

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 816 329**

51 Int. Cl.:

F03B 13/18 (2006.01)

F03B 13/24 (2006.01)

F03D 9/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.08.2013 PCT/AU2013/000869**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.02.2014 WO14026219**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.08.2013 E 13829393 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.07.2020 EP 2888472**

54 Título: **Conversión de energía undimotriz**

30 Prioridad:

17.08.2012 AU 2012903556

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

05.04.2021

73 Titular/es:

**BOMBORA WAVE POWER PTY LTD. (100.0%)
11 Arlington Avenue
South Perth, Western Australia 6151, AU**

72 Inventor/es:

**RYAN, GLEN LEE y
RYAN, SHAWN KAY**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 816 329 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

Conversión de energía undimotriz

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a conversión de energía undimotriz.

10 Antecedentes de la invención

10 Con las preocupaciones actuales sobre el calentamiento global, las emisiones de carbono y el acceso limitado o la disponibilidad de combustibles fósiles tradicionales, fuentes de energía alternativas y renovables se están volviendo cada vez más importantes.

15 Sistemas de energía solar, eólica y de las olas para generar energía eléctrica son bien conocidos. Los sistemas de energía solar térmica funcionan bien cuando hay suficiente luz solar, de lo contrario, la energía debe almacenarse durante las horas de luz solar y liberarse durante la noche si se requiere una producción de energía continua. Esto a menudo se logra a través de sales de cambio de fase que se licúan al almacenar energía térmica y se resolidifican cuando se libera esa energía térmica. No obstante, si no se puede almacenar suficiente energía térmica durante las
20 horas del día, existe el riesgo de que se agote la producción de energía.

La energía eólica obviamente requiere suficiente movimiento de aire para generar energía a partir de turbinas eólicas. Si bien la tecnología de turbinas eólicas ha progresado y la energía eólica se ha vuelto más rentable, sigue existiendo el desafío de la intermitencia y la ubicación de múltiples turbinas eólicas suficientes para generar la cantidad requerida
25 de energía renovable. Las turbinas eólicas crean un impacto visual y de ruido en la tierra que no siempre es aceptable para los locales. Los parques eólicos se han ubicado más recientemente en el mar para beneficiarse de los vientos predominantes más fiables y para reducir el impacto ambiental de la presencia de las turbinas eólicas altas.

La extracción de energía de los mares y océanos es un concepto aceptado en el campo de las energías renovables. Uno de los principales beneficios de la energía undimotriz es que casi siempre se extrae al menos algo de energía undimotriz, haciendo así que la energía undimotriz sea potencialmente más fiable que la energía solar térmica o eólica y más ambientalmente aceptable en el sentido de tener un menor impacto a nivel visual, y potencialmente menos
30 ruido, en el medio ambiente local.

35 Aunque la energía undimotriz es relativamente sencilla en concepto, la energía undimotriz es, no obstante, un medio de energía complejo.

La energía efectivamente "rueda" por los mares y océanos, moviendo partículas de agua en un movimiento circular o elíptico (dependiendo de la profundidad del agua), oscilante ("elevación" hacia arriba y hacia abajo, y "oleaje" hacia
40 adelante y hacia atrás), confiando en la fluidez y en la viscosidad del agua para transmitir la energía de un lugar a otro. El agua cambia constantemente de dirección, tanto vertical como horizontalmente, y cambia constantemente de naturaleza de energía potencial (altura) a energía cinética (movimiento) y combinaciones intermedias.

Las olas de mares y océanos tampoco son regulares. Si bien puede haber un período promedio y una altura de ola promedio en un lugar y un tiempo dados, aún habrá variaciones de ola a ola, y dentro de cada ola.

Todo esto plantea un desafío significativo para cualquier convertidor de energía undimotriz (WEC) (a veces llamado dispositivo de conversión de energía undimotriz o WECD) que intenta extraer la energía undimotriz. Para ser eficiente, el convertidor debe 'acoplarse' bien con la ola (es decir, responder o 'rastrear' el movimiento de la ola) mientras al mismo tiempo resiste la ola lo suficiente como para extraer energía de la ola. El convertidor también debe ser robusto para soportar las fuerzas de las olas, fuerzas particularmente adversas durante las tormentas, y ser eficiente con bajas
50 pérdidas de energía, y ser rentable.

Muchos WEC diferentes han sido concebidos previamente. No obstante, el desarrollo de un convertidor rentable que también sea suficientemente eficiente en la extracción de energía undimotriz y que sea lo suficientemente fiable, todavía, ha resultado esquivo.

Muchos WEC son muy grandes y 'mecánicos' en su construcción y operación, resultando en altos costos de fabricación, mantenimiento y/u operación, así como dificultades para mantener el acoplamiento con la ola debido a la alta masa y a la inercia del convertidor. Esto da como resultado un bajo acoplamiento (ancho de banda) y un bajo rendimiento en el mundo real.

Algunos WEC utilizan métodos relativamente complejos de captura de energía undimotriz, transmisión y conversión a energía eléctrica, a menudo progresando a través de conversiones de energía consecutivas, desde energía ondulatoria (fluido) a mecánica a hidráulica a mecánica rotativa (turbina) a energía eléctrica. Cada etapa de conversión tiene un costo de eficiencia y complejidad del sistema, y conduce a pérdidas de energía. Cada etapa de la transmisión
65

tiene pérdidas por fricción, particularmente cuando se trabaja con fluidos densos (líquidos) a altas presiones y velocidades como la hidráulica.

5 Algunos convertidores solo se centran en un componente direccional de la energía en el agua (es decir, el componente vertical u horizontal) y no intentan capturar de manera efectiva tanto los componentes verticales como horizontales ni acomodar la naturaleza fluida del flujo de energía en las olas.

