, cualquier inundación se contenga en un área limitada del WEC 100. La compartimentación también proporciona diversas áreas discretas para espacios de almacenamiento de equipos más útiles, más áreas de mantenimiento accesibles, para servir como tanques de lastre dinámicos, etc. La modularización de cualquier componente de WEC 100 particular puede proporcionar los beneficios adicionales de tamaño reducido durante el transporte y/o simplificación del mantenimiento en el mar, cada uno de los cuales reduce los costes y el tiempo de inactividad operacional.

40 La barquilla 102 se puede producir a partir de material compuesto (por ejemplo, fibra de carbono, Kevlar, fibra de vidrio, etc.), hormigón, acero laminado, aluminio, y/o cualquier otro metal o aleación adecuados. En algunas realizaciones, cualquiera de la barquilla 102 o los módulos 118, 120, 122 de la misma pueden incluir escotillas 126 de acceso a la barquilla para cargar/descargar equipos y personal (por ejemplo, para mantenimiento y reparaciones). Como se trata con más detalle a continuación con referencia a las Fig. 2A-B, los flotadores flotantes 108 y 110 están acoplados operativamente a la una o más PTO montados dentro de la barquilla 102. El acoplamiento operativo, en algunas realizaciones, puede comprender brazos de accionamiento 112, 114 conectados, por ejemplo, a un eje/buje de accionamiento que se extiende dentro de la barquilla 102 o una caja de engranajes conectada a tal eje/buje de accionamiento. Un eje/buje de accionamiento según algunas realizaciones puede ser conectado a su vez, por ejemplo, a uno o más generadores de accionamiento directo, generadores de accionamiento de caja de engranajes, sistemas hidráulicos, sistemas de bombeo, bombas de agua, desalinizadores de agua, bombas neumáticas, bombas hidráulicas, etc. No obstante, se entenderá que, en vista de esta descripción, un experto en la técnica puede diseñar fácilmente alternativas a las anteriores para transferir energía giratoria a una PTO montada dentro de una barquilla y que estas realizaciones están dentro del alcance de esta descripción.

Otros elementos estructurales de un WEC 100 según la presente descripción pueden incluir un primer larguero 104 y un segundo larguero 106. Un larguero (por ejemplo, 104, 106), como se usa ese término en la presente memoria, comprende un elemento alargado hueco o sólido. Una forma de sección transversal de cada larguero 104, 106 puede tener cualquier forma adecuada (por ejemplo, circular, triangular, en forma de superficie aerodinámica, elíptica, etc.). Los largueros 104, 106 se pueden producir a partir de material compuesto (por ejemplo, fibra de carbono, Kevlar, fibra de vidrio, etc.), hormigón, acero laminado, aluminio, y/o cualquier otro metal o aleación adecuados. Dependiendo de la escala, uno o más de los largueros 104, 106 pueden estar huecos, compartimentados, o modularizados para alojar o proporcionar entrada/salida para lastre, equipos, y personal asociado con la generación de energía, mantenimiento, lastrado, etc. Cuando se despliega, el primer larguero 104 y el segundo larguero 106 se extienden hacia abajo en un cuerpo de agua. Los largueros 104, 106 generalmente se pueden unir, directa o indirectamente, a extremos opuestos de la barquilla 102. En algunas realizaciones, los largueros 104, 106 pueden estar fijados o unidos de manera giratoria a la barquilla 102, no obstante, estará claro en vista de esta descripción que se puede usar cualquier método adecuado de fijación.

En algunas realizaciones, uno o más de los largueros 104, 106 se pueden extender hacia arriba desde la barquilla para operar como mástil de amarre o estructura de montaje accesoria (por ejemplo, antena, panel solar, luz de aviso, etc.). Varias realizaciones pueden incluir áreas de embarque (por ejemplo, plataformas de servicio y/o accesorios de acoplamiento) unidas a uno o más de los largueros 104, 106, que proporcionan acceso de servicio mejorado para los WEC 100 desplegados. Para diseños más grandes, que incluyen diseños a escala de empresa de servicios públicos, se puede proporcionar una escotilla de acceso de larguero 128 en la región superior de un larguero extendido. Las escotillas de acceso de larguero 128 generalmente estarán por encima de la línea de agua en condiciones no de tormenta y diseñadas de manera que el personal de mantenimiento y/o los equipos puedan entrar/salir del WEC 100 para obtener acceso adicional a los componentes y los equipos interiores del WEC 100.

Los largueros 104, 106 proporcionan soporte estructural al WEC 100 y proporcionan una herramienta de diseño para establecer un centro de gravedad (CG) y/o centro de flotabilidad (CB) del WEC 100. Se puede lograr el punto de diseño del CG y/o del CB adaptando la longitud del larguero (calado), el peso del larguero, y/o la distribución de peso del larguero a aplicaciones particulares. Adicionalmente, los largueros 104, 106 sirven como punto de unión para uno o más sistemas de control hidrodinámico 116 (por ejemplo, un peso, placa, o tanque de lastre).

En algunas realizaciones, un HCS 116 puede estar unido de forma fija a los largueros 104, 106. En otras realizaciones, como se describe además a continuación con referencia a las Fig. 3A-D, el HCS 116 se puede montar de forma móvil a los largueros 104, 106 de manera que se pueda variar la posición del HCS 116 a lo largo de los largueros 104, 106. Puede ser deseable ajustar la posición del HCS 116 por cualquier número de razones, que incluyen, pero no se limitan a, variación en los estados del mar, variación del tiempo, y/o cambios en los requisitos de la misión. Los HCS 116 pueden incluir, pero no se limitan a, placas (por ejemplo, placas elevadoras, placas amortiguadoras), miembros conformados (por ejemplo, cuñas, cilindros, cubos, elipses, etc.), tanques de lastre, placas hidrodinámicas (por ejemplo, con forma de superficie de sustentación) y/o tanques de lastre, etc. Los HCS se pueden producir a partir de material compuesto (por ejemplo, fibra de carbono, Kevlar, fibra de vidrio, etc.), hormigón, acero laminado, aluminio, y/o cualquier otro material adecuado. En algunas realizaciones, tales HCS 116 pueden incluir características adicionales (no mostradas) tales como, por ejemplo, controles dinámicos de lastre, paletas/timones, lengüetas de compensación, accesorios del sistema de amarre, o cualquier otra característica adicional deseada. Será evidente en vista de esta descripción que cualquier componente de WEC 100 (por ejemplo, largueros 104, 106, flotadores 108, 110, barquilla 102, etc.), o una combinación de tales componentes, en diversas realizaciones, puede incluir una o más de las características que se han descrito anteriormente con referencia a un HCS 116. Será evidente además en vista de esta descripción que, en algunas realizaciones, cualquiera de tales características o combinación de tales características se pueden unir al WEC 100 directamente o como parte de un módulo/compartimento externo en lugar de estar incluidas como parte de cualquier componente particular del WEC 100.

Aunque se representa como un único HCS 116 que está unido a dos largueros 104, 106, será evidente en vista de esta descripción que cualquier número de HCS 116 se puede unir directa o indirectamente por cualquier medio a cualquier componente, o combinación de componentes, del WEC 100 (por ejemplo, flotadores 108, 110, brazos de accionamiento 112, 114, barquilla 102, etc.). Por ejemplo, algunas realizaciones pueden tener dos HCS 116 móviles independientemente, cada uno montado en un larguero (por ejemplo, 104 o 106). En otras realizaciones, un HCS puede estar unido indirectamente a los largueros 104, 106 a través de un miembro flexible (por ejemplo, cable, cuerda, cadena o cualquier otro dispositivo de atadura).

Una característica importante de diversos WEC 100 según la presente descripción puede ser la disposición de los dos o más flotadores 108, 110. Más específicamente, a diferencia de las realizaciones de la técnica anterior, la presente descripción se refiere a un WEC 100 que tiene un primer flotador 108 y un segundo flotador 110, cada uno diseñado para girar alrededor de un eje longitudinal central de la barquilla 102. En diversas realizaciones, el primer flotador 108 y los brazos de accionamiento del primer flotador 112 están diseñados para girar fuera de la barquilla 102 dentro de una región de tramo radial definida por el segundo flotador 110 y los brazos de accionamiento del segundo flotador 114. Según la invención, el diseño de la disposición de flotador permite que tanto el primer flotador 108 como el segundo flotador 110 logren una rotación desinhibida de 360 grados alrededor del eje longitudinal

central. Las ventajas asociadas con este diseño con respecto a, por ejemplo, la eficiencia y la capacidad de supervivencia se tratarán con mayor detalle a continuación con referencia a las Fig. 14A-F.

Puede ser evidente en vista de esta descripción que la disposición representada en las Fig. 1A-G de los flotadores 108, 110 y los brazos de accionamiento 112, 114 que están colocados dentro de los largueros 104, 106 no es exclusiva. En diversas realizaciones, los flotadores 108, 110 pueden ser cada uno más anchos que, y conectarse a las PTO fuera de, los largueros 104, 106. En algunas de tales realizaciones, los brazos de accionamiento 112, 114 pueden ser más largos que los largueros de manera que cada flotador 108, 110 retiene una rotación desinhibida de 360 grados alrededor del eje longitudinal central. En realizaciones adicionales, el primer flotador 108 y los brazos de accionamiento del primer flotador 112 se pueden colocar dentro de los largueros 104, 106 como se representa en las Fig. 1A-G mientras que el segundo flotador 110 y los brazos de accionamiento del segundo flotador 114 están colocados fuera de los largueros 104, 106 como se ha descrito anteriormente. El término brazos de accionamiento (por ejemplo, 112, 114) como se describe en la presente memoria incluye brazos de conexión de flotador conectados directa y operativamente a un eje/buje de accionamiento, pero también puede incluir brazos de conexión de flotador diseñados para funcionar en vacío alrededor de un eje o miembro estructural como se describe con mayor detalle a continuación con referencia a las Fig. 2A-B. Como se muestra en las Fig. 1F-G, los brazos de accionamiento 112, 114 no necesitan ser rectos, sino que pueden, en algunas realizaciones, ser curvados o arqueados. No obstante, se entenderá que los brazos de accionamiento 112, 114 según la presente descripción pueden tener cualquier forma y/o sección transversal.

Será evidente además en vista de esta descripción que la disposición “anidada” del primer flotador 108 y del segundo flotador 110 y sus respectivos brazos de accionamiento 112, 114 se puede extender a diseños que comprenden más de dos flotadores que giran alrededor, y conectados operativamente a una única barquilla (por ejemplo, dos flotadores colocados dentro de los largueros como se representa en las Fig. 1A-G y flotadores adicionales colocados fuera de los largueros como se ha descrito anteriormente). Del mismo modo, un experto en la técnica podría hacer y usar fácilmente un convertidor de energía de las olas que comprenda una agrupación de convertidores de energía de las olas conectados (por ejemplo, que tengan una disposición larguero-barquilla-larguero-barquilla-larguero con pares de flotadores anidados unidos a cada barquilla). Tales realizaciones de agrupación pueden facilitar el amarre, el coste de construcción, y las eficiencias de mantenimiento reduciendo el número de largueros requeridos por barquilla, compartiendo los sistemas de amarre, y reduciendo el número de sitios de generación a ser mantenidos.

Los flotadores 108, 110 se pueden producir a partir de material compuesto (por ejemplo, fibra de carbono, Kevlar, fibra de vidrio, etc.), acero laminado, aluminio, cualquier otro metal o aleación, madera, espuma, caucho, hormigón y/o cualquier otro material adecuado. Se pueden usar flotadores de cualquier tamaño, forma, volumen, flotabilidad, peso, y/u orientación según la presente descripción. En diversas realizaciones, uno o más de los flotadores 108, 110 se pueden diseñar para tener uno o más tanques de lastre internos (no mostrados). En algunas de tales realizaciones, los tanques de lastre internos pueden ser tanques de lastre dinámicos, ajustables para propósitos de puesta a punto, prevención de daños, mantenimiento, remolque, corrección de desbordamiento o cualquier otra circunstancia que pueda requerir reubicación, correcciones de flotabilidad, u otros ajustes a los flotadores 108, 110.

En algunas realizaciones preferidas, cada flotador se puede diseñar para optimizar la captura de energía rentable. En diversas realizaciones, el primer flotador 108 puede tener un lado superior 108a, un lado de proa 108b y un lado de popa 108c. El lado superior 108a y el lado de popa 108c del primer flotador 108 se pueden diseñar para minimizar los materiales (es decir, reducir los costes) usados para encerrar la estructura. Por ejemplo; un lado superior semicircular 108a requiere más material y aumenta los costes de producción. Todos los lados (por ejemplo, 108a-c) del primer flotador 108 pueden ser planos o cóncavos, pero en algunas realizaciones preferidas pueden ser ligeramente convexos. Tal curvatura ligeramente convexa permite la fabricación de compuestos en un mandril enrollado, así como procesos de fabricación de compuestos a base de moldes.

El lado de proa 108b, en algunas realizaciones, se puede optimizar tanto en radio como en pendiente con el fin de maximizar la captura de energía del ambiente de las olas incidentes. Tal optimización se puede lograr usando análisis numérico hidrodinámico y técnicas de optimización para diseñar el flotador para maximizar la potencia entregada por el primer flotador 108 mientras se minimiza el material utilizado. En tales realizaciones, la forma optimizada (pendiente y radio) es el resultado de una relación potencia a coste optimizada. Será evidente en vista de esta descripción que las geometrías, dimensiones y orientaciones particulares de los flotadores variarán dependiendo del tamaño particular, los requisitos de potencia y las condiciones de operación esperadas de cada WEC 100 individual. En una perspectiva de vista en planta, el lado de proa 108b del primer flotador 108 está formado rectangularmente para maximizar el área de superficie expuesta, aumentando por ello la captura de energía. Adicionalmente, el volumen de flotador del lado superior, o francobordo, se optimiza al volumen mínimo necesario (es decir, francobordo reducido) para permitir suficiente fuerza de accionamiento mientras se elimina el exceso de flotabilidad de reserva para mejorar la capacidad de supervivencia. Esto contribuye a una operación continua del WEC 100 en todas las condiciones de oleaje (incluyendo olas de tormenta) eliminando el exceso de fuerza que de otro modo se crearía por el exceso de francobordo.

El segundo flotador 110 también puede ser de cualquier tamaño, forma, volumen, flotabilidad, peso, y/u orientación según la presente descripción. En algunas realizaciones preferidas, cada flotador se puede diseñar para optimizar la

captura de energía rentable. En diversas realizaciones, el segundo flotador 110 puede tener un lado superior 110a, un lado de proa 110b, y un lado de popa 110c. El segundo flotador 110 está diseñado en algunas realizaciones para tener un calado más profundo que el primer flotador 108. El calado se puede elegir que sea de cualquier profundidad, pero en algunas realizaciones se puede optimizar para maximizar un área de superficie que está en contacto con la ola y/u optimizar para maximizar los efectos combinados del viento, de las olas y de las corrientes. Maximizar el área de superficie de contacto puede aumentar la captura de energía cuando la fuerza de las olas actúa contra el segundo flotador 110. El lado superior 110a y el lado de popa 110c del segundo flotador 110 se pueden diseñar para minimizar los materiales (es decir, reducir los costes) usados para encerrar la estructura. Por ejemplo, un lado superior 110a semicircular requiere más material y aumenta los costes de producción. Todos los lados (por ejemplo, 110a-c) del segundo flotador 110 pueden ser planos o cóncavos, pero en algunas realizaciones preferidas pueden ser ligeramente convexos. Tal curvatura ligeramente convexa permite la fabricación de compuestos en un mandril enrollado, así como procesos de fabricación de compuestos a base de moldes.

El lado de proa 110b, en algunas realizaciones, se puede optimizar tanto en radio como en pendiente con el fin de maximizar la captura de energía del ambiente de olas incidentes. Tal optimización se puede lograr usando análisis numérico hidrodinámico y técnicas de optimización para diseñar el flotador para maximizar la energía entregada por el segundo flotador 110 mientras se minimiza el material utilizado. En tales realizaciones, la forma optimizada (pendiente y radio) es el resultado de una relación potencia a coste optimizada. Será evidente en vista de esta descripción que las geometrías, dimensiones y orientaciones particulares de los flotadores variarán dependiendo del tamaño particular, los requisitos de potencia y las condiciones de operación esperadas de cada WEC 100 individual. En una perspectiva de vista en planta, el lado de proa 110b del segundo flotador 110 está formado rectangularmente para maximizar el área de superficie expuesta, aumentando por ello la captura de energía, y optimizado para maximizar los efectos combinados del viento, de las olas, y de las corrientes. Adicionalmente, el volumen de flotador del lado superior, o francobordo, se optimiza al volumen mínimo necesario (es decir, francobordo reducido) para permitir suficiente fuerza de accionamiento mientras que se elimina el exceso de flotabilidad de reserva para mejorar la capacidad de supervivencia. Esto contribuye a una operación continuada del WEC 100 en todas las condiciones de olas (incluyendo olas de tormenta) eliminando el exceso de fuerza que de otro modo se crearía por el exceso de francobordo.

En diversas realizaciones, la forma optimizada del segundo flotador 110 es similar en contorno externo que la del primer flotador 108. En algunas de tales realizaciones, esta similitud permite que tanto el primer flotador 108 como el segundo flotador 110 sean hechos a partir del mismo molde y proceso de fabricación, eliminando por ello la necesidad de múltiples conjuntos de equipos de fabricación y reduciendo además los costes de fabricación. Para utilizar un primer flotador 108 como un segundo flotador 110, el primer flotador 108 puede ser volteado de babor a estribor y girado hacia la parte inferior. Esto permite que ambos lados de proa 108a y 110a logren una captura optimizada de energía de las olas, que el flotador de popa tenga un calado más profundo, y permite reducciones de costes haciendo ambos flotadores a partir de un único molde.

Como se ha descrito anteriormente, los flotadores 108, 110 están conectados operativamente a PTO montadas dentro de la barquilla 102. Tales PTO, en algunas realizaciones, pueden comprender uno o más generadores de accionamiento directo, generadores de accionamiento de caja de engranajes, sistemas hidráulicos, sistemas de bombeo, bombas de agua, desalinizadores de agua, bombas neumáticas, bombas hidráulicas, etc. Para diversas realizaciones relacionadas con la bomba y el sistema hidráulico, el eje/buje de accionamiento se puede conectar directa o indirectamente, por ejemplo, a un impulsor, rotor de compresor y/o rotor de turbina mecánica. En algunas realizaciones de generación eléctrica, el eje/buje de accionamiento se puede conectar directa o indirectamente, por ejemplo, a uno o más rotores y/o estatores. No obstante, se entenderá, en vista de esta descripción, que existen muchas alternativas de diseño a las anteriores para componentes PTO montados dentro de una barquilla y que estas alternativas están dentro del alcance de esta descripción.