10 Otros WEC utilizan el principio de la columna de agua oscilante (OWC) que se basa en mover grandes cantidades de agua dentro y fuera de una cámara o cámaras abiertas, bombeando ese movimiento aire hacia adelante y hacia atrás sobre una turbina para girar un generador. Estos convertidores de OWC a menudo requieren que el agua cambie de dirección y fluya alrededor de bordes no aerodinámicos. Esto aumenta la fricción y las pérdidas de energía en el sistema y puede introducir un retraso indebido que puede evitar un buen acoplamiento con la ola. Estos convertidores también requieren una cantidad considerable de material en su construcción, instalación o anclaje, en relación con la potencia de salida del convertidor. La turbina también está expuesta al aire cargado de sal, lo que puede aumentar el costo para resistir la corrosión y el costo de mantenimiento asociado con mantener las palas limpias para mantener el rendimiento.

20 Muchos WEC también se encuentran en alta mar y en la superficie del océano, donde se evidencian fuerzas extremadamente altas durante condiciones climáticas adversas. Esto aumenta el costo del convertidor en relación con la potencia de salida efectiva.

25 Un campo de WEC que ha demostrado un gran potencial se puede caracterizar como convertidores de conversión de energía de 'membrana', y más particularmente convertidores de conversión de energía neumática de membrana. Estos convertidores usan una serie de membranas o diafragmas de bajo costo y baja inercia para interactuar con la ola y transferir eficientemente energía a un segundo fluido, generalmente un fluido de baja inercia y baja fricción, tal como aire, que transmite la energía a una turbina y a un generador eléctrico. Estos WEC pueden, en general, exhibir un mejor acoplamiento con la ola que otros WEC debido a la baja inercia del sistema (respuesta rápida) y debido a su complejidad reducida, y tienen el potencial de producir energía de manera más rentable en un rango más amplio de condiciones de las olas que otros tipos de WEC discutidos anteriormente.

30 Varios convertidores de energía undimotriz se analizan en documentos de patente anteriores. Por ejemplo, el documento US 3.353.787 de Semo en la década de 1960 propuso utilizar agua o aceite como el segundo fluido (de transmisión). El objetivo era tener un fuerte convertidor submarino que pudiera resistir mejor las tormentas y aprovechar una mayor proporción de la energía undimotriz disponibles que otros convertidores más complejos en ese momento. Semo propuso una serie de cámaras alargadas, cada una con una superficie superior flexible para bombear un fluido (líquido) incompresible a través de válvulas de retención a un motor de fluido en tierra para la extracción de energía. El flujo regresaba desde la costa en el mismo circuito que el flujo de salida, pero entraba a las cámaras a través de pequeños orificios.

40 El documento US 3.989.951 de Lesster a mediados de la década de 1970 analiza un convertidor sumergido que usa un fluido compresible (tal como aire) como fluido de transmisión para mejorar la capacidad de respuesta del convertidor al reducir la masa y la inercia del fluido de transmisión. Lesster también proporcionó celdas de paredes flexibles más cortas para mejorar la flexibilidad de operación e hizo que las olas se desplazaran a lo largo del convertidor sobre cada una de las celdas a su vez. Circuitos separados de entrada y salida, tomaban aire de cada una de las celdas a través de los valores de verificación, y conducían a uno o más turbogeneradores en un circuito de circuito cerrado que proporciona una acción de "empujar y estirar" en el flujo de aire.

50 El documento US 4.164.383 de French a fines de la década de 1970 mantuvo el diseño longitudinal (columna vertebral) y la orientación del convertidor orientado perpendicularmente al frente de la ola. Este convertidor usó un circuito de bucle cerrado con válvulas de retención y aire como fluido de transmisión, pero movió el convertidor a un convertidor flotante en o justo debajo de la superficie de las olas como una 'columna vertebral' larga y usó un único recinto flexible como una bolsa dividida en compartimentos.

55 El documento US 4.375.151 de French a principios de la década de 1980 divulgó sistemas de control que utilizan la altura de las olas y múltiples circuitos de bucle cerrado y turbogeneradores para mejorar la eficiencia de la extracción de energía al reducir las pulsaciones del flujo de aire y mejorar el mantenimiento del convertidor, particularmente, control de inclinación.

60 El documento US 4.441.030 de Bellamy a principios de la década de 1980 divulga un diseño similar de "columna vertebral flotante" pero en un modo de "terminación", es decir, paralelo al frente de la ola, con 'bolsas en forma de almohada' flexibles montadas en el lado de la columna vertebral para capturar la energía undimotriz y reducir el desgaste de la bolsa. El enfoque principal estaba en el diseño de la bolsa, pero este documento de patente también divulga el uso de una sola turbina de rectificación automática por celda en lugar de los circuitos de bucle cerrado anteriores.

65 Un documento de patente posterior US 4.675.536 de Bellamy progresó posteriormente a mediados de la década de

1980 a un diseño circular o de anillo para reducir el tamaño y el costo del convertidor, mejorar su mantenimiento en el mar y volver a la opción de usar una serie de membranas, pero ahora en posición vertical, en lugar de bolsas para capturar la energía undimotriz.

5 El desarrollo de los convertidores de membrana pareció estar estancado hasta que los desarrollos divulgados en los documentos US 2011-0185721 de Turner y US 2011-0162357 y WO2012/095669 de Bellamy et al abordaron el principio también en 2008. El documento de Turner se centra principalmente en un convertidor circular con un borde de montaje en forma de "S" para su membrana, y en otras características de diseño de la membrana (tamaño, grosor, rigidez, refuerzo, etc.). Bellamy et al también se quedaron con un convertidor circular (o 'columna vertebral sin fin'),
10 pero introdujeron una combinación de membranas y columnas de agua oscilantes en el convertidor único. El objetivo es aumentar la efectividad y el "ancho de banda" del convertidor (es decir, el acoplamiento con la ola) mediante acoplamiento con los componentes de elevación (vertical) y oleaje (horizontal) de la energía de la ola. Bellamy et al también volvieron a la válvula de no retorno, característica de flujo de aire unidireccional (circuito de bucle cerrado) de Lesster, French y hasta cierto punto Semo.