La Fig. 2A proporciona una vista superior en sección transversal de la barquilla 102, centrándose en un primer módulo 118 y la Fig. 2B proporciona una vista superior en sección transversal de la barquilla 102 centrándose en un segundo módulo 120. En la realización representada en las Fig. 2A-B, cada uno del primer módulo 118 y del segundo módulo 120 está conectado a un módulo central 122 y montado sobre un miembro de conexión larguero-barquilla 201. En algunas realizaciones, el primer módulo 118 y el segundo módulo 120 contienen cada uno una PTO accionada por rotación. En aplicaciones de generación de energía, tales PTO accionadas por rotación pueden incluir uno o más rotores 204, que son giratorios en relación a uno o más estatores 206. Dependiendo de la aplicación, los estatores 206 se pueden hacer girar o retener independientemente en una posición de rotación fija con respecto a la barquilla 102. La rotación relativa entre los rotores 204, estatores 206, miembro de conexión larguero-barquilla 201, y/o el módulo 118, 120 dentro de la cual se aloja la PTO se puede lograr por medio de rodamientos de accionamiento 208, o cualquier otro rodamiento o mecanismo similar que permita que uno o más componentes giren libremente alrededor o dentro de otro componente.

En algunas realizaciones, uno o más rotores 204 pueden estar integrados con un eje/buje de accionamiento directo 202, 203. En otras realizaciones, y como se muestra en las Fig. 2A-B, un eje/buje de accionamiento 202, 203 puede estar conectado a una extensión radial 220, que está conectada, a través de una estructura de interfaz de rotor 216, a uno o más rotores 204. No obstante, será evidente en vista de esta descripción que los rotores 204 pueden estar

conectados operativamente a cualquier eje/buje de accionamiento 202, 203 a través de cualquier otro medio adecuado, incluyendo pero no limitado a, una caja de engranajes o transmisión, atornillados, etc.

En diversas realizaciones, uno o más estatores 206 pueden estar unidos de manera fija o giratoria a una barquilla externa 102 y/o módulo 118, 120 a través de una estructura de interfaz de estator 218. La estructura de interfaz de rotor 216 y la estructura de interfaz de estator 218, en algunas realizaciones, se pueden diseñar para controlar un hueco de aire entre los rotores 204 y los estatores 206. Tales estructuras de interfaz 216, 218 pueden incluir, por ejemplo, ranuras de retención, uniones soldadas, uniones de soldadura fuerte, rebordes de interferencia, rebordes atornillados o remachadas, raíles mecánicos, raíles magnéticos, o cualquier otra estructura adecuada de control de hueco.

El eje/buje de accionamiento 202, 203 puede girar generalmente alrededor del miembro de conexión larguero-barquilla 201 sobre los rodamientos de accionamiento 208 u otras estructuras adecuadas. En diversas realizaciones, el eje/buje de accionamiento 202, 203 se puede sellar al módulo 118, 120 y/o al miembro de conexión larguero-barquilla 201 mediante uno o más sellos 212 de eje para evitar la intrusión de agua de mar y/u objetos/detritos extraños nocivos.

El eje/buje de accionamiento de primer flotador 202 puede estar conectado operativamente a un brazo de accionamiento del primer flotador 112 adyacente al primer módulo 118, mientras que un brazo de accionamiento del segundo flotador 114 adyacente al primer módulo 118 puede estar inactivo y girar libremente alrededor del miembro de conexión larguero-barquilla 201 sobre un rodamiento inactivo del segundo flotador 214. Según la invención se permite la rotación desinhibida de 360 grados de los flotadores 108, 110, el eje/buje de accionamiento del segundo flotador 203 puede estar conectado operativamente a un brazo de accionamiento del segundo flotador 114 adyacente al segundo módulo 120 mientras que un brazo de accionamiento del primer flotador 112 adyacente al segundo módulo 120 puede estar inactivo y girar libremente alrededor del eje/buje de accionamiento del segundo flotador 203 sobre un rodamiento inactivo del primer flotador 215. En tales realizaciones, el empleo de este diseño asimétrico puede permitir la colocación de los brazos de accionamiento del primer flotador 112 y primer flotador 108 dentro de la región definida por los brazos de accionamiento del segundo flotador 114 y el segundo flotador 110 como se ha descrito anteriormente con referencia a las Fig. 1A-G.

Mientras que las Fig. 2A-B representan un WEC 100 que tiene dos PTO, será evidente en vista de esta descripción que se puede usar cualquier número de PTO. En diversas realizaciones que tienen un único PTO, el primer flotador 108 puede conectarse a los rotores 204, y el segundo flotador puede conectarse a los estatores 206, que pueden ser estatores giratorios. Será evidente además en vista de esta descripción que, aunque se muestran los rotores 204 que están configurados en el interior de estatores externos fijos 206, los rotores 204 se podrían configurar como rotores externos alrededor de estatores internos fijos, o tanto los rotores 204 como los estatores 206 podrían ser giratorios con independencia de su colocación.

En algunas realizaciones, incluyendo la realización representada en las Fig. 2A-B, las PTO accionadas por rotación pueden ser sistemas de accionamiento directo de gran diámetro (por ejemplo, sistemas de par alto y baja velocidad). Tales sistemas han demostrado representar un planteamiento técnico viable en conexión con el aprovechamiento de la energía eólica y los mismos principios de baja velocidad se aplican en el contexto marino. No obstante, la tecnología descrita en la presente memoria se puede implementar usando PTO accionadas por rotación de cualquier tipo, incluyendo, pero no limitadas a, generador o generadores, caja de engranajes y generador o generadores, hidráulica y generador o generadores, bomba o bombas de agua y/o cualquier otro dispositivo PTO giratorio adecuado.

Diversas realizaciones según la presente descripción pueden incluir un sistema de control hidrodinámico 116 (HCS) como se ha descrito anteriormente. Las Fig. 3A-D son vistas laterales de un WEC 100 según la presente descripción que tiene los HCS 306, 308 colocados en ubicaciones variables a lo largo de los largueros 302, 304 de diversas longitudes. La Fig. 3D muestra el HCS 308 unido de forma fija a un larguero 304 relativamente largo. Las Fig. 3A-3C ilustran un HCS 306 móvil en diversas posiciones a lo largo del larguero 302. Se puede usar cualquier mecanismo (no mostrado) para ajustar la posición del sistema de control hidrodinámico. Tales mecanismos, en algunas realizaciones, pueden ser unidades motorizadas. En otras realizaciones, puede que no haya unidades motorizadas y el HCS 306 puede incluir un control de lastre dinámico y un sistema de frenado para acoplarse con el larguero. En tales realizaciones, el HCS 306, por ejemplo, se puede reposicionar a lo largo del larguero 302 liberando un freno, ajustando un lastre para reposición de manera flotante el HCS 306, y acoplando el freno para retener el HCS 306 reposicionado en su lugar. Será evidente en vista de esta descripción que los ejemplos descritos anteriormente no son limitantes, y que cualquier número o combinación de mecanismos de ajuste adecuados se puede usar con los WEC 100 diseñados según la presente descripción.

Como se ha descrito anteriormente con referencia a las Fig. 1A-G, diversas realizaciones pueden incluir áreas de embarque (por ejemplo, plataformas de servicio y/o accesorios de acoplamiento) unidas a uno o más de los largueros 104, 106 y/o la barquilla 102 así como, para algunas realizaciones, escotillas de acceso a la barquilla 126 y/o escotillas de acceso al larguero 128 para acceso de servicio mejorado para los WEC 100 desplegados. Las escotillas de acceso 126, 128 se pueden proporcionar generalmente en la región superior de una barquilla 102 o larguero extendido de manera que las escotillas de acceso 126, 128 están generalmente por encima del línea de

agua en condiciones no de tormenta. Tales escotillas de acceso también se pueden diseñar generalmente de manera que el personal de mantenimiento y/o los equipos puedan entrar/salir del WEC 100 para obtener acceso además para los componentes y equipos interiores del WEC 100.

Con referencia ahora a las Fig. 1A-G y a la Fig. 4, en algunas realizaciones, la entrada/salida de equipos, lastre y/o personal a un WEC 100 se puede proporcionar a través de escotillas de acceso a la barquilla 126, escotillas de acceso al larguero 128, y/o cualquier otra escotilla o compartimento estanco colocado en un exterior de cualquier otro componente del WEC 100. Las escotillas de acceso a la barquilla 126 pueden proporcionar acceso al interior de un módulo 118, 120, 122, que puede alojar o no una PTO. Las escotillas de acceso interno 402 y los pasos internos 403, en algunas realizaciones, pueden proporcionar acceso a otros componentes del WEC 100. Donde sea deseable un movimiento vertical, se pueden proporcionar escaleras de mano interiores de barquilla 404. Será evidente en vista de esta descripción que, aunque las escaleras de mano se representan en la presente memoria, cualquier dispositivo de transporte vertical adecuado (por ejemplo, escaleras mecánicas, elevadores, ascensores, montaplatos, etc.), o incluso un dispositivo de transporte no vertical en absoluto, se pueden usar según la presente descripción y, para algunas realizaciones, puede ser preferido.

Las escotillas de acceso al larguero 128 pueden proporcionar acceso al interior de un larguero 104, 106. En algunas realizaciones, las áreas de embarque, (por ejemplo, plataformas de servicio y/o accesorios de acoplamiento) se pueden fijar al exterior de uno o más largueros 104, 106 para proporcionar un acercamiento más fácil a las escotillas de acceso al larguero 128. Las escaleras de mano internas de larguero 406 proporcionan movimiento vertical dentro del larguero. No obstante, aunque las escaleras de mano se representan en la presente memoria, será evidente en vista de esta descripción que cualquier dispositivo de transporte vertical adecuado (por ejemplo, escaleras mecánicas, elevadores, ascensores, montaplatos, etc.), o incluso un dispositivo de transporte no vertical en absoluto, se pueden usar según la presente descripción y, para algunas realizaciones, puede ser preferido. Del mismo modo, en los pasillos horizontales, se pueden usar grúas o plataformas aéreas con rieles (bloques y aparejos, etc.), cintas transportadoras o rodillos, etc. según la presente descripción y, para algunas realizaciones, puede ser preferido.

Se describe un movimiento en agua de un WEC 100 diseñado según la presente descripción con referencia a las Fig. 5-7. Las velocidades del agua dentro de una ola se ilustran en la Fig. 5. Las velocidades de las partículas en el campo de olas de aguas profundas presentan una amplitud máxima en todos los 360 grados de dirección dentro de un plano perpendicular a las crestas de las olas que se propagan. Dos direcciones discretas de estas direcciones de partículas de agua se describen sumariamente como empuje y oleaje, representadas en la figura 5. El empuje describe las direcciones verticales hacia arriba y hacia abajo en el campo de olas, mientras que el oleaje representa la dirección horizontal en el campo de olas que es perpendicular a las crestas de las olas entrantes. Estos vectores de velocidad de partículas de agua son de la mayor magnitud en la superficie libre del agua y disminuyen exponencialmente hacia cero a medida que aumenta la profundidad del agua, por lo tanto, las interacciones más fuertes del cuerpo ocurren en la superficie libre del agua. El eje de rotación que actúa en el plano de empuje-oleaje se describe como cabeceo. Para maximizar la captura de energía, el convertidor de energía de las olas debería ser excitable por el vector de amplitud máxima en todos los 360 grados de la ola en la superficie libre del agua, de esta manera, un dispositivo debería ser libre de absorber energía en los tres grados de libertad descritos como cabeceo, oleaje, y empuje y ser situado en o cerca de la superficie del agua. En el canal 502, el agua se mueve completamente en un movimiento de oleaje inverso a lo largo de un gradiente de velocidad que tiene una velocidad máxima adyacente a la superficie del agua. En el empuje hacia arriba 504, el agua se mueve completamente en un movimiento de empuje hacia arriba. En el pico 506, el agua se mueve completamente en un movimiento de oleaje hacia proa a lo largo de un gradiente de velocidad que tiene una velocidad máxima adyacente a la superficie del agua. En un empuje hacia abajo 508, el agua se mueve completamente en un movimiento de empuje hacia abajo.

En operación, como se representa en las figuras 6 y 7, el WEC 100 se excita por las olas entrantes para cabeceo, oleaje, y empuje, dando como resultado un patrón orbital de cabeceo descrito a continuación. Mostrado en el tiempo T1 602, 702, el WEC 100 se ha movido en el oleaje de manera que los largueros 104, 106 y la barquilla 102 están a la derecha (o a popa) del centro 601 y están cabeceados en el sentido de las agujas del reloj. En el tiempo T2 604, 704, los largueros 104, 106 y la barquilla 102 han girado en sentido contrario a las agujas del reloj en cabeceo a una orientación vertical y se han movido hacia la izquierda (o hacia proa) en la dirección del oleaje. En el tiempo T3 606, 706, el WEC 100 se ha movido en el oleaje de manera que los largueros 104, 106 y la barquilla 102 están a la izquierda (o hacia proa) del centro 601 y están cabeceados en el sentido contrario a las agujas del reloj. En el tiempo T4 608, 708, los largueros 104, 106 y la barquilla 102 han girado en el sentido de las agujas del reloj en cabeceo a una orientación vertical y se han movido a la derecha (o a popa) hacia el centro 601 en la dirección del oleaje. Estos movimientos están exagerados en la figura 6 para ayudar a entender los movimientos y en la figura 7 los movimientos son representativos del movimiento a escala.

En la práctica, estos movimientos ocurren en un continuo de 360 grados de direcciones que se describen discretamente mediante los vectores de empuje y oleaje tratados anteriormente. El dimensionamiento geométrico afectará a la magnitud de la respuesta del cuerpo de WEC a la excitación de las olas; por ejemplo, una superficie más grande experimentará una mayor fuerza en ese cuerpo que una superficie más pequeña. Adicionalmente, una inercia diferente del WEC dará como resultado un retardo diferente de la respuesta del cuerpo de WEC en cada grado de libertad a la excitación de las olas. La combinación de forma de boyas, CG e inercia afectará en última

instancia a la fase y a la amplitud de la respuesta de WEC a las olas entrantes. La figura 7 representa la respuesta en fase calculada numéricamente de los largueros 104, 106 y la barquilla 102 con respecto a la ola durante un período de olas de 8,5 segundos. Sin ajustar el dispositivo, un período de ola diferente dará como resultado una respuesta de WEC diferente y una relación de fase diferente con respecto a la ola.

Como se representa en la figura 7, un primer flotador 108 está diseñado nominalmente para acercarse a una ola entrante de manera que se fuerza por la ola a girar alrededor del eje longitudinal central de la barquilla 102. El primer flotador 108 está diseñado para seguir la superficie de la ola y responder primariamente en fase con la ola tanto en el empuje como en el oleaje, dando como resultado un movimiento de cabeceo del primer flotador 108 con respecto a la barquilla 102. Estos movimientos de empuje y cabeceo del primer flotador 108 dan como resultado la rotación del primer flotador 108 alrededor del eje longitudinal central de la barquilla 102. El movimiento de cabeceo de la barquilla 102 actúa fuera de fase con el del primer flotador 108, aumentando de esta manera la velocidad del movimiento giratorio relativo entre los dos cuerpos. Este movimiento de rotación relativo se representa en los pasos de tiempo T1, T2, T3 y T4 de la figura 7 como se ha descrito anteriormente.

Como se representa además en la figura 7, un segundo flotador 110 está diseñado nominalmente para acercarse a la ola saliente de manera que se fuerza por la ola a girar fuera de fase con el eje longitudinal central de la barquilla 102. El segundo flotador 110 está diseñado para maximizar un movimiento de cabeceo del segundo flotador 110 con respecto a la barquilla 102. Estos movimientos de empuje y cabeceo del segundo flotador 110 dan como resultado la rotación del segundo flotador 110 alrededor del eje longitudinal central de la barquilla 102. El movimiento de cabeceo de la barquilla 102 actúa fuera de fase con el del segundo flotador 110, aumentando de esta manera la velocidad de movimiento giratorio relativo entre los dos cuerpos. Este movimiento giratorio relativo se representa en los pasos de tiempo T1, T2, T3 y T4 de la figura 7 como se ha descrito anteriormente. La distancia radial del segundo flotador 110 de la barquilla 102 es nominalmente mayor que la distancia para el primer flotador 108. Esta distancia se puede ajustar para diferentes ubicaciones del sitio o ambientes de oleaje.

En muchas realizaciones, es deseable mantener el WEC 100 en la estación en relación con un campo de olas, en una orientación deseada en relación con un campo de olas, y/o mover autónomamente (es decir, tripulado o no tripulado, pero no remolcado) el WEC 100 entre los campos de olas. Se pueden realizar una o más de tales funciones, en diversas realizaciones, mediante la inclusión de, por ejemplo, uno o más sistemas de amarre, o uno o más sistemas de propulsión. Para realizaciones que incluyen sistemas de propulsión, la propulsión se puede proporcionar mediante cualquier dispositivo de propulsión adecuado (por ejemplo, hélice, bomba de chorro, rueda de paletas, unidad magnetohidrodinámica, etc.). Tales sistemas de propulsión se pueden montar en cualquier componente del WEC 100 (por ejemplo, largueros 104, 106, flotadores 108, 110, barquilla 102, HCS 116, etc.) para proporcionar control de guiñada, transporte autónomo entre sitios de despliegue, mantenimiento de estación en un sitio de despliegue, o cualquier otro propósito para el cual se pueden usar los sistemas de propulsión.

Muchas realizaciones según la presente descripción incluyen un sistema de amarre, que se puede diseñar para mantener el WEC 100 en la estación en relación con un campo de olas (no mostrado) sin sobrepasar la línea eléctrica 810. El sistema de amarre puede ser cualquiera de un sistema de amarre flojo, de columna baja, de columna media, o de columna alta que tenga una o más líneas de amarre que se unan al WEC 100. En algunas realizaciones, el sistema de amarre también se puede usar para controlar la guiñada del WEC 100 en relación con el campo de olas. En tales realizaciones, el WEC 100 se puede orientar automáticamente de manera pasiva por el sistema de amarre 800 y/o las paletas/timones unidos al WEC 100 o puede incluir un mecanismo (no mostrado) tal como, por ejemplo, un cabrestante de cable o de cadena para acortar o alargar cualquiera de las líneas de amarre, rotando por ello el WEC 100, una interfaz giratoria entre el sistema de amarre y el WEC 100 de manera que el WEC 100 gira en relación con el sistema de amarre, o cualquier otro mecanismo adecuado para controlar la guiñada u otra colocación del WEC 100.