15 Los documentos US 7.554.216 de Winsloe y WO 2007/057013 de Rasmussen divulgan convertidores de columna de agua oscilante (OWC) con múltiples celdas y un sistema de flujo de aire de circuito cerrado utilizando válvulas de retención que alimentan un colector de alta presión, en un turbogenerador y regresando a través de un colector de baja presión. Ambos convertidores son convertidores de OWC flotantes y están completamente expuestos a condiciones de olas adversas. El documento GB2282188A de Dyson divulga una pluralidad de cámaras yuxtapuestas ubicadas a lo largo de un gradiente debajo del nivel del mar, estando cada cámara conectada a su siguiente cámara adyacente por medios de válvula unidireccional, y estando ubicados respectivos miembros de diafragma por encima de las cámaras. La acción de las olas, actuando sobre los miembros de diafragma, proporciona un diferencial de presión entre las dos cámaras más remotas que se utiliza para generar electricidad. El documento GB2093922A
20 divulga un dispositivo que tiene un cuerpo rígido hueco con puertos, cada uno asociado con un embudo correspondiente que termina en una salida y una entrada que se comunica con un conducto respectivo. Un diafragma flexible sobredimensionado se extiende a través de cada puerto de manera que, en reposo, su porción central tiene una sección transversal cóncava-convexa. Una ola que impacta sobre el diafragma lo desvía hacia dentro y empuja el aire hacia el embudo correspondiente hacia la salida accionando un dispositivo generador.

30 De manera alternativa, es deseable en la presente invención proporcionar un convertidor de energía undimotriz (WEC) mejor capaz de aprovechar la energía undimotriz disponible que los convertidores conocidos mencionados anteriormente.

35 Con lo anterior en mente, Es deseable de la presente invención superar las dificultades de tales convertidores proporcionando preferiblemente un convertidor de energía de olas submarinas que pueda soportar mejor las tormentas.

40 De manera alternativa, es deseable de la presente invención proporcionar un convertidor de energía undimotriz con una eficiencia operativa mejorada en comparación con los convertidores de energía undimotriz conocidos.

Sumario de la invención

45 La presente invención está definida en las reivindicaciones independientes 1 y 24. Características preferidas de la invención se definen en las reivindicaciones dependientes.

50 Un aspecto de la presente invención proporciona un convertidor de energía undimotriz (WEC), que incluye una porción de cuerpo y al menos una membrana flexible que limita al menos parte de un volumen de un fluido, estando una porción sustancial de la al menos una membrana inclinada desde la vertical que proporciona una forma suavizada de flujo para que la energía undimotriz se desplace sobre el WEC mientras deforma la al menos una membrana hacia el cuerpo para comprimir el fluido, ayudando la inclinación de la al menos una membrana a la conversión de la energía potencial y cinética de la ola a presión dentro del fluido. Al menos dos de las celdas suministran esa presión a un conducto o colector de suministro de presión a través de al menos un puerto de suministro respectivo de cada una de esas celdas.

55 Un aspecto adicional de la presente invención proporciona un convertidor de energía undimotriz (WEC), que incluye una porción de cuerpo y al menos una membrana flexible que forma al menos parte de al menos un volumen de la celda para fluido presurizado, estando la al menos una membrana inclinada desde una porción inferior a una porción superior de la misma para permitir que una ola que incida en el WEC fluya sobre la al menos una membrana y las fuerzas de la elevación y el oleaje de la ola para deformar la al menos una membrana hacia el cuerpo para comprimir el fluido en al menos un volumen.

60 El WEC de acuerdo con la presente invención convierte la energía de una ola que fluye sobre la(s) membrana(s) del WEC en presión (energía) dentro de uno o más volúmenes de fluido en el WEC que luego se puede aprovechar como energía útil. El WEC que tiene la(s) membrana(s) inclinada(s) se acopla con la ola de manera eficiente.

El suavizado de flujo puede proporcionar una guía para la ola o la energía de la ola sobre el WEC.

5 Preferentemente, para una sección transversal vertical a través del WEC, una longitud de la sección transversal de la membrana es sustancialmente igual a la longitud de una sección transversal de una superficie del cuerpo o cara que limita la celda o el volumen. Esto permite que la membrana se superponga sobre la superficie del cuerpo o la cara cuando la membrana está completamente deformada o comprimida en el cuerpo o la cara.

10 El WEC puede incluir al menos un puerto, preferiblemente proporcionado en o adyacente a la porción trasera superior de la celda respectiva. Cuando la presión de las olas es mayor que la presión del fluido dentro del volumen de la celda que incide contra la membrana provoca la deformación de la membrana hacia la cara, el fluido presurizado se expulsa de la celda a través del al menos un puerto en o adyacente a la porción posterior superior de la celda respectiva.

15 El cuerpo puede incluir al menos una cara, respectivamente, opuesta a una o más de la al menos una membrana flexible, de modo que una membrana flexible respectiva se deforma o es deformada por la fuerza de una ola externa hacia la cara opuesta respectiva.

La al menos una membrana flexible puede deformarse progresivamente desde la porción delantera inferior a la porción trasera superior hacia el cuerpo.

20 Un aspecto alternativo de la presente invención proporciona un convertidor de energía undimotriz (WEC), que incluye una porción de cuerpo y al menos una celda, estando cada una de dichas celdas definida al menos en parte por una membrana flexible y una cara opuesta, proporcionando la membrana flexible y la cara respectivas un volumen para un fluido presurizado dentro de la celda, siendo la membrana flexible deformable hacia la cara por la fuerza externa de una ola en la membrana para forzar así el fluido fuera de la celda a través de al menos un puerto, en el que, la presión de las olas más alta que la presión del fluido dentro del volumen de la celda que impacta contra la membrana flexible respectiva provoca la deformación de la membrana hacia la cara.

30 Un aspecto adicional de la presente invención proporciona un convertidor de energía undimotriz (WEC), que incluye una porción de cuerpo y al menos una celda, estando cada una de dichas celdas definidas al menos en parte por una membrana flexible y una superficie opuesta, en el que, para un plano vertical a través de la celda, la longitud de la curva de la membrana cortada por el plano es sustancialmente la misma que la longitud de la curva de la cara cortada por el mismo plano.