Como se muestra en la Fig. 8A, se puede usar un sistema de amarre 800 de tres puntos para controlar la direccionalidad. Como se muestra en las Fig. 8B-F, también se pueden usar sistemas de amarre 800 de dos puntos o de un punto. Cada uno de tales sistemas de amarre se puede diseñar de manera que cada una de las líneas de amarre horizontales 802 se una a un HCS 116 en un punto de conexión 804. Será evidente en vista de esta descripción, no obstante, que una o más líneas de amarre horizontales 802 se pueden unir a cualquier componente de un WEC 100 (por ejemplo, flotadores 108, 110, largueros 104, 106, barquilla 102, etc.). Aunque cada una de las líneas de amarre horizontales 802 se muestra en las Fig. 8A-F para unir el WEC 100 en un punto de conexión independiente 804, será evidente en vista de esta descripción que cada línea de amarre puede unir alternativamente el WEC 100 a un punto de conexión común 804. Como se ilustra además en las Fig. 8A-F, cada línea de amarre horizontal 802 se puede unir a una boya de amarre 806, que luego se puede conectar a una línea de amarre vertical 808. Se entenderá en vista de esta descripción que la línea de amarre horizontal 802 y la línea de amarre vertical 808 pueden ser la misma línea de amarre y conectada a la boya de amarre 806. Se entenderá además en vista de esta descripción que el término boya de amarre 806 como se usa en la presente memoria también incluye boyas de columna baja, de columna media, y de columna alta y que tales boyas puede tener cualquier flotabilidad positiva o negativa. Específicamente representadas en los ejemplos ilustrativos de las Fig. 8A-F están las boyas de media columna, las cuales, en algunas realizaciones, pueden tener una flotabilidad positiva neta que oscila desde 10.000 lbs. (4.535,92 Kg) a 100.000 lbs. (45.359,24 Kg).

Según algunas realizaciones, la Fig. 8F representa un planteamiento de una única pata de amarre. En tales realizaciones, el WEC 100 está unido a una región de proa de un HCS 116 y una única pata de amarre compuesta de una línea de amarre vertical 808 o líneas, una línea de amarre horizontal 802 o líneas y una boya de amarre 806 o boyas. Las líneas de amarre 802, 808 pueden estar hechas de, por ejemplo, cable, nailon, poliéster, cadena, cualquier otro material adecuado, o cualquier combinación de éstos. Una única pata de amarre de esta configuración, conectada a la región de proa de un HCS 116, en diversas realizaciones, puede permitir que el WEC 100 gire y se alinee de manera pasiva a la cabeza en la ola que se acerca. El análisis numérico confirma que una conexión a proa mejora la capacidad de tal sistema para orientarse de manera pasiva a la ola que se acerca. El uso de materiales de líneas de amarre diferentes y flotabilidades diferentes de la boya de amarre puede permitir al diseñador seleccionar un comportamiento preferido de desplazamiento de carga y capacidades de carga máxima de la pata de amarre.

Un amarre de una única pata como se ilustra en la Fig. 8F puede proporcionar costes reducidos, impacto ambiental reducido y/u orientación pasiva. En algunas realizaciones, no obstante, se puede usar un amarre de tres puntos como se representa en la Fig. 8A. En diversas de tales realizaciones, los controles direccionales se pueden unir al WEC 100 y al amarre para rotar el WEC hacia las olas que se acercan.

Las Fig. 8B-E representan diferentes posiciones de unión 804 a la región de proa del HCS 116. En algunas realizaciones ilustradas por la Fig. 8B, una única línea de amarre horizontal 802 está unida al centro del HCS 116. En las otras configuraciones ilustradas en las Fig. 8C-E, dos líneas de amarre horizontales 802 están unidas al HCS 116 en una separación progresivamente más amplia. Esta separación de la línea o las líneas de amarre horizontales 802 permite grados variados de estabilidad de guiñada del WEC 100 en la fijación de amarre. Además, cualquier línea de amarre 802, 808 y/o cualquier número de líneas de amarre 802, 808 se pueden unir en cualquier ubicación en el WEC 100. En diversas realizaciones de generación de energía, el WEC 100 también se puede conectar a un destino de producción eléctrica 812 a través de una línea eléctrica 810. La línea eléctrica 810 se puede soportar para seguir cualquier trayectoria submarina y no está limitada a la configuración de "curva s perezosa" mostrada en las Fig. 8A y 8F. Los destinos de producción eléctrica 812 pueden incluir, pero no están limitados a, redes de servicios públicos, transformadores, baterías, dispositivos, equipos, o embarcaciones que consuman energía eléctrica, etc.

Según la invención en donde es posible la rotación desinhibida de 360 grados de uno o más flotadores 902, 904, uno o más flotadores 902, 904 pueden llegar a sobresalir como se muestra en la figura 9A, de manera que el flotador que sobresale (por ejemplo, 904 como se muestra) se vuelca y está a popa de la barquilla 906. Más comúnmente esto resultará de una fuerza ejercida por una ola grande. Los flotadores 902, 904 son seguros, y operativos, en esta posición; no obstante, tales flotadores 902, 904 pueden no estar produciendo una potencia óptima. Cuando sea adecuado operacionalmente, se puede preferir que algún método esté en lugar de devolver el flotador a la posición de proa.

En diversas realizaciones, ilustradas en las Fig. 9A-F, el flotador 904 que sobresale puede ser lastrado dinámicamente de manera que llegue a estar negativamente flotante y se hunda en una orientación vertical inferior, como se representa en las Fig. 9B-C. Desde esta posición, el flotador 904 que sobresale se puede deslastrar de manera que una cámara de lastre en la parte superior del flotador 904 que sobresale es flotante, creando por ello un momento para girar el flotador en la dirección de proa como se representa en la Fig. 9D. El flotador 904 que sobresale entonces puede elevarse a la posición adecuada en la superficie como se representa en las Fig. 9E-F. En otras realizaciones, se puede implementar la secuencia de lastrado descrita anteriormente, pero el movimiento del flotador se complementa con una aplicación controlada de la amortiguación del generador. En tal modo de control de amortiguación, la amortiguación (par) se puede aplicar a la primera PTO cuando se gira en la dirección de popa y puede no ser aplicada amortiguación (sin par) cuando se gira en la dirección de proa. Este modo de control de amortiguación actúa similar a un mecanismo de trinquete, o trinquete suave, fomentando un movimiento de un flotador que sobresale hacia la orientación correcta.

En realizaciones adicionales, se puede implementar la secuencia de lastrado descrita anteriormente, pero el movimiento del flotador se complementa con una aplicación controlada de la operación del motor. En tales modos de control motorizados, la primera PTO se puede accionar como un motor para accionar el flotador que sobresale a la orientación correcta. En realizaciones aún adicionales, el flotador que sobresale se deslastra completamente y el movimiento del flotador se complementa con una aplicación controlada de la operación del motor para accionar el primer flotador de vuelta sobre la parte superior de la barquilla 906 para accionar el flotador que sobresale a la orientación correcta. Todavía en realizaciones aún adicionales, no parte de la invención, pueden existir requisitos para evitar la rotación del flotador 902, 904 desinhibida de 360 grados. Ejemplos de tales realizaciones pueden incluir escenarios operacionales o de despliegue especiales que no permiten que sobresalga el flotador. En sistemas con esta necesidad, se pueden usar topes finales o correas de límite para restringir el movimiento de flotación.

En muchas realizaciones según la presente descripción, los largueros 104, 106 tienen un calado profundo y son demasiado profundos para la orientación vertical cuando se remolcan dentro o fuera del puerto. Un experto en la técnica reconocerá en vista de esta descripción que cierta colocación de los flotadores 108, 110, la barquilla 102, y los largueros 104, 106 en relación con la superficie del océano tendrá resultados beneficiosos para ciertos modos de transporte y operación. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el WEC 100 puede necesitar ser remolcado a o

desde su ubicación operacional para su despliegue o recuperación en una orientación diferente de su posición de operación nominal. La posición que permite el menor arrastre también puede reducir fuerzas innecesarias en los componentes operables (por ejemplo, flotadores 108, 110, largueros 104, 106, barquilla 102, etc.) durante el transporte. La reorientación de un flotador 108, 110 y/o un larguero 104, 106 puede ocurrir debido a cambios en el lastre o en las condiciones operacionales. Para mejorar la capacidad de tránsito del WEC 100 dentro y fuera del puerto, las regiones inferiores de los largueros 104, 106 y un HCS 116 se pueden diseñar para ser deslastradas o unidas con bolsas elevadoras para elevar la región baja a la superficie. En esta posición, los flotadores 108, 110 se pueden colocar entre la barquilla 102 y el HCS 116 como se representa en las figuras 10A-B. En este caso, el deslastrado máximo de componentes permitirá que el WEC 100 minimice su calado y maximice las vías navegables a través de las cuales puede moverse a remolque sin tocar fondo.

Del mismo modo, en realizaciones que requieren preparación por adelantado para modo de supervivencia u olas o tiempo extremo, será evidente en vista de esta descripción que, mediante control de PTO, control de lastre, mecanismo de bloqueo, mecanismo de frenado, mecanismo de trinquete o cualquier combinación de estos planteamientos, un flotador se puede bajar por debajo de la superficie del agua. En algunas de tales realizaciones, el primer flotador 108 se reorienta a una posición de flotación anidada como se representa en las figuras 10A-B con la barquilla 102 sirviendo para sombrear el clima, proporcionando protección y aumentando la capacidad de supervivencia. En diversas realizaciones, el primer flotador 108 puede ser aún operacional en esta posición anidada y capaz de capturar energía. En realizaciones adicionales, como se representa en la Fig. 10D, un flotador está lastrado para que esté más bajo en el agua y menos expuesto a condiciones climáticas severas u otras. En las condiciones climáticas más extremas, cuando todas las medidas son necesarias para asegurar la capacidad de supervivencia, el primer flotador 108 y el segundo flotador 110 pueden ser lastrados con agua para sumergir ambos en una orientación vertical como se representa en la Fig. 10C. En realizaciones aún adicionales, las condiciones ambientales pueden dictar que un flotador 108, 110 gire a una posición en la que esté anidado con otro flotador. El flotador 108, 110 se puede devolver a su posición nominal mediante control de PTO, control de lastre, mecanismo de bloqueo, mecanismo de frenado, mecanismo de trinquete o cualquier combinación de estos planteamientos.

Ejemplificación

Los WEC 100 y sus componentes constituyentes (por ejemplo, flotadores 108, 110, largueros 104, 106, barquillas 102, HCS 116, etc.) hechos según la presente descripción se pueden configurar con cualquier tamaño, forma, posición relativa, o combinación de los mismos. No obstante, en muchas realizaciones se puede preferir optimizar el diseño del WEC 100 (por ejemplo, variando tamaños, posiciones y geometrías de los flotadores 108, 110, los largueros 104, 106, las barquillas 102, los HCS 116, etc.) para maximizar la producción de energía en relación con el coste (por ejemplo, minimizar un coste de energía (COE)). Cada diseño de WEC 100 se puede optimizar en vista de los parámetros de la misión (por ejemplo, bombeo, alimentación de una boya de datos, alimentación de una sonoboya de vigilancia, alimentación de una plataforma petrolera, proporcionar electricidad a escala de empresa de servicios públicos a una red, etc.) y una o más condiciones climáticas de las olas en las cuales se puede desplegar el WEC 100. Las Fig. 11-15C representan los detalles de cuatro configuraciones ejemplares de los WEC 100 optimizadas para diversas entradas de misión/clima.

Con referencia ahora a las Fig. 11, 12A-C, 13A-C, 14A-C, y 15A-C, los WEC 100 ejemplares mostrados se pueden usar para una serie de aplicaciones. El ejemplo ilustrado más pequeño 1102 es un sistema de desplazamiento de 500 libras (226,79 Kg) y 10 vatios que tiene una longitud completamente desplegada de 1,44 metros y una profundidad completamente desplegada de 1,75 metros. Tales sistemas, en algunas realizaciones, pueden accionar bombas de bajo volumen y/o suministrar electricidad a sensores de baja potencia (por ejemplo, instrumentos de olas, sensores de temperatura, sensores de salinidad, sensores eólicos/anemómetros, comunicaciones de RF o por satélite, etc.). Se proporcionan especificaciones adicionales de un WEC 100 según esta realización ejemplar en las Fig. 12A-C.

El segundo ejemplo ilustrado 1104 es un sistema de desplazamiento de 10.000-40.000 libras (4.535,92-18.143,65 Kg) y 1.500-5.000 vatios que tiene una longitud completamente desplegada de 5 metros y una profundidad completamente desplegada de 6,07 metros. Tales sistemas, en algunas realizaciones, pueden accionar bombas de volumen algo mayor (por ejemplo, agua o aceite) que un sistema de desplazamiento de 500 libras (226,79 Kg) 1102 y/o suministrar electricidad a diversos dispositivos (por ejemplo, carga de vehículos submarinos no tripulados, carga de vehículos autónomos, carga de vehículos submarinos autónomos), sensores como se ha descrito anteriormente, y/o diversos buques/plataformas (por ejemplo, plataformas petroleras). Se proporcionan especificaciones adicionales de un WEC 100 según esta realización ejemplar en las Fig. 13A-C.

El tercer ejemplo ilustrado 1106 es un sistema de desplazamiento de 1.400 toneladas y 200 kW que tiene una longitud completamente desplegada de 23,03 metros y una profundidad completamente desplegada de 27,94 metros. Tal sistema, en muchas realizaciones, se puede usar para aplicaciones de red eléctrica a escala de empresa de servicios públicos u otras de energía en alta mar en campos de olas de actividad moderada. Se proporcionan especificaciones adicionales de un WEC 100 según esta realización ejemplar en las Fig. 14A-C.

El ejemplo más grande ilustrado 1108 es un sistema de desplazamiento de 3.000 toneladas y 400 kW - 1 MW o más que tiene una longitud completamente desplegada de 31,09 metros y una profundidad completamente desplegada

de 37,72 metros. Tal sistema, en muchas realizaciones, se puede usar para aplicaciones de red eléctrica a escala de empresa de servicios públicos en campos de olas de alta actividad. Se proporcionan especificaciones adicionales de un WEC 100 según esta realización ejemplar en las Fig. 15A-C.

5 En base a los requisitos de la misión considerada y las características del campo de olas a nivel mundial, pueden ser adecuadas dimensiones geométricas que oscilan desde 1 m hasta 36 m en longitud completamente desplegada y desde 1,5 m hasta 45 m en profundidad completamente desplegada. No obstante, será evidente que los WEC 100 según la presente descripción pueden ser mayores o menores dependiendo de las variaciones en las entradas circunstanciales descritas anteriormente.

10 Se observa que los ejemplos precedentes se han proporcionado meramente con el propósito de explicación y no han de ser interpretados de ninguna forma como limitantes de la presente invención. Aunque la presente invención se ha descrito con referencia a diversas realizaciones ejemplares, se entiende que las palabras que se han usado en la presente memoria, son palabras de descripción e ilustración, antes que palabras de limitación. Se pueden hacer cambios, dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas, como se establece ahora y como se modifica, sin apartarse del alcance y el espíritu de la presente invención en sus aspectos. Aunque la presente invención se ha descrito en la presente memoria con referencia a medios, materiales y realizaciones particulares, la presente invención no se pretende que esté limitada a los detalles descritos en la presente memoria; más bien, la presente invención se extiende a todas las estructuras, métodos y usos equivalentes funcionalmente, tal como están dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

Método

20 En otro aspecto, la presente descripción incluye métodos para generar energía usando un WEC 100. La Fig. 16 ilustra un método para generar energía según diversas realizaciones de la presente descripción que comprende los pasos de proporcionar un convertidor de energía de las olas (WEC) que comprende una barquilla flotante, un primer larguero, un segundo larguero, un primer flotador y un segundo flotador 1602 y desplegar el WEC en un campo de olas 1604.

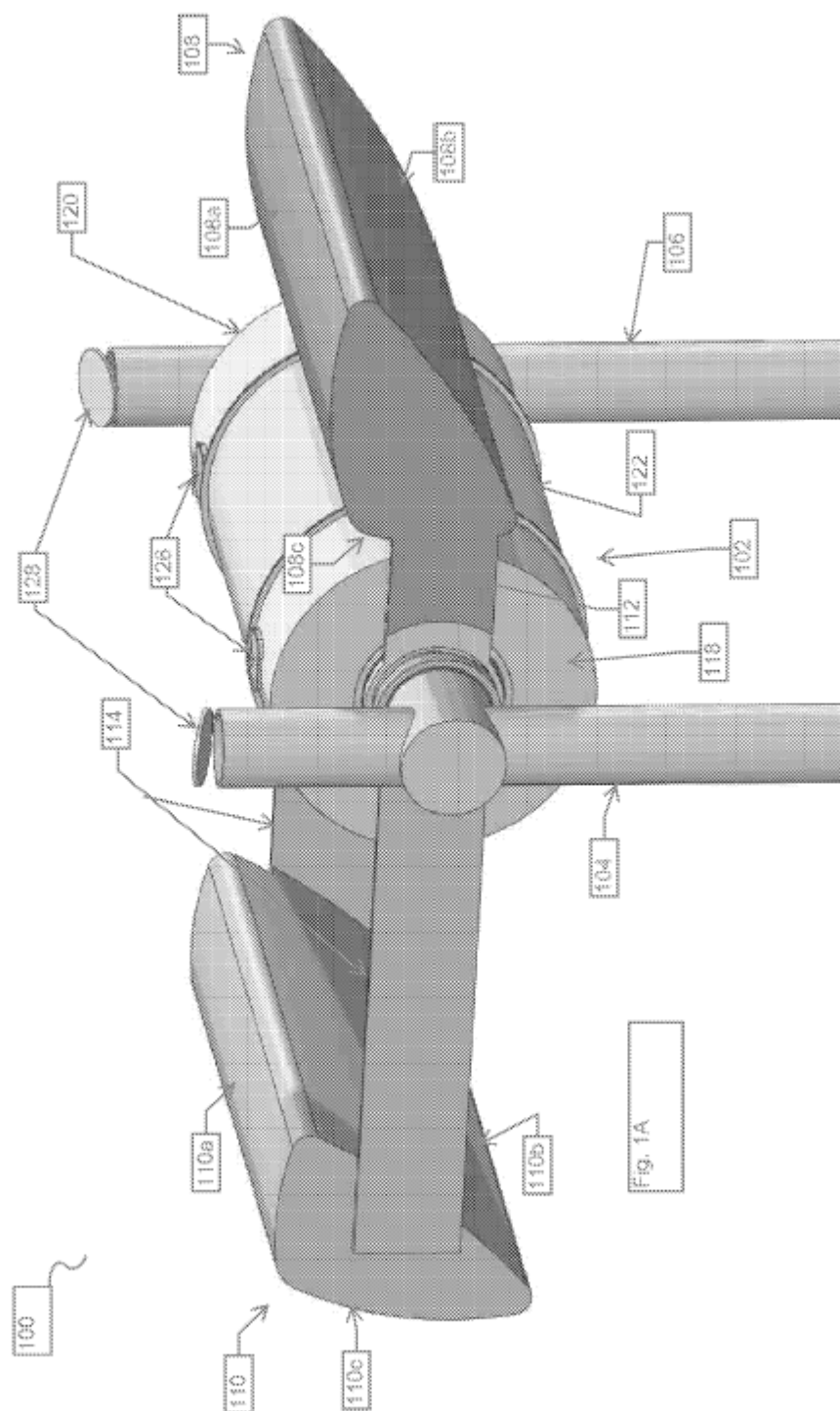
25 Proporcionar un WEC que comprende una barquilla flotante, un primer larguero, un segundo larguero, un primer flotador y un segundo flotador 1602 con diversas realizaciones puede incluir proporcionar cualquier WEC diseñado según los conceptos y las realizaciones descritos anteriormente con referencia a las Fig. 1-15. Desplegar el WEC en un campo de olas 1604 puede incluir desplegar el convertidor de energía de las olas, por ejemplo, en cualquier cuerpo de agua (por ejemplo, océano, mar, bahía, río, lago, piscina de olas, etc.) de anchura, longitud y profundidad adecuados para acomodar el WEC.

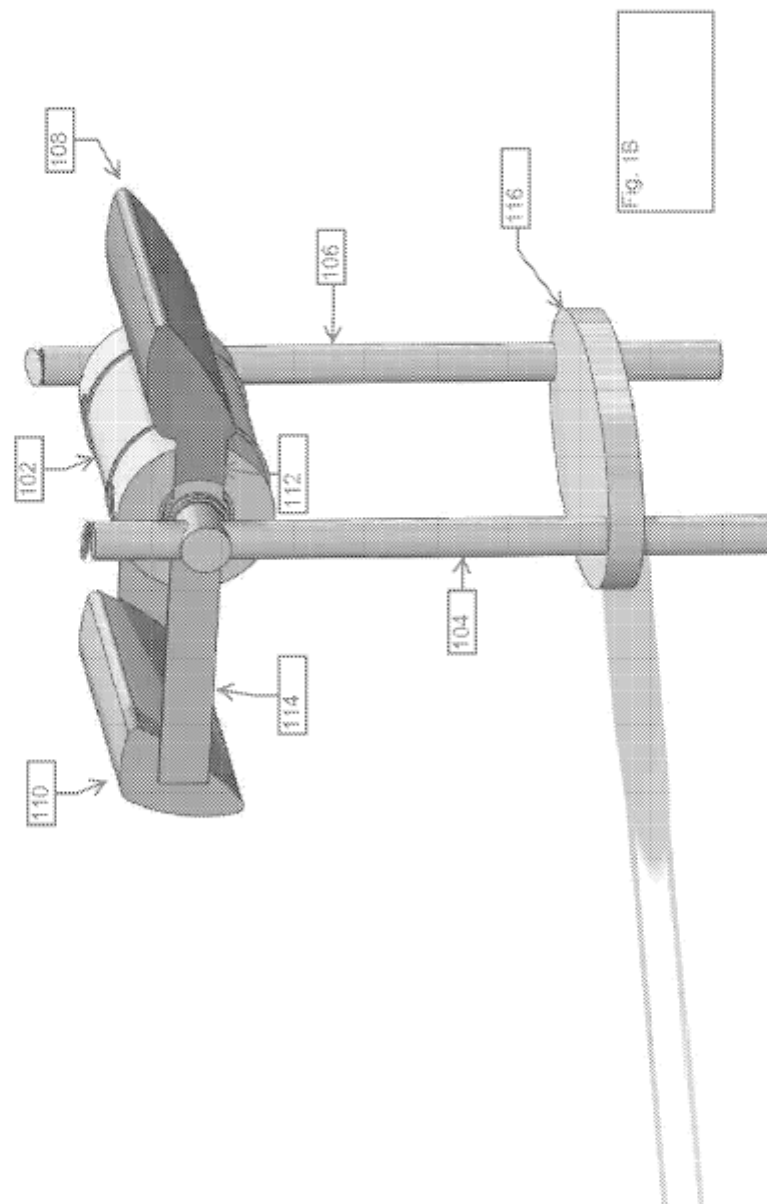
30 En la especificación precedente, la invención se ha descrito con referencia a realizaciones específicas de la misma. No obstante, un experto en la técnica se dará cuenta de que la invención se puede incorporar en otras formas específicas sin apartarse del espíritu o las características esenciales de la misma. Por lo tanto, las realizaciones precedentes han de ser consideradas en todos los aspectos ilustrativas en lugar de limitativas de la invención descrita en la presente memoria. Por ejemplo, cada característica de una realización se puede mezclar y encajar con otras características mostradas en otras realizaciones. Las características y procesos conocidos por los expertos se pueden incorporar de manera similar según se desee. Adicional y obviamente, se pueden añadir o sustraer características según se desee. El alcance de la invención se indica de esta manera mediante las reivindicaciones adjuntas, antes que por la descripción precedente y todos los cambios que caen dentro del significado y el intervalo de equivalencia de las reivindicaciones se pretende, por lo tanto, que estén abarcados dentro de las mismas.

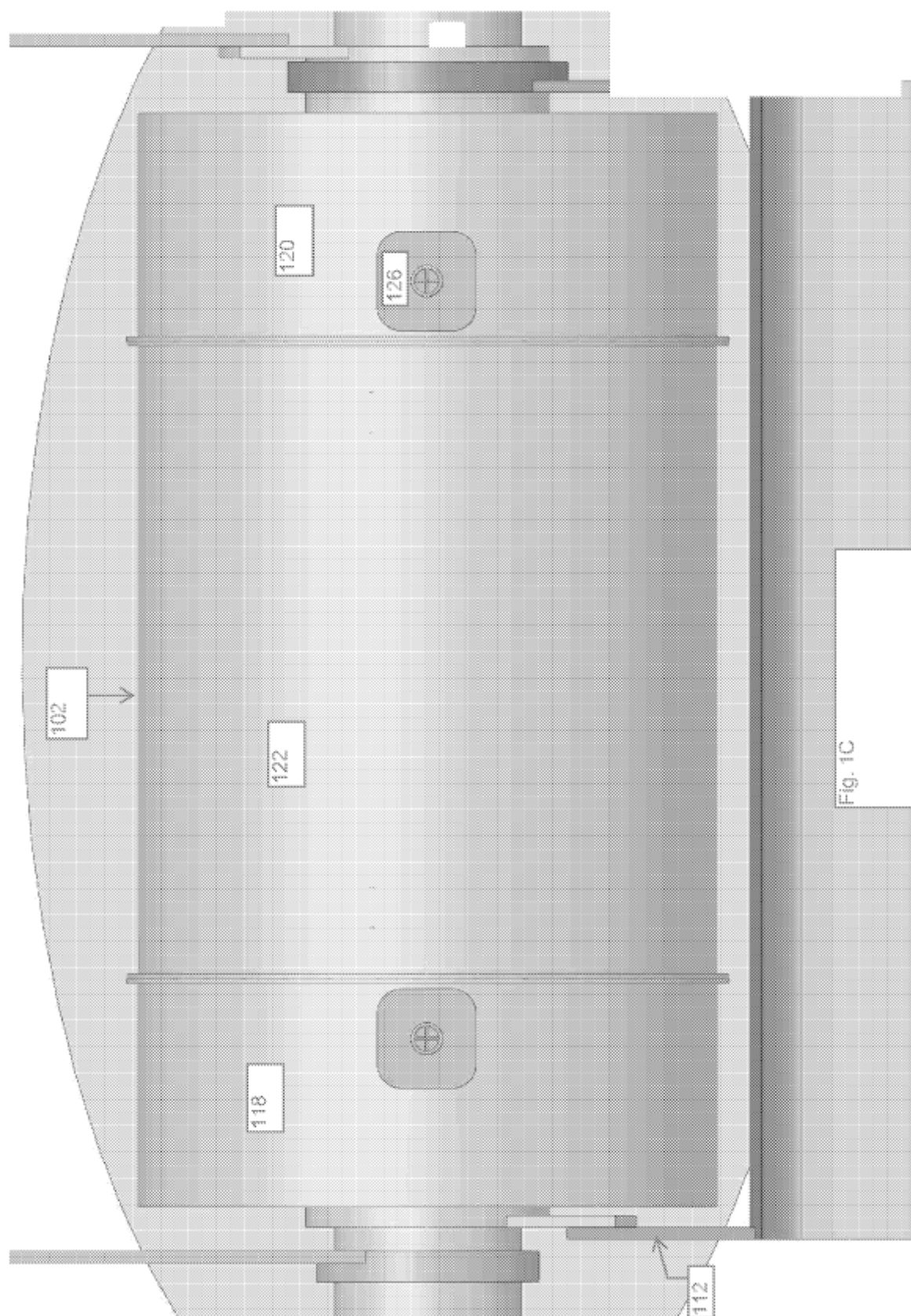
REIVINDICACIONES

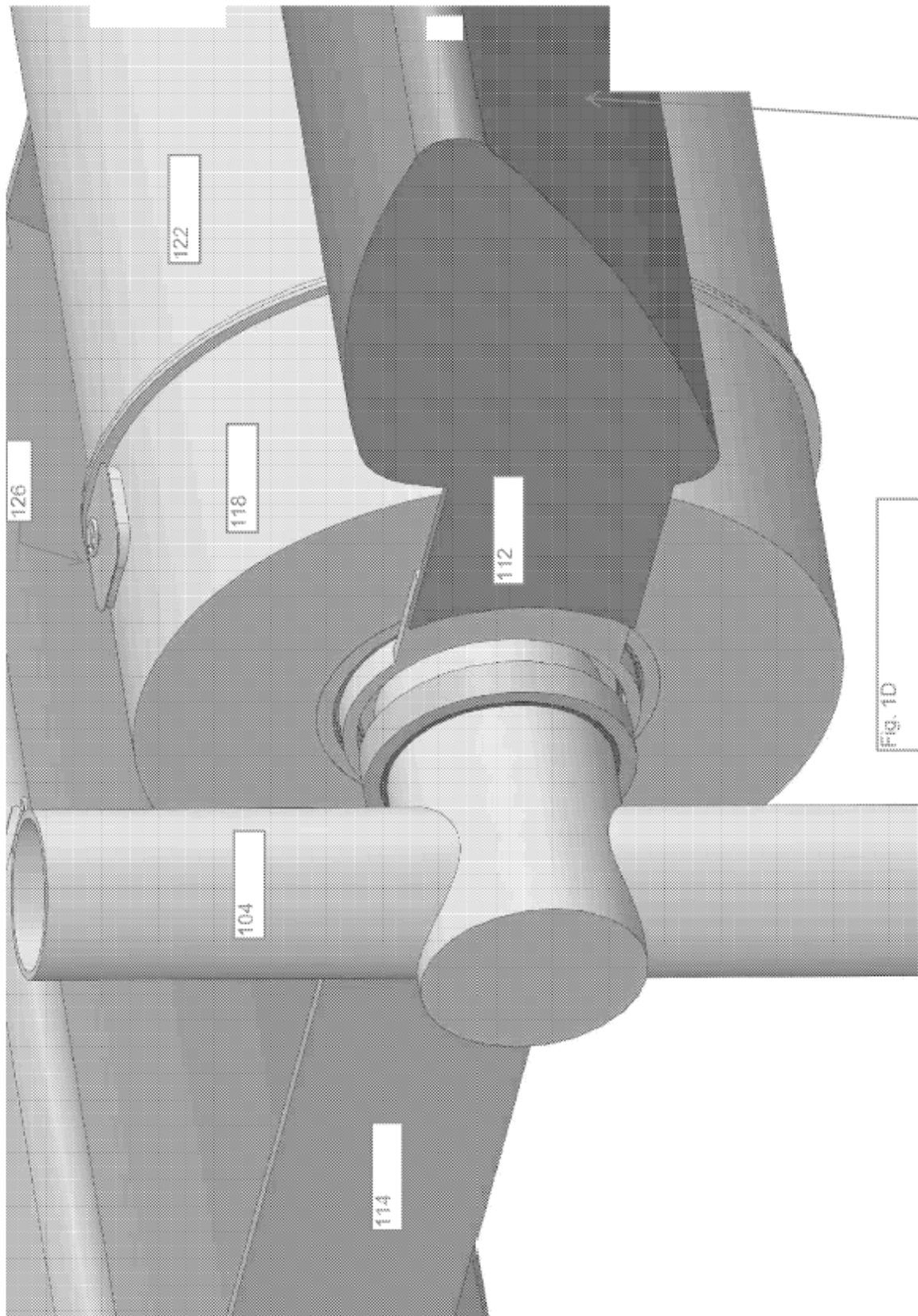
1. Un convertidor de energía de las olas (100) que comprende:
 - a) una barquilla flotante (102) que tiene un eje longitudinal central;
 - b) un primer larguero (104) acoplado a la barquilla;
 - 5 c) un segundo larguero (106) acoplado a la barquilla;
 - d) un primer flotador (108) colocado para girar alrededor del eje longitudinal central dentro de un tramo radial limitado por una superficie externa de la barquilla y un extremo radialmente distal del primer flotador, en donde el primer flotador está acoplado operativamente a una primera toma de fuerza; y
 - 10 e) un segundo flotador (110) colocado para girar alrededor del eje longitudinal dentro de un tramo radial limitado por un extremo radialmente distal del primer flotador (108) y un extremo radialmente distal del segundo flotador (110), en donde el segundo flotador está acoplado operativamente a una segunda toma de fuerza o a la primera toma de fuerza;en donde el primer flotador (108) y el segundo flotador (110) son libres de girar 360 grados alrededor del eje longitudinal central.
- 15 2. El convertidor de energía de las olas de la reivindicación 1, en donde el primer flotador está acoplado operativamente a la primera toma de fuerza y el segundo flotador está acoplado operativamente a la segunda toma de fuerza.
3. El convertidor de energía de las olas de la reivindicación 2, en donde la primera y segunda tomas de fuerza son cada una un generador de accionamiento directo que tiene una sección de rotor y una sección de estator, y en
20 donde el primer flotador está acoplado giratoriamente a la sección de rotor de la primera toma de fuerza y el segundo flotador está acoplado giratoriamente a la sección del rotor de la segunda toma de fuerza.
4. El convertidor de energía de las olas de la reivindicación 1, en donde uno del primer flotador o del segundo flotador está acoplado operativamente a una sección de rotor de la primera toma de fuerza y el otro del primer flotador o del segundo flotador está acoplado a una sección de estator de la primera toma de fuerza.
- 25 5. El convertidor de energía de las olas de la reivindicación 1, que comprende además un sistema de control hidrodinámico (116).
6. El convertidor de energía de las olas de la reivindicación 5, en donde el sistema de control hidrodinámico comprende además al menos uno de un tanque de lastre, una placa, un miembro conformado, un hidropiano, una característica de lastre de peso fijo, o una característica de lastre dinámico.
- 30 7. El convertidor de energía de las olas de la reivindicación 5, en donde el sistema de control hidrodinámico está unido a al menos uno del primer larguero y del segundo larguero y es móvil a lo largo de una longitud del mismo.
8. El convertidor de energía de las olas de la reivindicación 1, en donde el primer flotador y/o el segundo flotador comprenden un tanque de lastre.
9. El convertidor de energía de las olas de la reivindicación 1, en donde el primer flotador, el segundo flotador, el
35 primer larguero, y el segundo larguero se pueden anidar detrás de la barquilla para su transporte.
10. El convertidor de energía de las olas de la reivindicación 1, en donde el primer larguero y el segundo larguero están unidos a extremos opuestos de la barquilla y sirven como un punto estructural de unión para un sistema de control hidrodinámico (116).
11. El convertidor de energía de las olas de la reivindicación 1, en donde una orientación de rotación de al menos uno del primer flotador o del segundo flotador alrededor del eje longitudinal central es ajustable por al menos uno de un control de toma de fuerza, un control de lastre, un mecanismo de bloqueo, un mecanismo de frenado, un mecanismo de trinquete o cualquier combinación de los mismos.
- 40 12. El convertidor de energía de las olas de la reivindicación 1, que comprende además un área de embarque para el personal de mantenimiento y/o los equipos.
13. El convertidor de energía de las olas de la reivindicación 1, que comprende además un medio para limitar un rango de movimiento rotacional de al menos uno del primer flotador o del segundo flotador alrededor del eje longitudinal central.
- 45 14. El convertidor de energía de las olas de la reivindicación 1, en donde al menos uno de la barquilla flotante, el primer larguero, el segundo larguero, el primer flotador, el segundo flotador, o un sistema de control hidrodinámico
50 (116) comprende además uno o más módulos estancos al agua.