35 Otro aspecto de la presente invención proporciona un convertidor de energía undimotriz (WEC), que incluye al menos una celda que comprende una porción de cuerpo y una membrana flexible, proporcionando la membrana y la porción del cuerpo un volumen para un fluido presurizado dentro de la celda, siendo la membrana flexible deformable hacia el cuerpo cuando la presión de la ola que incide contra la membrana es mayor que la presión del fluido dentro de la celda para forzar así el fluido a salir de la celda a través de al menos un puerto, y siendo la membrana flexible deformable lejos del cuerpo cuando la presión de la ola que incide contra la membrana es menor que la presión del fluido dentro de la celda para forzar el fluido hacia la celda a través de al menos un puerto, siendo la porción de cuerpo y/o la membrana de una forma lisa, de manera aerodinámica.

45 El término convertidor de energía undimotriz (WEC) utilizado en relación con la presente invención en esta memoria descriptiva abarca un dispositivo de conversión de energía undimotriz de múltiples celdas, combinaciones de dispositivos de conversión de energía undimotriz de una o varias celdas, y dispositivos de conversión de energía undimotriz aplicados a sistemas de conversión de energía undimotriz que incorporan componentes adicionales, tales como equipos generadores de electricidad, turbinas, bombas, sistemas de desalación y válvulas de control.

50 Al menos una realización de la presente invención proporciona un convertidor de energía undimotriz (WEC) que, en uso, convierte las fluctuaciones de energía en una ola de un fluido (normalmente agua) en fluctuaciones de energía en otro fluido (normalmente aire) y posteriormente en un convertidor de toma de fuerza, como una turbina y en un generador, preferiblemente para la producción de electricidad.

55 El convertidor de energía undimotriz puede incluir una o varias celdas. Múltiples celdas de este tipo pueden unirse rígidamente entre sí o formarse en una sola unidad para formar el convertidor como una unidad de celdas múltiples. Las celdas se pueden organizar en conjuntos lineales para formar un solo WEC. Se pueden configurar múltiples disposiciones de este tipo en un WEC múltiple para formar un convertidor combinado, tal como teniendo dos o más conjuntos lineales de WEC. Se pueden proporcionar una o más uniones entre conductos de suministro/retorno de celdas WEC adyacentes cuando se conectan varios WEC discretos para formar un gran WEC de múltiples celdas, tal como teniendo un cuerpo de celdas múltiples fundido.

La membrana puede ser de un material de una sola capa, o puede ser multicapa o laminada, y puede estar reforzada o incorporar un refuerzo.

65 Preferentemente, la membrana es una membrana no porosa. La membrana actúa para separar los dos fluidos (el fluido externo que transporta la acción de la ola y el fluido interno dentro de la celda) para transferir la energía del

fluido externo al fluido interno. Esto ocurre cuando la presión en un lado de la membrana es más alta que en el otro, y proporciona una manera muy rentable, de baja inercia y receptiva para extraer y transmitir energía de la ola.

El convertidor puede incluir varias celdas adyacentes, cada una con su propia membrana.

5 El convertidor está dispuesto y configurado para simpatizar con el movimiento 'rodante' de una ola y para extraer progresivamente energía de los componentes vertical (elevación) y horizontal (oleaje) de la energía de la ola a medida que la ola pasa a través del convertidor.

10 El convertidor se puede anclar preferiblemente bajo su propio peso o de otra manera unido al fondo marino. Por ejemplo, el convertidor puede estar hormigonado al fondo marino o puede estar unido a soportes elevados, una plataforma o cimientos unidos al lecho marino, o pueden autopesar a través de bolsas geotextiles o huecos internos llenos (tal como llenos de arena). El convertidor de energía undimotriz podría elevarse del fondo marino para adaptar el funcionamiento del convertidor a las condiciones climáticas y de ubicación predominantes. Por ejemplo, donde el
15 fondo marino es particularmente irregular o rocoso, puede ser preferible levantar el convertidor del fondo marino para evitar la necesidad de excavar una gran cantidad de roca. Además, si el hábitat marino es sensible, levantar el convertidor del fondo marino puede evitar perturbaciones en hábitats marinos, flora y fauna, así como crear positivamente un hábitat seguro debajo del convertidor.

20 El WEC de la presente invención se encuentra debajo de la superficie media del agua quieta, preferiblemente en el fondo del mar en 2,5 a 15 m de agua.

El WEC de la presente invención es preferiblemente un WEC sumergido cercano a la costa, de tipo de atenuación neumática, pero también se puede adaptar a una aplicación de aguas profundas sumergidas o semisumergidas en
25 alta mar o se puede instalar en un rompeolas.

De acuerdo con al menos una realización de la presente invención, cada celda puede configurarse teniendo en cuenta la acción de rodadura del movimiento de las olas y de manera que la energía undimotriz pueda interactuar y girar suavemente sobre el convertidor mientras el convertidor extrae energía undimotriz. El convertidor de energía
30 undimotriz puede tener un frente aerodinámico, tal como un alerón, que interactúa sin problemas con la ola entrante, preferiblemente ralentizándola y transfiriendo parte del movimiento del oleaje (es decir, el flujo hacia el convertidor), a elevación (es decir, fluir por encima del convertidor) aumentando la presión contra la membrana a medida que la ola se acerca o pasa por encima. La presión contra la membrana puede ser proporcionada por un frente de presión dinámica que lidera el movimiento de la ola a medida que la ola se acerca al convertidor de energía undimotriz. Se
35 puede entender que la presión dinámica es una combinación de presión debido a la energía cinética y a la energía potencial de las partículas en la ola. Por lo tanto, siempre hay algo de presión de agua contra la membrana cuando está sumergida, y esa presión es dinámica, es decir, cambia con los cambios en las energías cinética y potencial en la ola.

40 Una parte posterior del convertidor puede incluir una parte curvada o redondeada (tal como una parte posterior curvada o redondeada o parte superior curvada). Esto ayuda a controlar el flujo de retorno del agua sobre el convertidor, acentúa el efecto inverso de la elevación y el oleaje para crear velocidades más altas y presiones más bajas por encima de la membrana a medida que las partículas de agua regresan en su movimiento oscilatorio durante un valle de la ola. Esto permite que el convertidor actúe en una acción suave de bombeo de empuje y arrastre a medida que
45 el agua pasa de un lado a otro para aumentar la extracción de energía de la ola mientras reduce la perturbación, pérdida o fricción en el movimiento ondulatorio, minimizando las fuerzas innecesarias que actúan sobre el dispositivo.