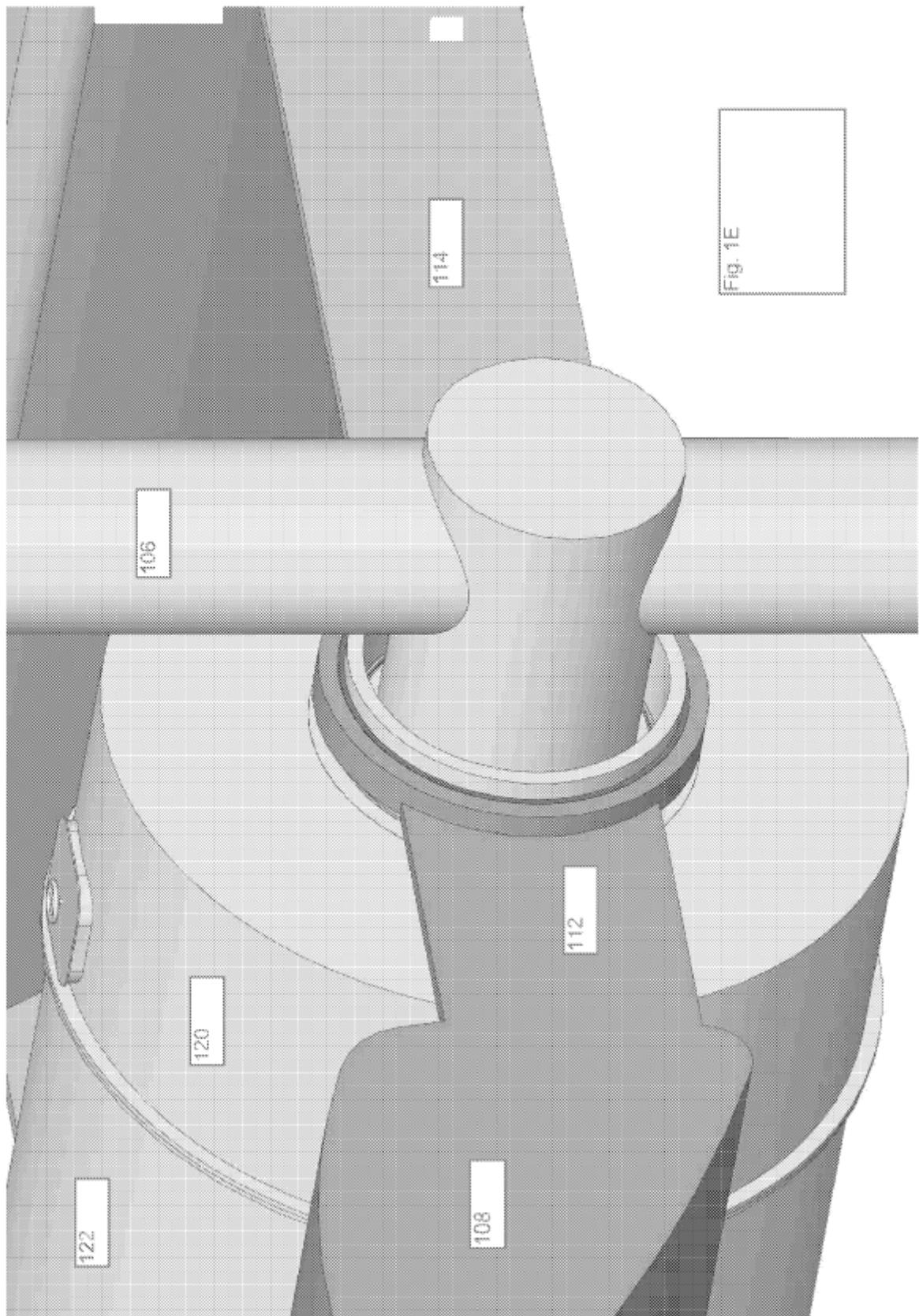
15. El convertidor de energía de las olas de la reivindicación 14, en donde el uno o más módulos estancos al agua son modulares, extraíbles y sustituibles.
16. El convertidor de energía de las olas de la reivindicación 1, que comprende además al menos una paleta/timón direccional conectado a al menos una de la barquilla flotante, el primer larguero, el segundo larguero, el primer flotador, el segundo flotador, o un sistema de control hidrodinámico.
17. El convertidor de energía de las olas de la reivindicación 1, que comprende además un sistema de amarre (800) que comprende una o más líneas de amarre.
18. El convertidor de energía de las olas de la reivindicación 17, en donde el sistema de amarre comprende además un mecanismo para proporcionar control direccional del convertidor de energía de las olas.
19. El convertidor de energía de las olas de la reivindicación 18, en donde el mecanismo para proporcionar control direccional del convertidor de energía de las olas comprende además alargar o acortar al menos una línea de amarre mediante al menos uno de un cabrestante de cable o un cabrestante de cadena.
20. El convertidor de energía de las olas de la reivindicación 18, en donde el mecanismo para proporcionar control direccional del convertidor de energía de las olas comprende además una interfaz giratoria entre el convertidor de energía de las olas y el sistema de amarre.
21. El convertidor de energía de las olas de la reivindicación 17, en donde el convertidor de energía de las olas se orienta pasivamente por el sistema de amarre.
22. Un método (1600) para generar energía que comprende los pasos de:
 - a) proporcionar (1602) un convertidor de energía de las olas (100) que comprende:
 - i) una barquilla flotante (102) que tiene un eje longitudinal central;
 - ii) un primer larguero (104) acoplado a la barquilla;
 - iii) un segundo larguero (106) acoplado a la barquilla;
 - iv) un primer flotador (108) colocado para girar alrededor del eje longitudinal central dentro de un tramo radial limitado por una superficie externa de la barquilla y un extremo radialmente distal del primer flotador, en donde el primer flotador está acoplado operativamente a una primera toma de fuerza, y;
 - v) un segundo flotador (110) colocado para girar alrededor del eje longitudinal dentro de un tramo radial limitado por un extremo radialmente distal del primer flotador y un extremo radialmente distal del segundo flotador, en donde el segundo flotador está acoplado operativamente a una segunda toma de fuerza o a la primera toma de fuerza;
 - en donde el primer flotador y el segundo flotador son libres de girar 360 grados alrededor del eje longitudinal central.
 - y
 - b) desplegar (1604) el convertidor de energía de las olas (100) en un campo de olas.











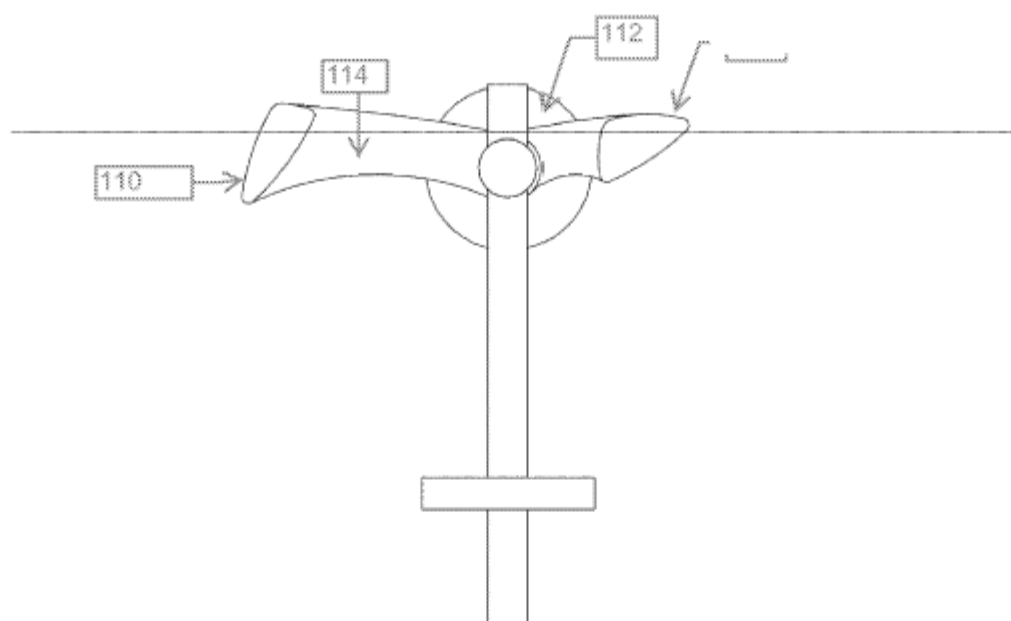


Fig. 1F

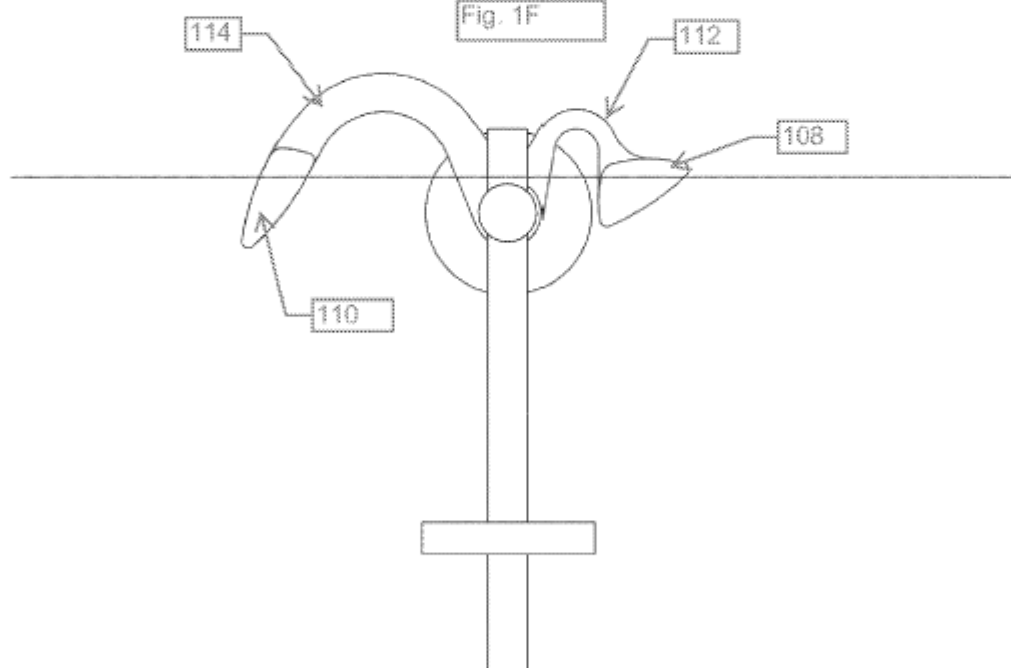
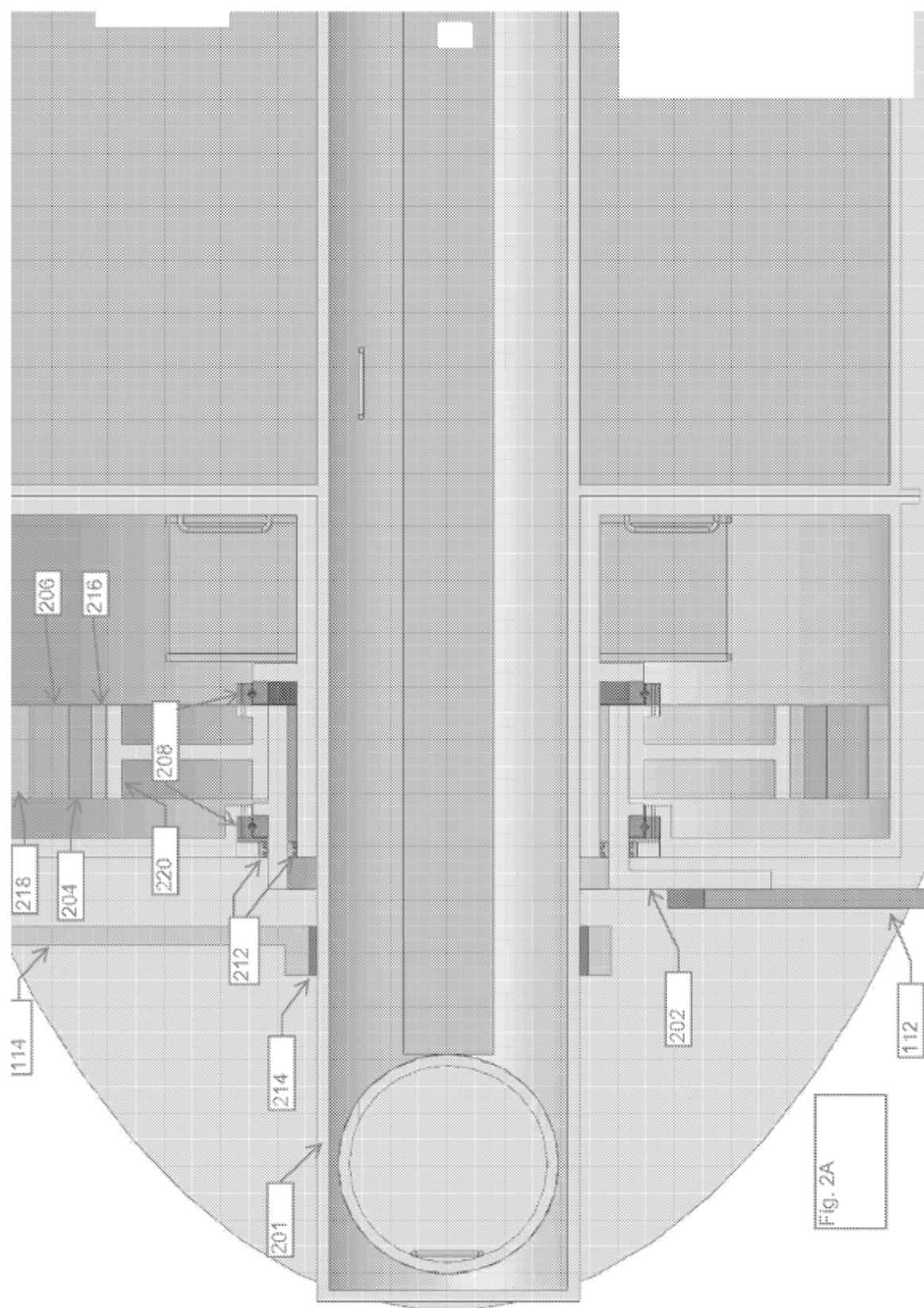


Fig. 1G



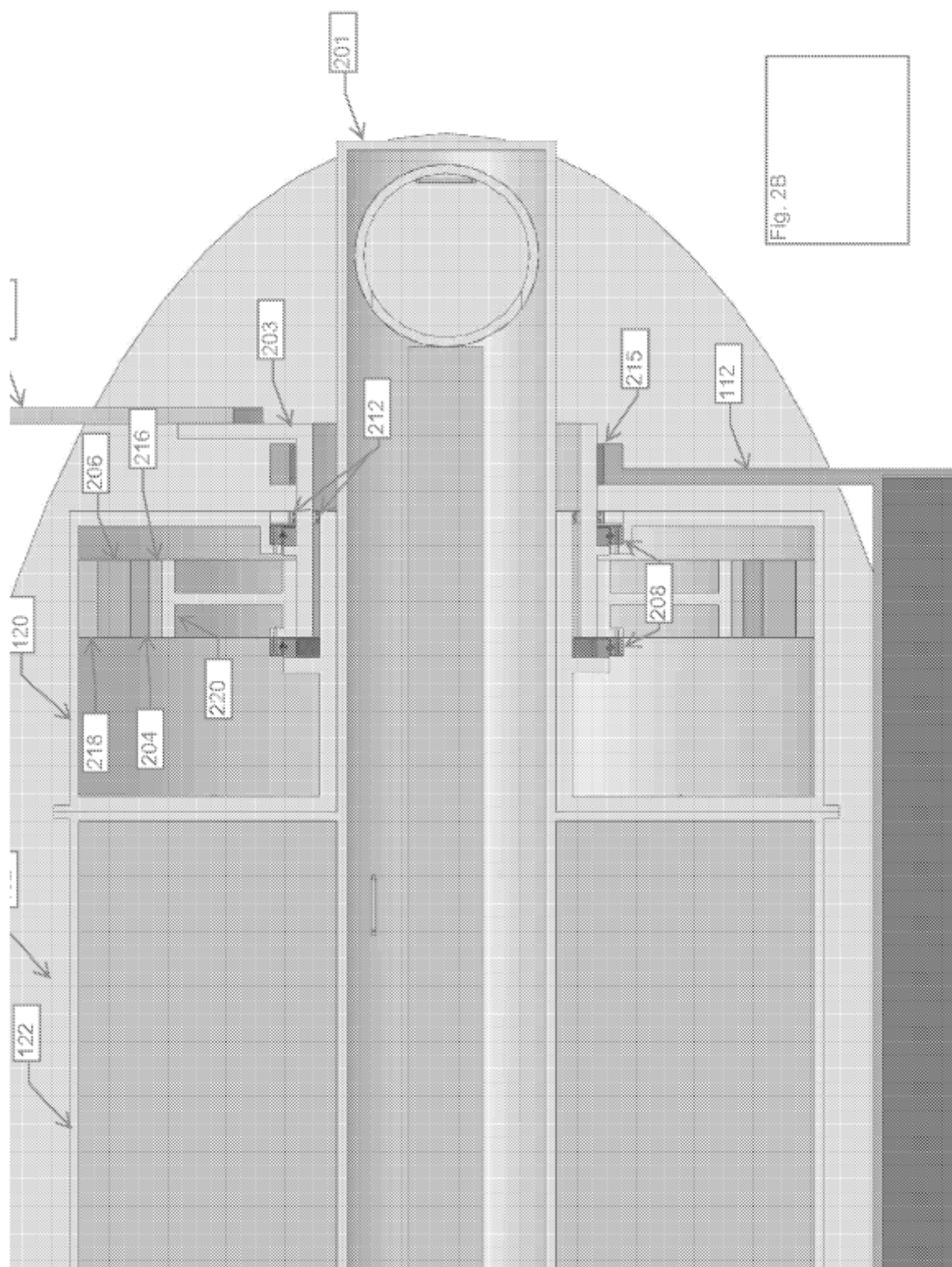
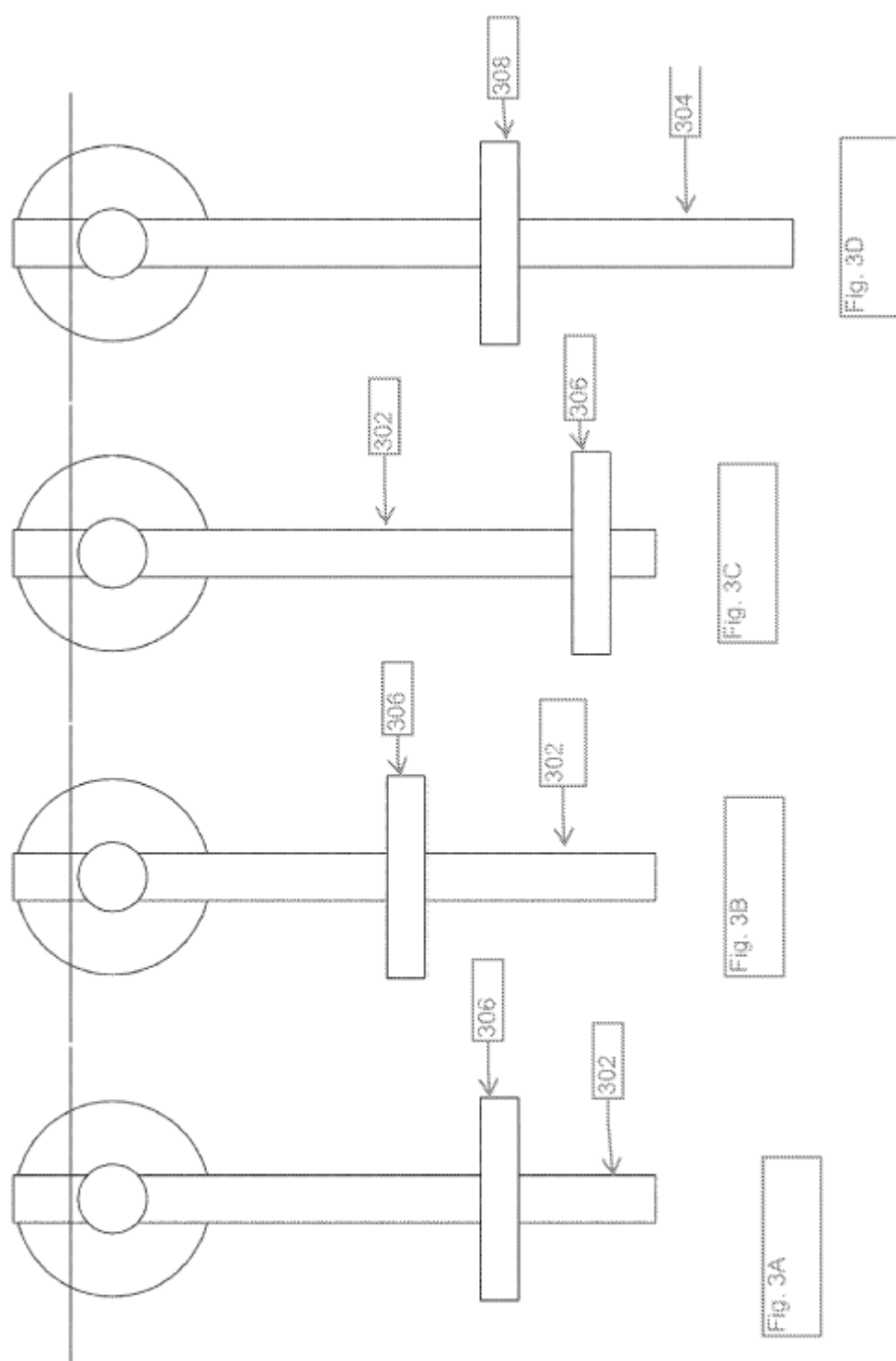
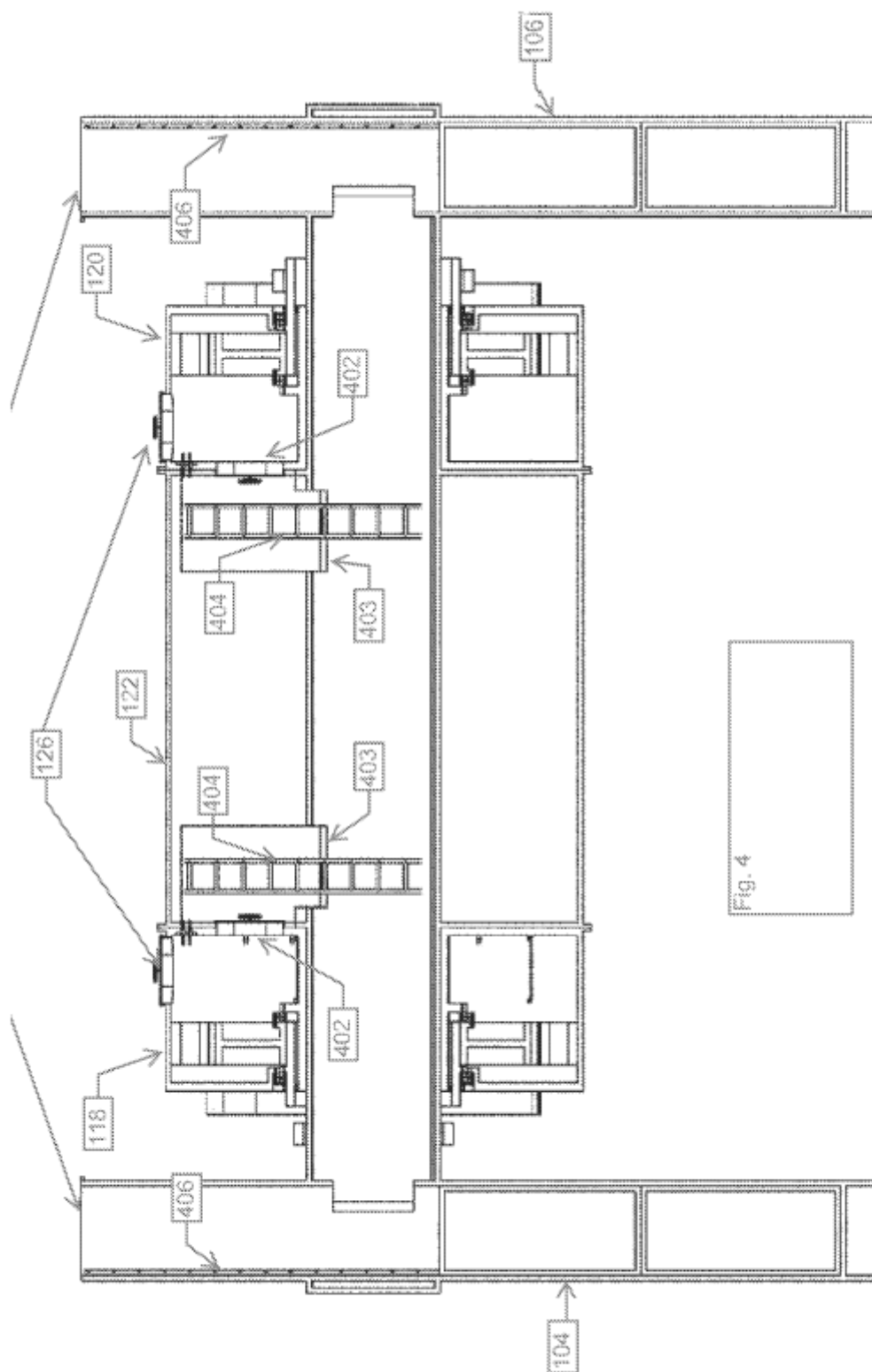