En efecto, el WEC de la presente invención actúa de manera fluida o suavizada (algo así como un perfil aerodinámico) para interactuar suavemente y permitir que el movimiento de la ola sea guiado sobre el WEC mientras maximiza la
50 extracción de energía al convertir el oleaje en elevación cuando la ola incide por primera vez sobre la membrana y progresa sobre el convertidor. Luego, a medida que el valle de la ola pasa sobre el convertidor, el flujo de las olas ayuda al retorno de la membrana lista para la siguiente acción de las olas. A medida que el valle de la ola avanza para pasar sobre el WEC, se aplica una presión externa reducida a la membrana en comparación con la presión externa más alta causada por la ola en su pico. Esta presión más baja asociada con el valle es más baja que la presión de las
55 olas promedio, de modo que la presión externa es más baja que la presión dentro de la celda, haciendo que la membrana se vuelva a inflar lista para la próxima ola.

Cada membrana de cada celda también puede configurarse de una manera aerodinámica que simpatice con el movimiento ondulatorio. Siendo flexible, la membrana puede reaccionar a la presión de la ola o dirigirla y, por lo tanto, deformarse a medida que se acerca el movimiento de la ola, se mueve sobre, contra y a su alrededor, extrayendo la
60 cantidad máxima de energía de la ola al fluido dentro de la celda con el mínimo de perturbaciones innecesarias, pérdida o fricción en el movimiento ondulatorio.

Al minimizar el nivel de perturbación innecesaria, pérdida o fricción en el movimiento ondulatorio, el convertidor
65 minimiza las fuerzas innecesarias que actúan sobre el convertidor y reduce la resistencia estructural y de cimentación requerida, particularmente durante condiciones climáticas adversas. Sumergiendo el convertidor de energía undimotriz

debajo de la superficie del agua, las fuerzas de golpe de una ola contra el convertidor de energía de la ola se reducen, lo que permite que la resistencia estructural y de la base se reduzca correspondientemente. Esto es particularmente beneficioso durante condiciones climáticas adversas.

- 5 La combinación de estas características crea un convertidor de conversión de energía undimotriz eficiente, de baja inercia, sensible y rentable.

Como se expresó anteriormente, cada celda puede formar parte de una unidad individual o puede ser una subparte de una estructura más grande que contiene múltiples de dichas celdas.

- 10 Una o más formas de la presente invención pueden configurarse como formato V o de galón. Preferiblemente, cada 'extremidad' ('brazo'/'pierna') de la V o el galón incluye una o varias de dichas celdas.

- 15 Preferentemente, el vértice de la V o el galón puede estar orientado hacia o a la dirección de las olas que se aproximan, es decir, en aguas abiertas al mar/océano (orientado al océano), y las extremidades (brazos o piernas) de la V o el galón se extienden lejos del vértice hacia la orilla, de manera que las olas se acerquen primero al vértice y al V o al galón y cada brazo/pierna oblicuamente, por ejemplo, en un ángulo inferior a 90°.

- 20 La disposición de V o galón puede invertirse de modo que el vértice apunte hacia la orilla y lejos de las olas, tal que las extremidades de la V se alejan del vértice hacia aguas abiertas (orientadas a la orilla).

El ángulo incluido de la V o el galón puede ser sustancial o aproximadamente 90°, pero puede variar de 10° a 180° (180° proporciona un conjunto lineal). Más preferiblemente, el ángulo puede ser de entre 45° y 120°.

- 25 El vértice orientado a aguas abiertas (por ejemplo, mar u océano) se adapta mejor a aquellos sitios con más probabilidades de experimentar eventos de olas significativamente adversos al permitir que las olas se encuentren primero con el vértice y 'despeguen' los brazos/piernas del convertidor y luego eliminen el exceso de energía undimotriz en agua limpia del extremo de los brazos/piernas.

- 30 La variante de vértice orientado a la costa concentra el exceso de energía undimotriz hacia el centro (vértice) del convertidor, lo que ofrece una mayor eficiencia de conversión en mares ligeros.

Una o más realizaciones de la presente invención pueden configurarse en una curva abierta o en un arco orientado hacia el océano con el lado abierto hacia la costa (convexo) o con el lado abierto hacia el agua abierta (cóncava).

- 35 Estas características combinadas hacen que la energía undimotriz se concentre y ruede por las patas de los convertidores.

Una o más realizaciones de la presente invención pueden configurarse en una única disposición de columna vertebral. Por ejemplo, el convertidor incluye un conjunto longitudinal de las celdas, de manera que cada celda es adyacente a otra para recibir una ola de impacto. Preferiblemente, la columna vertebral tiene un eje en ángulo con respecto a la dirección de las olas, preferentemente de entre 10° y 80° y más preferentemente de entre 30° y 60°.

- 45 Una o más realizaciones de la presente invención pueden configurarse como una opción semisumergible (es decir, flotante y atada, pero no montada directamente en el fondo del océano), preferiblemente en una configuración circular o anular para aceptar espectros de las olas omnidireccionales normalmente asociados con ubicaciones de aguas profundas. Por lo tanto, donde las olas pueden afectar al convertidor desde varias direcciones a lo largo del tiempo, una disposición circular o anular se considera beneficiosa para maximizar la acción de las olas promedio en lugar de que el convertidor sea lineal y, por lo tanto, más direccional. Esta realización podría configurarse alrededor de otra estructura en el mar/océano, o proporcionar soporte para otra estructura, tal como una turbina eólica, plataforma de petróleo o gas, o marcador de canal. El WEC puede formarse como un cuadrilátero, es decir, dos chevrones o cuatro conjuntos lineales unidos. Otras formas se consideran que caen dentro del alcance de la presente invención, tales como hexagonal, es decir, tres disposiciones de chevrones o seis conjuntos lineales, o combinaciones de los mismos. Realizaciones de la presente invención pueden incluir WEC de múltiples lados. Dichos WEC de múltiples lados pueden tener un número impar o par de lados. Todos o algunos de los lados pueden incluir una o más conjuntos o celdas WEC. Por ejemplo, un WEC puede tener 6, 8, 10, 12 lados, con algunos o todos de esos lados que incorporan celdas o conjuntos de celdas. Las celdas pueden estar en una o en ambas caras de un WEC (es decir, la ola que se enfrenta y se aleja de la ola predominante).

- 60 La selección de la ubicación y de la orientación del WEC de la presente invención es una función de la ubicación instalada y las características del recurso de las olas (generalmente debido al viento predominante, profundidad del agua, ángulo del fondo marino en comparación con el nivel medio de la superficie del agua y las condiciones de la marea). En todas las configuraciones, la intención es permitir que la ola interactúe sin problemas con el convertidor.

- 65 La membrana puede estar unida a un cuerpo del convertidor. El cuerpo también puede formar o incluir una cara contra la cual la membrana se asienta preferiblemente cuando no está inflada. Por ejemplo, el cuerpo puede estar formado

por una o más porciones moldeadas o fundidas, tales como hormigón o plástico o fabricados de acero. La cara puede estar formada por una sección curva del cuerpo, preferiblemente formada integralmente mediante fundición o moldeo como parte del cuerpo, o puede ser un revestimiento de cara rígido o semirrígido conformado unido al cuerpo para formar un perfil deseado.

5 Uno o más extremos de la membrana respectiva, particularmente en una disposición de conjunto con celdas o cámaras simples o múltiples, podría ser un semicírculo, arco o cuña, que está dentro o fuera de plano con el plano de inclinación, con una membrana que tiene una forma abovedada que utilizará las propiedades elastoméricas y se estirará o tendrá una forma geométrica de manera que se reduzca la tensión/estrés elastomérico.

10 La membrana puede estar unida al cuerpo adyacente a las partes superior e inferior del cuerpo del convertidor. Cuando la celda contiene fluido presurizado (tal como aire presurizado) suficiente para superar la presión exterior (tal como el agua en la que el convertidor puede estar sumergido) e 'inflar' la membrana, la membrana se curva hacia fuera hacia el fluido exterior (por ejemplo, el agua de mar). La curva frontal o 'cara' de cada membrana de la celda puede adoptar preferiblemente una forma aerodinámica general, tal como una forma cóncava o 'catenaria' o una forma casi catenaria, una catenaria invertida abovedada, 'S' o forma similar en perfil o sección. Las fuerzas hidrostáticas pueden variar esta forma, es decir, además de las fuerzas de tensión y gravedad que actúan sobre la membrana. Por lo tanto, la membrana puede no ser perfectamente cóncava suavemente.

15 20 Una cuerda visualizada de dicha catenaria puede estar inclinada en ángulo a horizontal (ángulo de cuerda), tal como entre 0° y 90°, y más preferiblemente entre 20° y 60°, y más preferiblemente 30° +/- 15°.

25 Las instalaciones de rompeolas del WEC de la presente invención pueden tener una longitud de pie más corta (longitud de la huella) y ángulos de cuerda mayores y preferiblemente una relación catenaria a longitud de cuerda mayor.

30 Cuando están montadas en el fondo, las instalaciones de agua más profundas del WEC de la presente invención pueden tener una longitud de pie más larga (huella más larga), un ángulo de cuerda menor, tendiendo hacia plano, y menor relación de longitud de catenaria a cuerda.

35 Cuando el volumen dentro de la celda se presuriza lo suficiente como para superar la presión externa (por ejemplo, la presión estática del agua que se sumerge), la membrana se transforma a su estado máximo inflado, que crea una cara curva convexa (en forma de cúpula, catenaria invertida, 'S' o similar), con la cuerda de la curva inclinada en el mismo ángulo de aproximadamente 30 grados con respecto a la horizontal como la 'cara' (cara) del cuerpo de la celda. Cuando la membrana se ajusta al perfil de la cara (cara) de la celda o cualquier cuenca lisa formada en o sobre la estructura del cuerpo, adquiere esa forma para que no se dañe por la acción de las olas en el caso de mares pesados donde las celdas se pueden desinflar y proteger las membranas al 'presionarlas' y conformarlas con la cara o cara correspondiente.

40 Cada convertidor, ya sea que tenga una o más celdas, tal como cada extremidad (brazo/pierna) del convertidor (y grupo de celdas en su conjunto), puede pivotar para permitir que el ángulo de cuerda cambie con respecto a la ola que se aproxima, permitiendo la optimización del dispositivo de acuerdo con la fuerza, (altura de la ola y oleaje, etc.) y la dirección de la ola.

45 Dependiendo de las presiones y de los movimientos relativos de los fluidos internos y externos de la ola en el momento, la membrana puede formar un perfil intermedio de una S alargada cuando se ve en el perfil lateral a medida que la presión de la ola deprime en primer lugar la porción inferior delantera de la membrana. Esto puede estar entre los puntos de fijación de la membrana superior e inferior de la membrana de la celda al cuerpo de la celda.

50 El ancho efectivo (longitud lateral) de la membrana coincide preferiblemente con el ancho efectivo (longitud lateral) de la cara o pared de la celda. Esto proporciona una membrana y una disposición de fijación que permite que la membrana se adapte a la cara de la celda y evita inducir tensiones innecesarias en la membrana.

55 Durante el funcionamiento, una vez que el volumen de la celda está completamente barrido o la membrana está completamente desinflada, la membrana queda plana sobre la cara, pared o cuenca de la celda sin ninguna tensión inducida, pellizcos o pliegues. Esto permite que el convertidor sobreviva a eventos de olas extremas en el estado totalmente desinflado sin inducir tensiones extremas en la membrana.

Fluido, tal como aire, desde cada celda:

60 i) pasa a través de un conjunto de válvulas unidireccionales (de verificación) para cada celda en un colector (de alta presión) que combina el aire de todas las celdas y en una de las turbinas unidireccionales más (y posteriormente para accionar uno o más generadores de electricidad). Con el aire desplazándose de regreso a través de un segundo colector (baja presión) y un segundo conjunto de válvulas de retención a la misma u otra celda, o

65 ii) pasa a través de un conducto con una turbina bidireccional dentro de un depósito común (o colector), rellenando

la celda desde el depósito una vez que la presión en la celda cae por debajo de la presión en el depósito.