Fig. 2B





[W3338786.1]

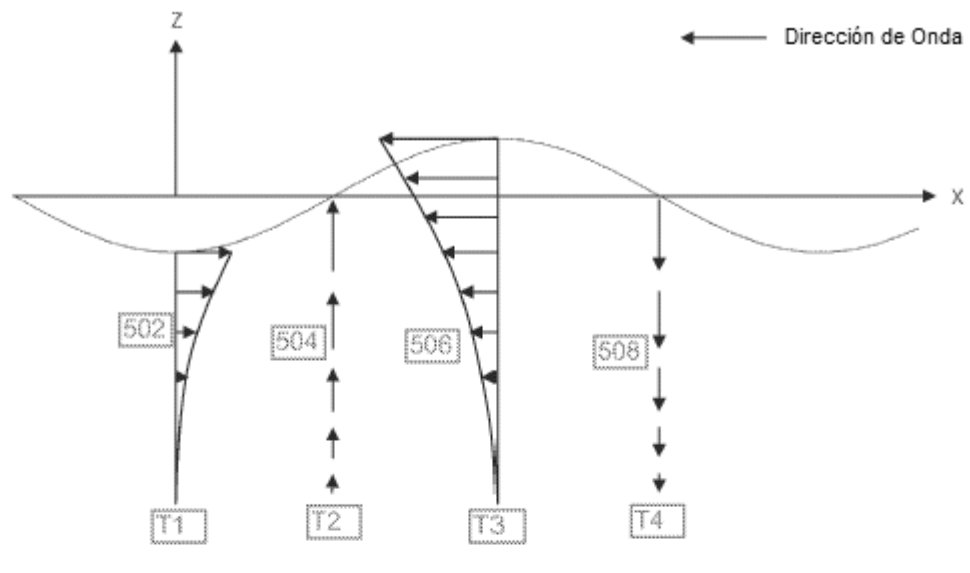
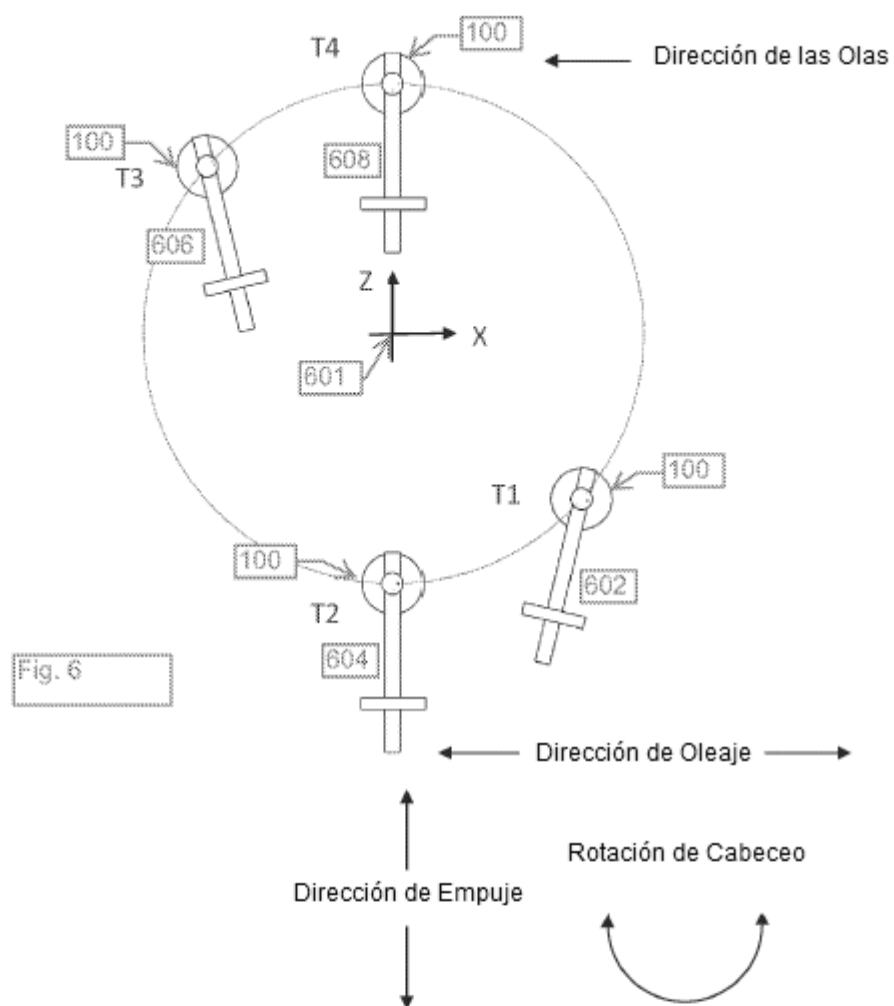
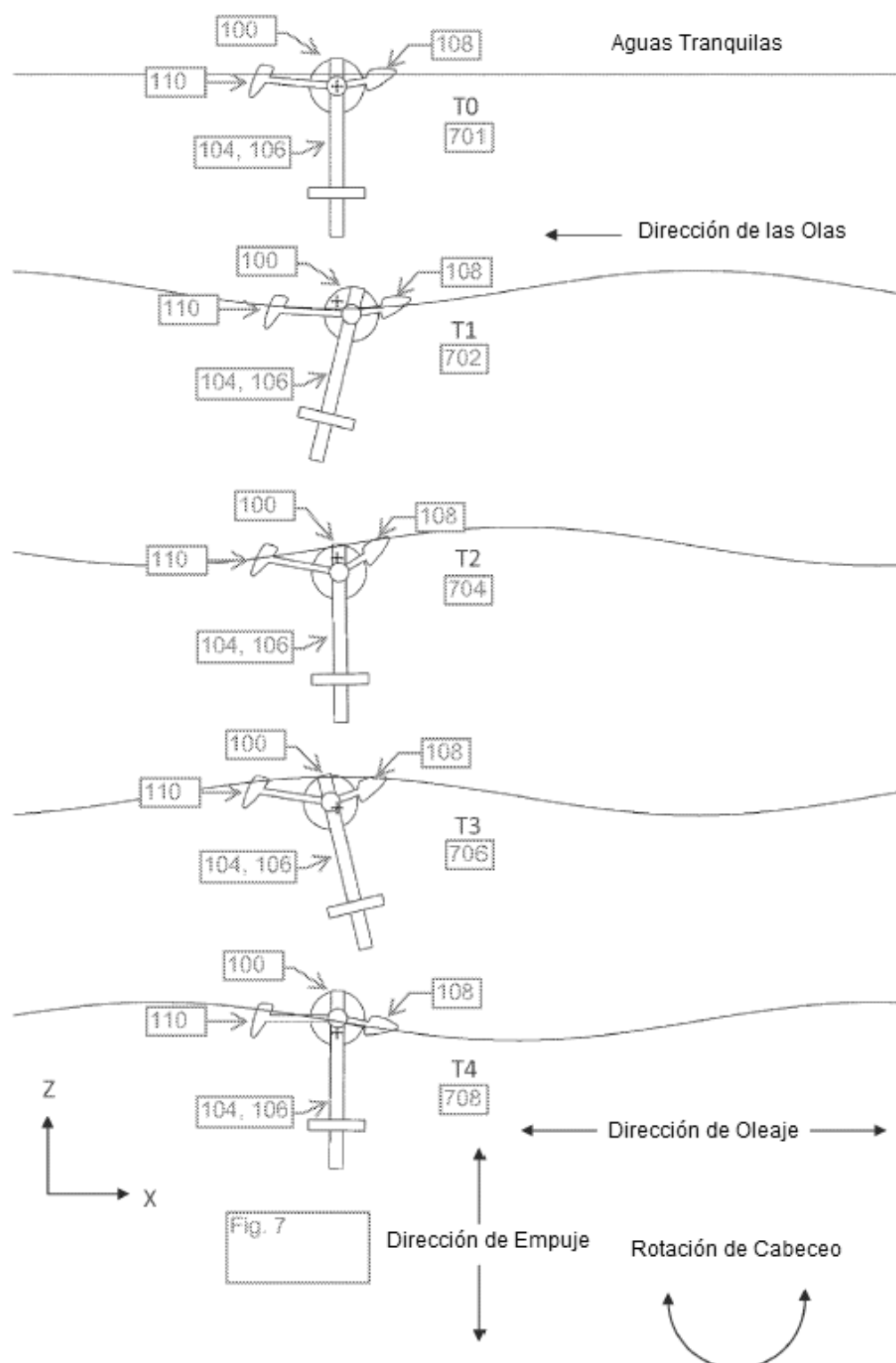
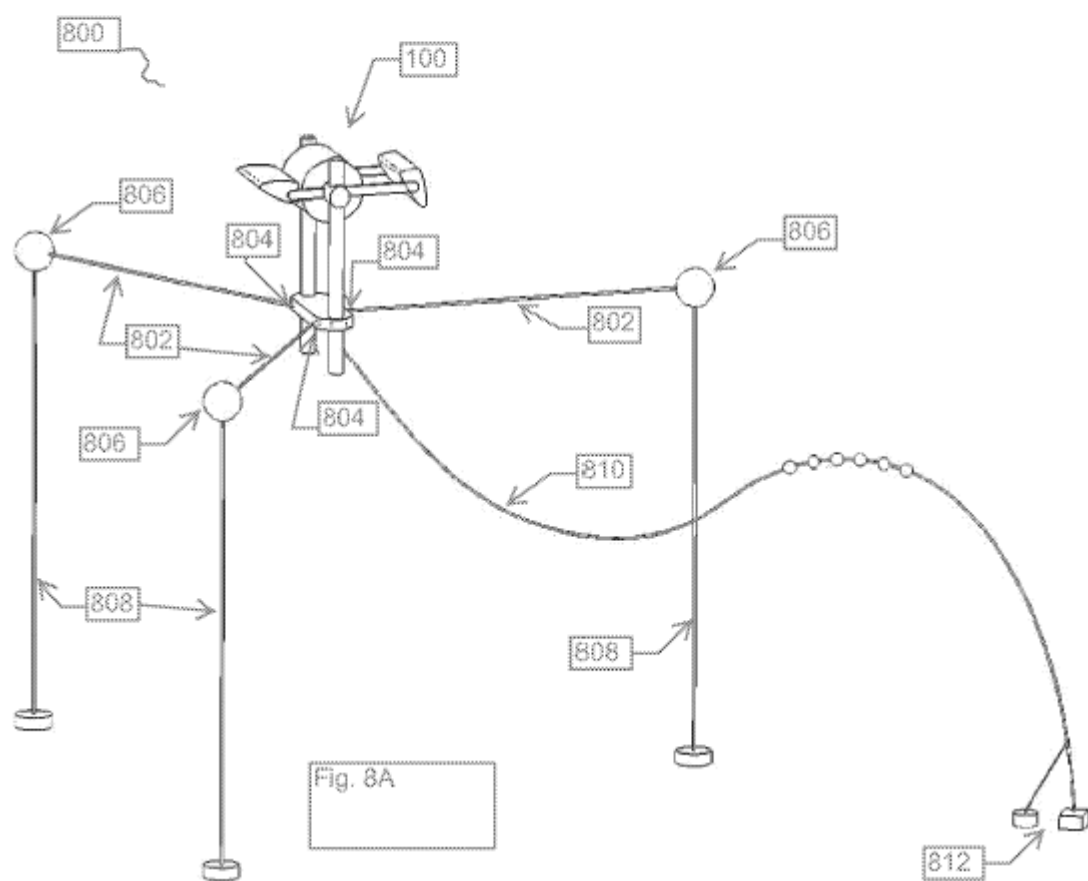
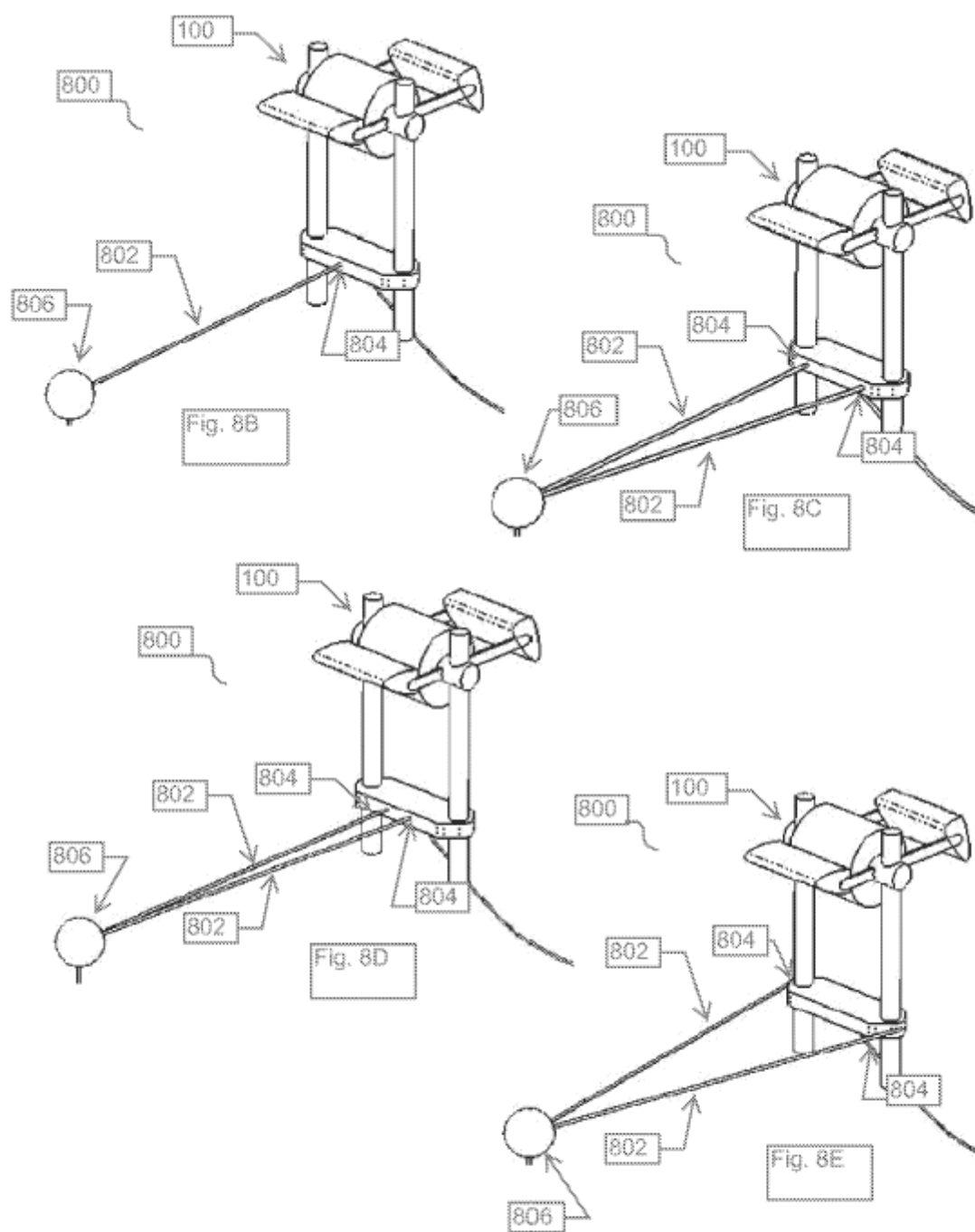