5 La ubicación del al menos un puerto de cada celda para comunicar el aire de la celda a las válvulas de retención (o turbina bidireccional) permite que la celda maximice el barrido de su volumen en la carrera de desinflado y se vuelva a inflar suavemente, sin fricción (fricción estática por la cual la membrana de la celda puede adherirse a la cara opuesta de la celda y no permitir que el fluido (por ejemplo, aire) ingrese a la celda para volver a inflarla).

10 La válvula puede formar parte de la cara del cuerpo. Por ejemplo, la cara en el cuerpo puede incluir válvulas insertadas o montadas en el mismo. Se puede proporcionar una rejilla o cubierta sobre la válvula y, preferiblemente, proporcionar parte de la cara.

Esto se puede lograr ubicando el al menos un puerto de cada celda integralmente con el cuerpo del convertidor. El al menos un puerto puede estar fundido en el cuerpo.

15 El al menos un puerto de cada celda incluye preferiblemente puertos de entrada y salida. De manera alternativa, un solo puerto puede comunicarse con las válvulas de retención que controlan el flujo de aire de salida de la celda y devolver el flujo de entrada a la celda a través de un puerto.

20 Preferiblemente, uno o ambos puertos de suministro o válvula de retención (alta presión) y puerto de retorno o válvula de retención (baja presión) se colocan adyacentes a un límite superior de la cara o cuenca de la celda justo debajo del borde superior de restricción de la membrana.

25 El convertidor está configurado preferiblemente de modo que una extensión longitudinal de cada brazo/pierna en la dirección de las olas sea igual a la longitud de las olas promedio de las olas de energía predominantes en la ubicación particular. Esta disposición tiene en cuenta que la pierna está en ángulo con la ola debido a la formación preferida de V o galón. Esto normalmente da como resultado que cada pierna tenga preferiblemente una longitud de 40 m a 80 m. No obstante, se prevén otras longitudes y se especificarán dependiendo de la longitud de las olas prevaleciente de las olas para una ubicación dada. Esta configuración permite que el flujo de aire de las celdas funcione en modo 'fuente y sumidero'. Como tal, una celda está bajo el pico de una ola (presión máxima) y bombea aire desde la celda a través de al menos un puerto, y otra celda está debajo del valle (o presión mínima) de la ola y acepta aire desde el depósito o colector de baja presión a través del al menos un puerto.

35 El convertidor está preferiblemente dispuesto con celdas en línea horizontalmente para que haya una presión de aire promedio uniforme a través de las celdas.

40 Preferiblemente, la presión promedio en cada celda puede aumentarse o disminuirse mediante un sistema de control de presión. Por ejemplo, se puede proporcionar un sistema neumático para mantener la presión óptima de la celda a medida que la profundidad del agua cambia con las mareas u otros efectos a más largo plazo y dependiendo de las condiciones óptimas para el estado prevalente o actual del mar.

45 De acuerdo con una o más realizaciones preferidas de la presente invención, Una o más turbinas (y uno o más generadores de electricidad accionados por las respectivas turbinas) pueden ser accionadas por el flujo de aire desde la(s) celda(s) alimentada(s) desde el colector de alta presión y descargando al colector de baja presión. La(s) turbina(s) y el(los) generador(es) eléctrico(s) pueden(n) estar montados adyacentes o en el vértice de la V o del galón, de modo que se combinen las corrientes de aire de cada brazo/pierna. De manera alternativa, se pueden montar combinaciones separadas de turbina-generador hacia o al final de cada pata/brazo o en cualquier lugar a lo largo de la pata o en cualquier otro lado.

50 La carga en el(los) generador(es) (o la salida de energía eléctrica) o el rendimiento de la(s) turbina(s) pueden variar en función de la altura de la ola real, pronosticada o esperada, información de forma y período para que el diferencial de presión y el flujo a través de la(s) turbina(s) puedan controlarse u optimizarse y la(s) velocidad(es) resultante(s) de la turbina se optimicen para la producción máxima de energía eléctrica.

55 El diseño aerodinámico preferido de las realizaciones de la presente invención y/o la forma de catenaria o el perfil correspondiente de la membrana o la cara de la celda también se pueden adaptar a los convertidores de columna de agua oscilantes tradicionales para convertirlos en convertidores de membrana, eliminando el paso del aire cargado de sal sobre la turbina.

60 El convertidor también puede usarse para la producción de un tercer fluido presurizado (normalmente agua para almacenamiento o agua de mar para desalinización), intercambiando el generador eléctrico para al menos una bomba.

65 Aunque el convertidor de energía undimotriz de acuerdo con varias realizaciones y formas de la presente invención antes mencionadas se define dentro de esta memoria descriptiva como que incluye un sistema para la conversión de energía undimotriz, para evitar dudas, un aspecto adicional de la presente invención proporciona un sistema de conversión de energía undimotriz que incorpora uno o más convertidores de energía undimotriz de acuerdo con una o más realizaciones de la presente invención descritas en el presente documento.

La cara o superficie posterior de la membrana dentro de la celda y/o la cara o superficie correspondiente del cuerpo de la celda que contactan entre sí cuando la celda se desinfla puede ser no lisa. La superficie puede tener ondulaciones o irregularidades, y/o un patrón en relieve o elevado, para ayudar a aliviar la fricción durante el relleno de la celda.

5 Una parte trasera del WEC puede incluir una cara posterior cóncava, convexa, inclinada de múltiples curvas o rectas (tal como una forma de cuña). Se pueden seleccionar disposiciones particulares para adaptarse a las condiciones prevalecientes de olas y ubicación (tal como la profundidad del agua y la fuerza del viento predominante).

10 Una parte posterior cóncava o recta del cuerpo del WEC o del WEC puede ayudar a reducir las corrientes parásitas en la parte posterior del WEC, lo que puede ayudar a reducir la erosión del lecho marino/fondo marino en la parte trasera. La parte trasera puede incluir de manera alternativa o adicional una o más de las celdas con la respectiva al menos una membrana para extraer energía undimotriz de retorno, por ejemplo, regresando desde la tierra, una playa, acantilado o promontorio o de una estructura artificial tal como un rompeolas o una pared del puerto. Por lo tanto, el
15 WEC puede ser de doble cara en términos de celdas para que el dispositivo extraiga energía undimotriz de una ola que se aproxima y una ola de retorno.