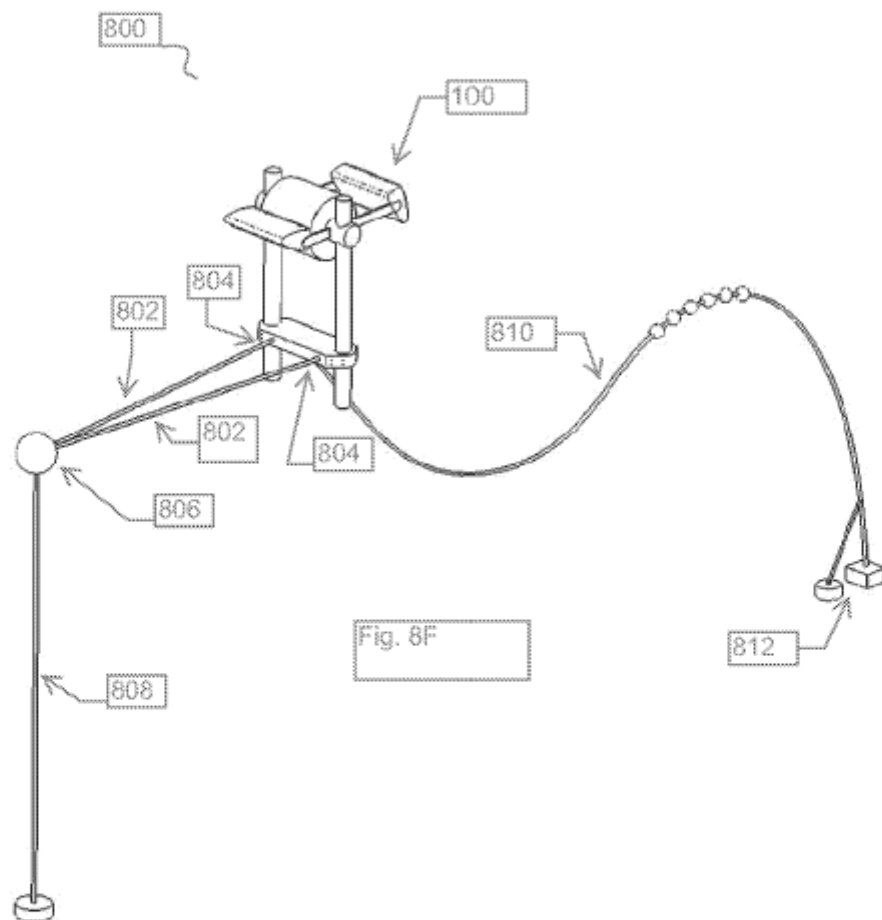
Fig. 5

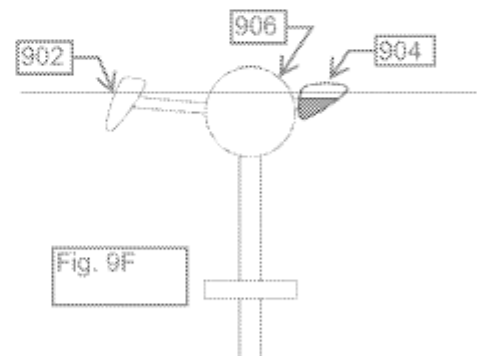
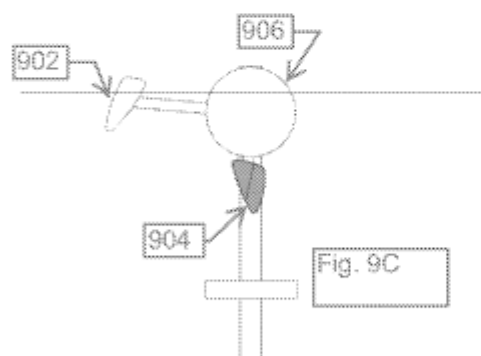
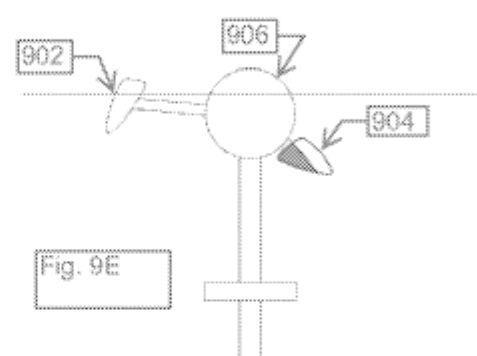
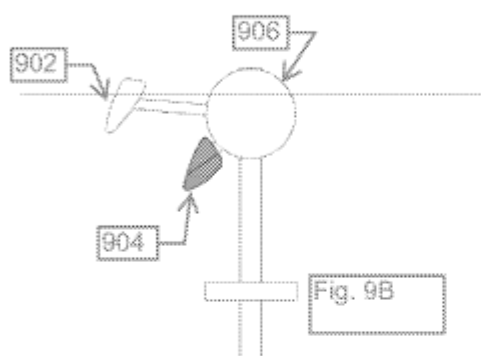
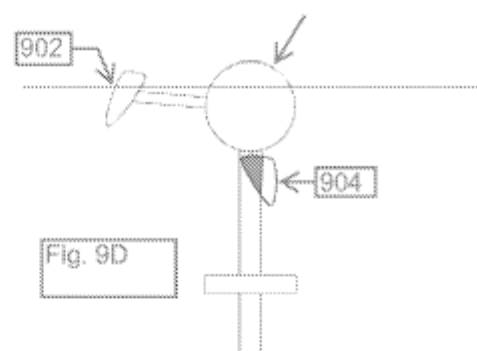
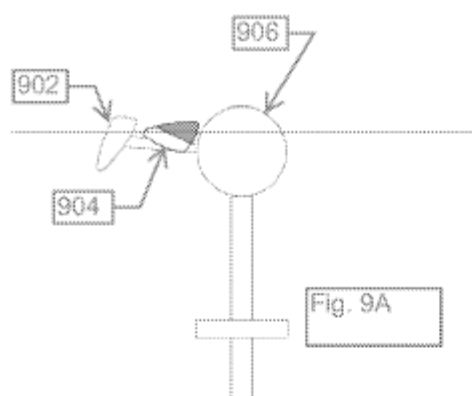


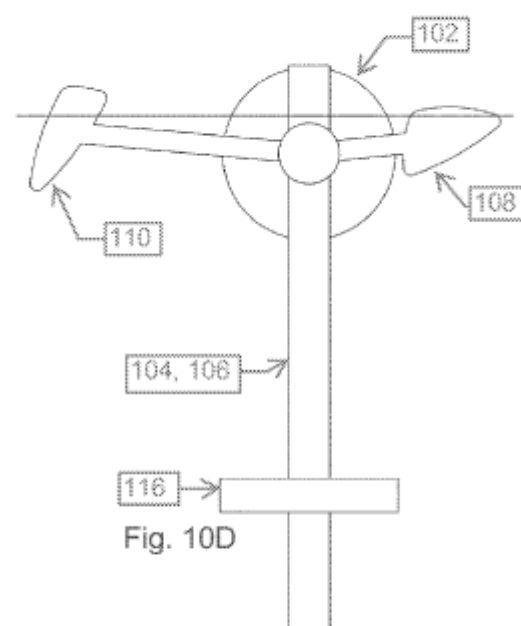
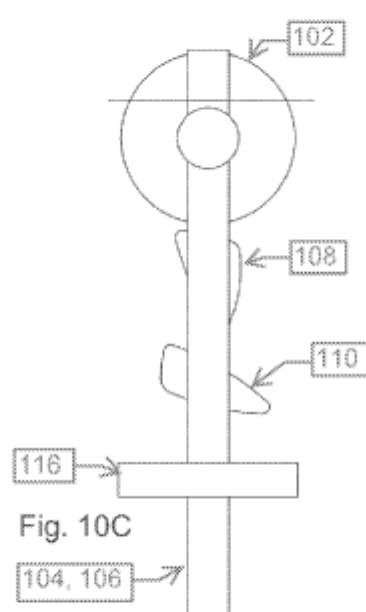
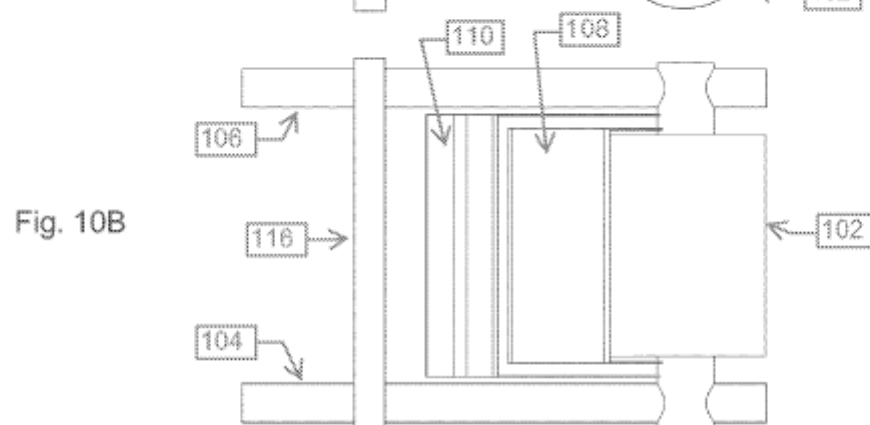
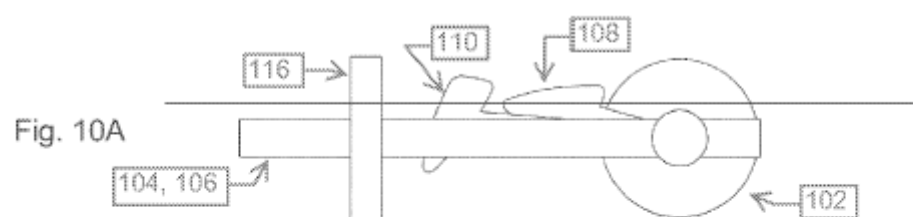


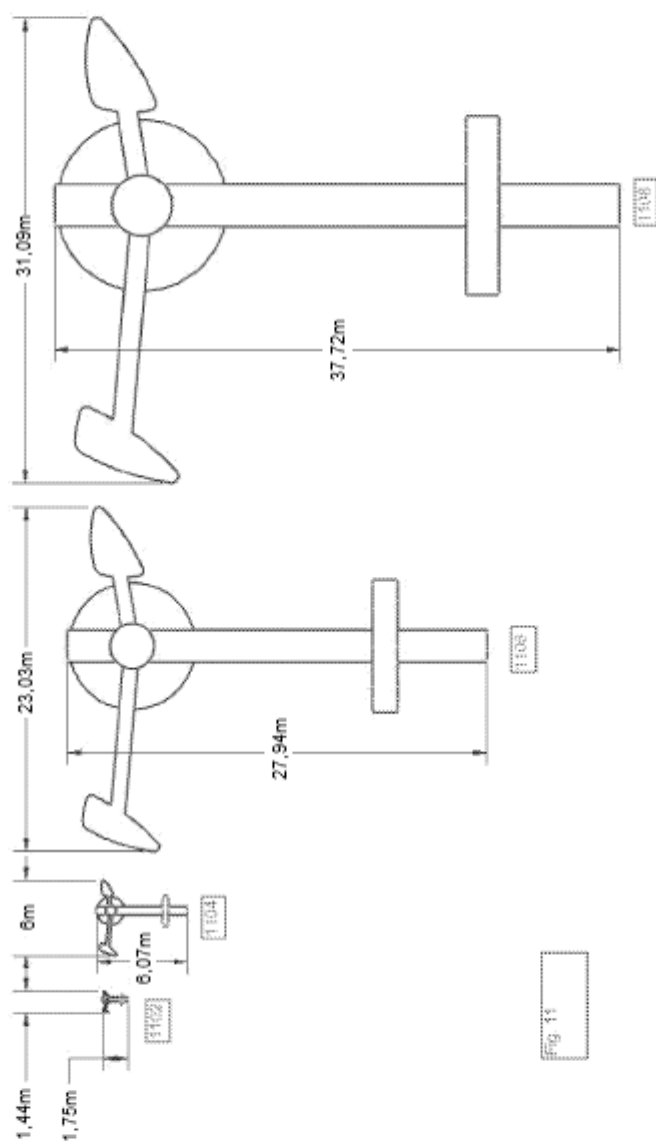


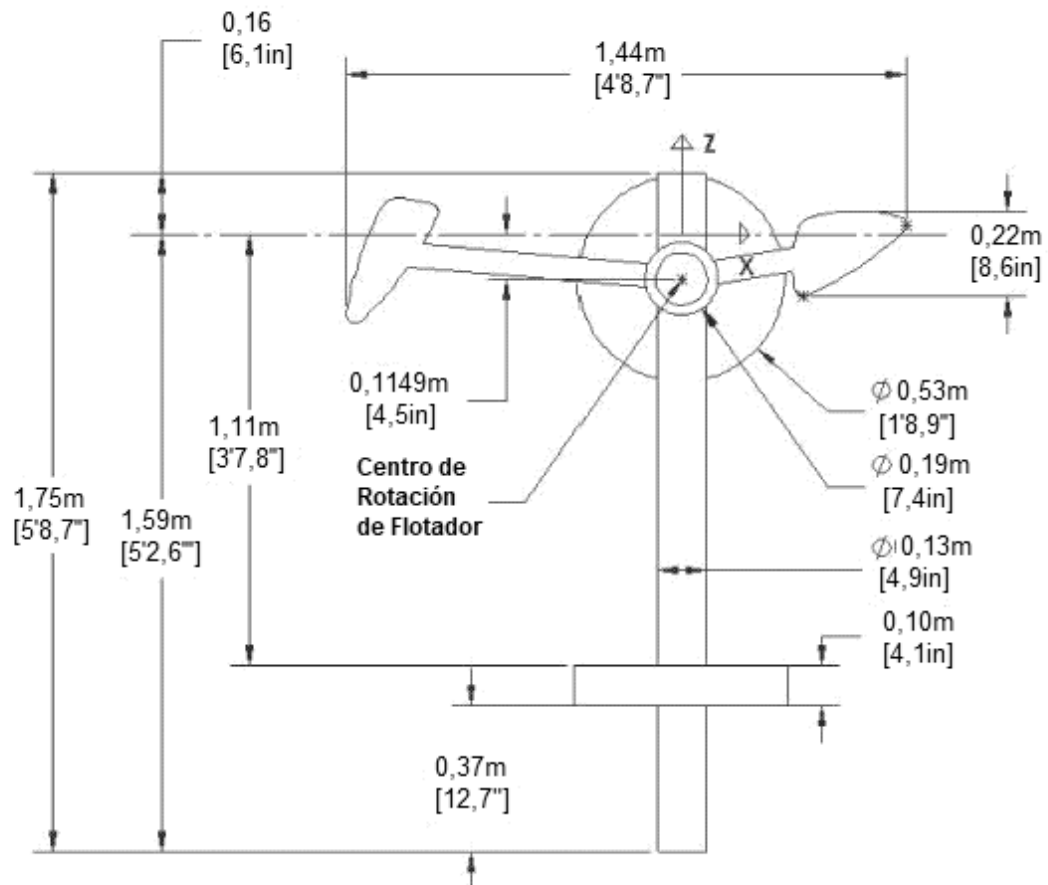






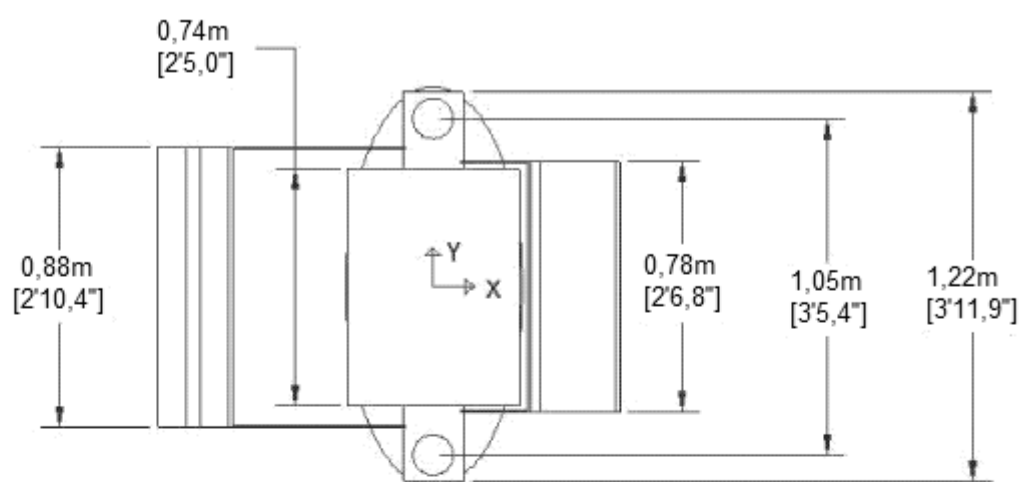






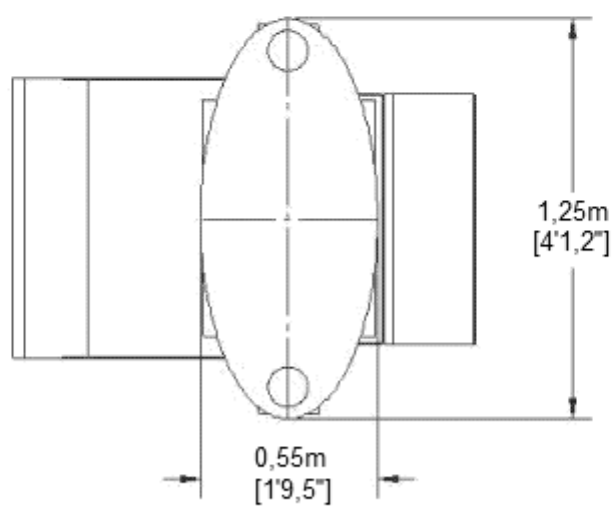
VISTA LATERAL

Fig. 12A



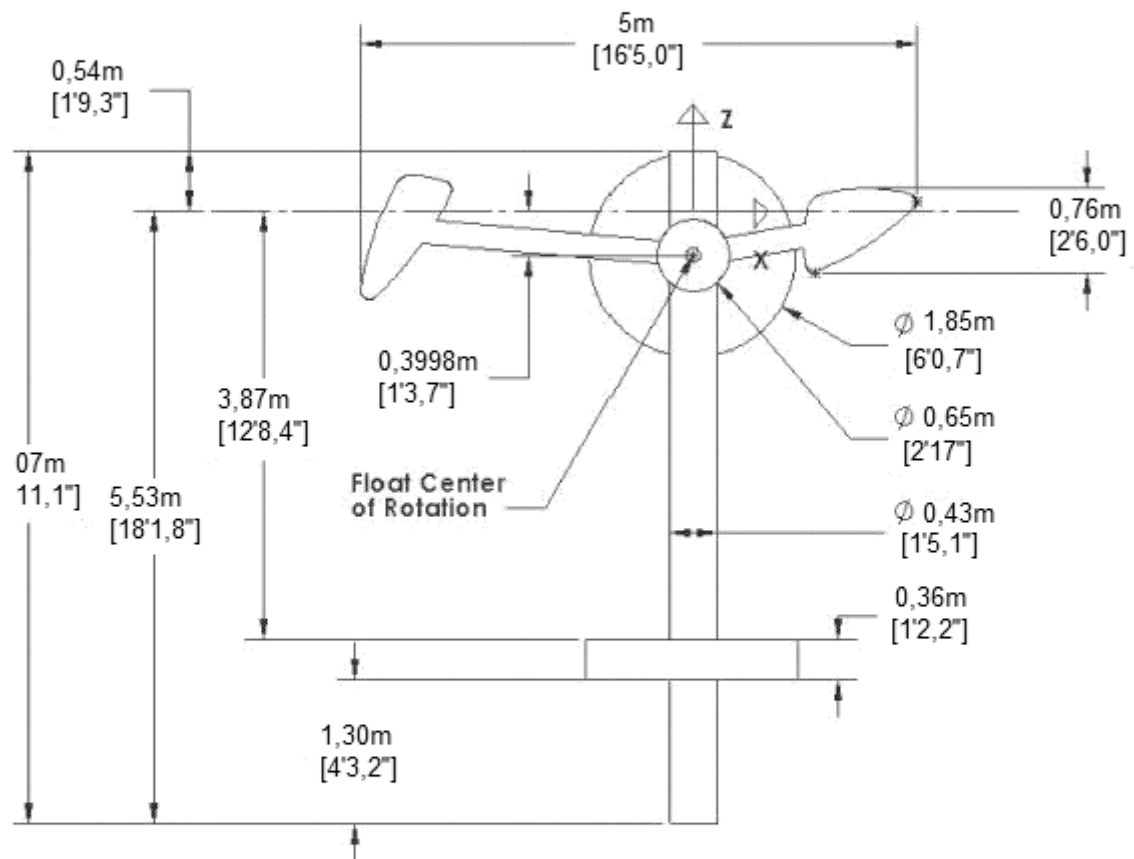
VISTA SUPERIOR

Fig. 12B



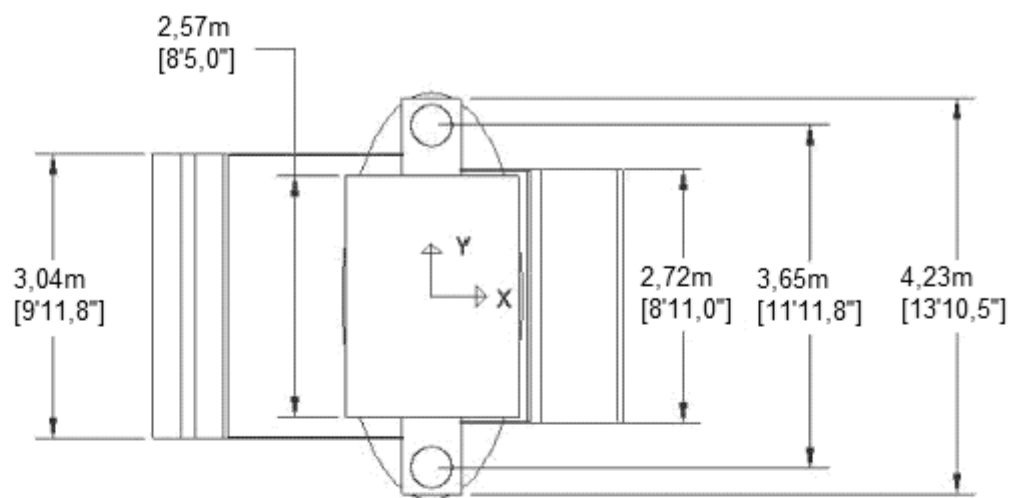
VISTA INFERIOR

Fig. 12C



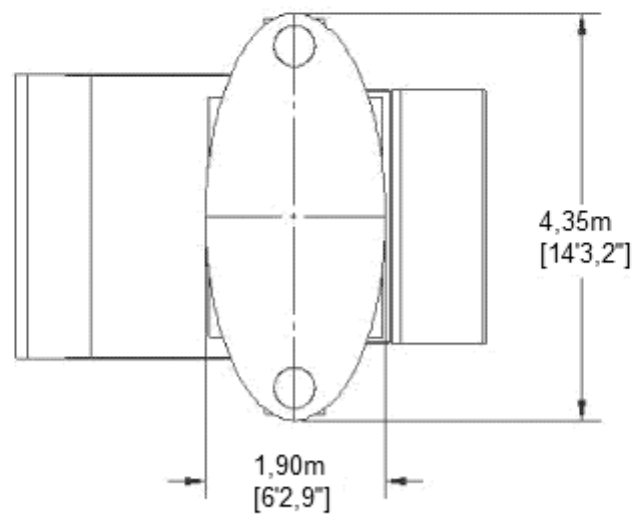
VISTA LATERAL

Fig. 13A



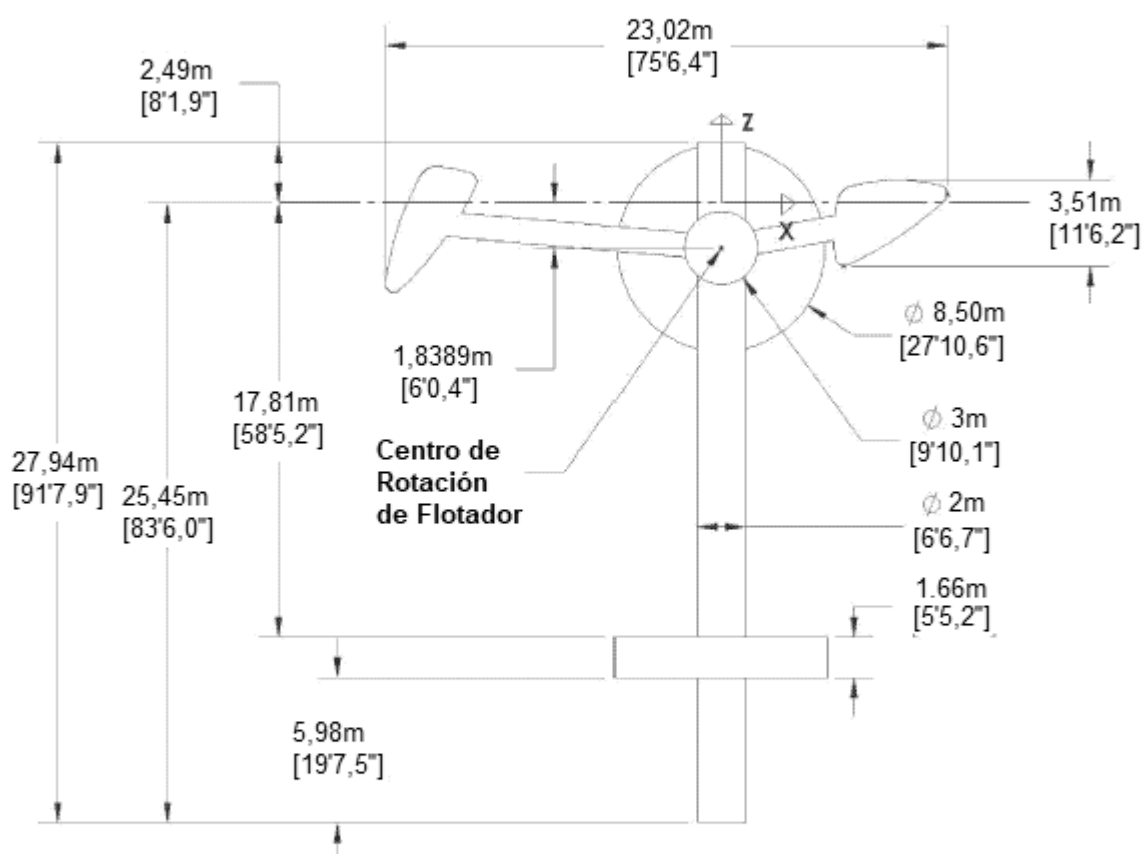
VISTA SUPERIOR

Fig. 13B



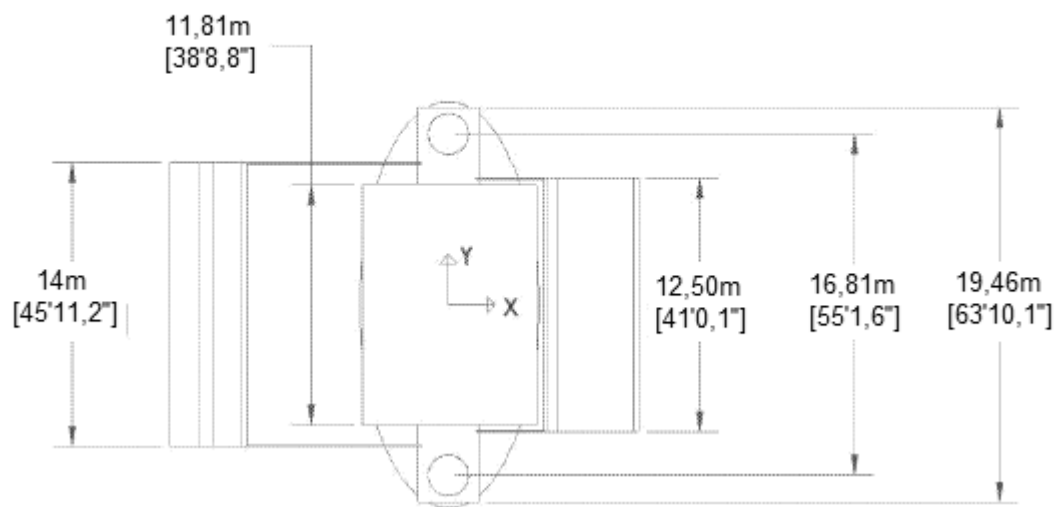
VISTA INFERIOR

Fig. 13C



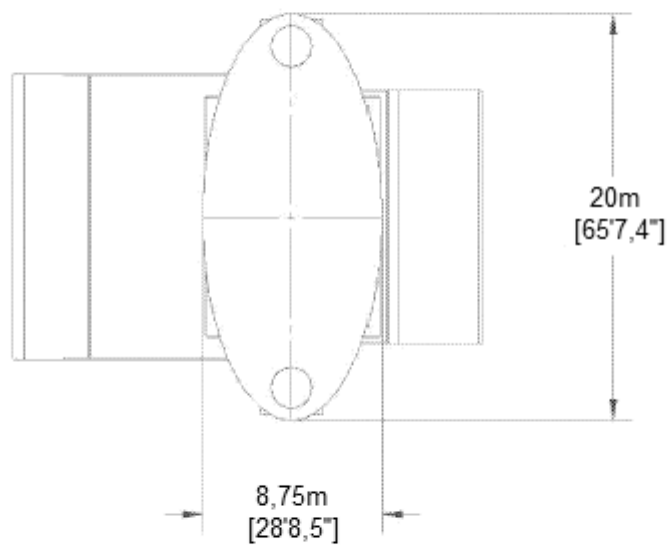
VISTA LATERAL

Fig. 14A



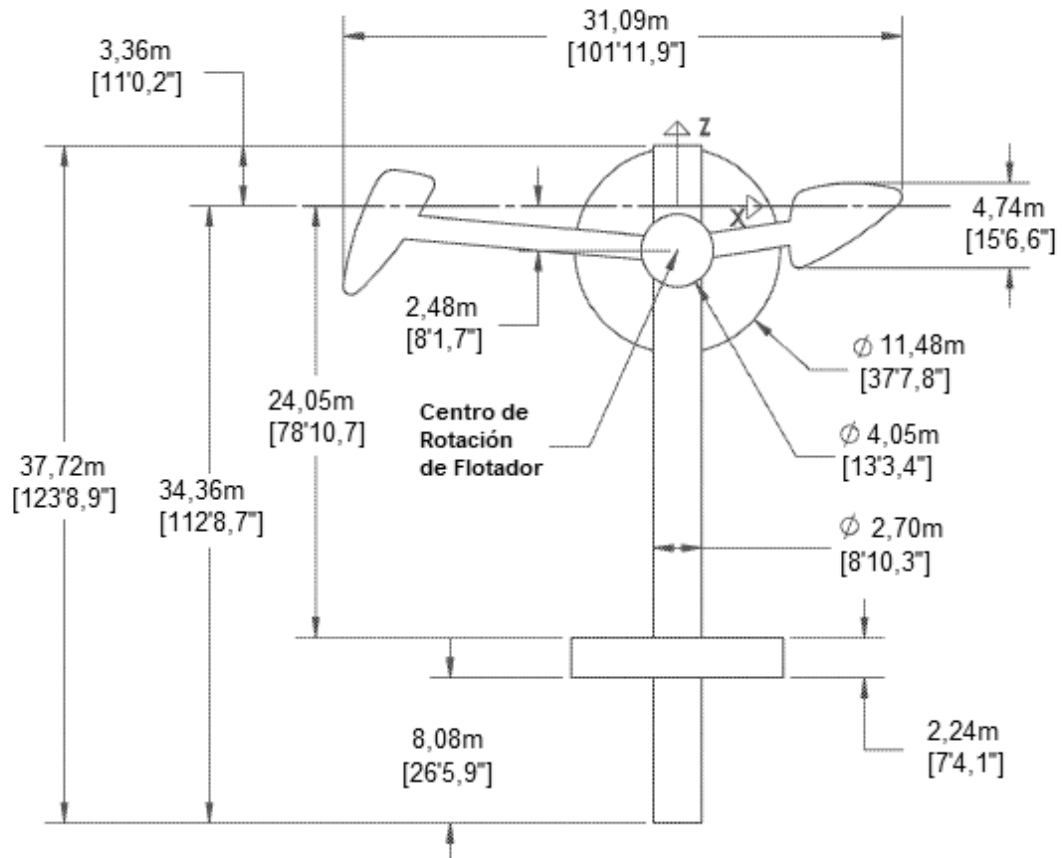
VISTA SUPERIOR

Fig. 14B



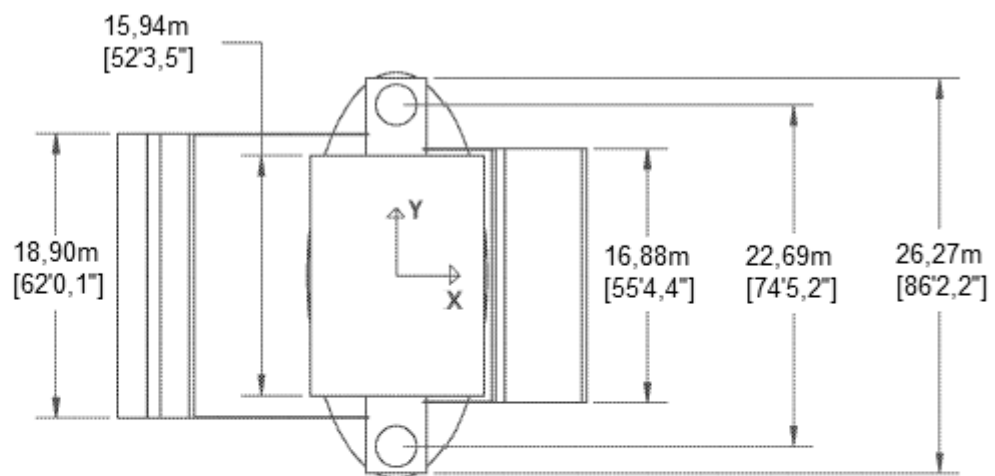
VISTA INFERIOR

Fig. 14C



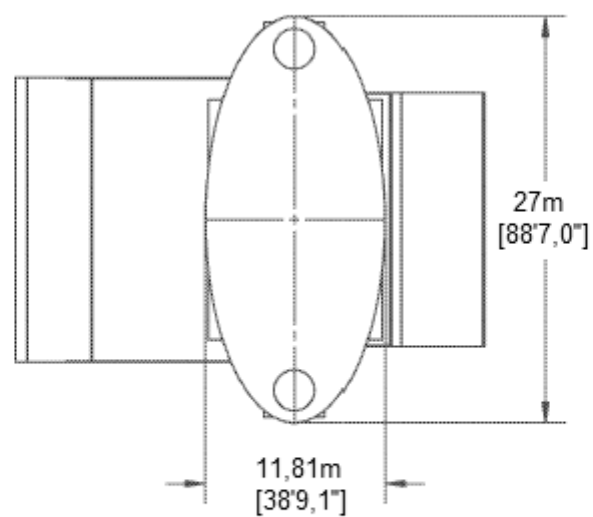
VISTA LATERAL

Fig. 15A



VISTA SUPERIOR

Fig. 15B



VISTA INFERIOR

Fig. 15C