La membrana puede estar unida al cuerpo mediante una ranura o una disposición de cuentas y abrazaderas. La cuña o cuenta puede ser circular u ovalada en sección transversal. Por ejemplo, el material de la membrana puede doblarse sobre una ranura o puede tener un dobladillo o manguito en el que se inserta una ranura. El borde estriado de la membrana se sujeta entonces, tal como colocando el borde estriado en un canal o ranura y aplicando un sujetador para sujetar el borde estriado en el canal o ranura. De manera alternativa, la membrana puede sellarse al cuerpo mediante un anillo de sujeción alrededor de al menos parte de la periferia externa de la membrana. De manera alternativa, la membrana puede sellarse a un soporte y luego montarse en el cuerpo. Por lo tanto, la membrana y el
20 soporte pueden proporcionarse como un componente discreto.

El(los) extremo(s) y/o conexiones de la membrana, tal como arco, semicírculo, curvas y cuñas pueden tener tangencia entre y/o ser tangenciales a las conexiones principales superior e inferior. Esto evita una esquina afilada o tope de los lados superior e inferior para la membrana que se conecta al cuerpo.
30

Un aspecto adicional de la presente invención proporciona un método para controlar u optimizar la presión de fluido dentro de al menos una celda del convertidor de energía undimotriz (WEC) mencionado anteriormente o dentro del sistema WEC, incluyendo el método aumentar o reducir la presión del fluido dentro de cada celda y/o dentro de un conducto o conductos de baja presión o alta presión del sistema.
35

Preferiblemente, la presión del fluido aumenta o disminuye en relación con al menos un valor de presión de referencia. El o cada valor de presión de referencia puede ser un promedio de presión de fluido determinado dentro de cada celda respectiva y/o dentro de los conductos y/o colectores de baja y/o alta presión del sistema.

40 Se puede determinar la presión promedio, al menos en parte, promediando varias presiones dentro de una celda o en varias celdas en un momento particular (presión promedio simultánea) o en una o más celdas a lo largo del tiempo (promedio temporal).

Preferiblemente, el método incluye controlar u optimizar la presión dentro de la(s) celda(s) para mantener la presión óptima de la celda en función de los cambios en la profundidad del agua con efectos de marea u otros efectos a más largo plazo, y preferiblemente dependiendo de las condiciones óptimas para el estado predominante o actual del mar. Por lo tanto, a medida que la profundidad efectiva del agua aumenta por encima de la(s) celda(s), la presión dentro de la(s) celda(s) puede aumentarse para equilibrar la mayor presión externa del agua y, a medida que disminuye la profundidad del agua, la presión dentro de la(s) celda(s) puede disminuirse para equilibrar la disminución de la presión del agua. De esta forma, el rendimiento y la salida de la(s) celda(s) y/o sistema pueden optimizarse para una salida o demanda requerida en el sistema.
50

Además, en caso de deterioro real o previsto de las condiciones del mar, la presión dentro de la(s) celda(s) puede reducirse para evitar daños a la membrana. La reducción de presión puede, si es necesario, reducirse a cero o la presión atmosférica, de modo que las membranas sean empujadas por la presión del agua y no funcionen hasta que la(s) celda(s) esté(n) presurizada(s) internamente para volver a inflar la(s) celda(s).
55

A continuación, se describirán realizaciones de la presente invención en referencia a los dibujos adjuntos, de los que:

60 **Breve descripción de los dibujos**

Las figuras 1a a 1k muestran, en etapas secuenciales, la acción de las olas sobre la membrana para un volumen de la celda completamente barrido sobre una secuencia de las olas completa para un WEC de acuerdo con una realización de la presente invención.
65

Las figuras 1m a 1w muestran, en etapas secuenciales, la acción de las olas sobre la membrana para un volumen

de la celda completamente barrido sobre una secuencia de las olas completa para un WEC, y mostrando representaciones de líneas de flujo de las olas, de acuerdo con una realización de la presente invención.

5 Las figuras 1l y 1x muestran un WEC de acuerdo con una realización de la presente invención con la membrana completamente desinflada.

10 Las figuras 2a a 2k muestran en etapas secuenciales la acción de las olas sobre la membrana durante un volumen de la celda medio barrido sobre una secuencia de las olas completa para un WEC de acuerdo con una realización de la presente invención.

La figura 2l muestra una membrana de un WEC de acuerdo con una realización de la presente invención, estando la membrana completamente desinflada.

15 Las figuras 3 y 4 muestran disposiciones de montaje alternativas de convertidores de energía undimotriz (WEC) de acuerdo con realizaciones de la presente invención.

La figura 5 muestra una sección transversal a través de un WEC con una cara de celda de curvatura de radio único de acuerdo con una realización de la presente invención.

20 Las figuras 6a a 6d muestran diversas disposiciones para una cara de celda de curvatura de radio dual de acuerdo con realizaciones alternativas de la presente invención.

25 Las figuras 7a a 7c muestran diversas disposiciones para una cara de celda de curvatura de triple radio de acuerdo con realizaciones alternativas de la presente invención.

Las figuras 8a a 8d muestran disposiciones alternativas de WEC con diferentes alineaciones de ángulos de cuerda con respecto a las olas que se aproximan, en las que solo las figuras 8b y 8c están de acuerdo con realizaciones alternativas de la presente invención.

30 Las figuras 9a a 9d muestran disposiciones alternativas de amarre/anclaje de acuerdo con realizaciones de la presente invención.

35 Las figuras 10a a 10c muestran secciones a través de formas alternativas de WEC de acuerdo con realizaciones de la presente invención.

Las figuras 11a a 11d muestran secciones a través de formas alternativas de WEC e incluyen al menos una opción de válvula o puerto de acuerdo con realizaciones de la presente invención.

40 Las figuras 12a y 12b muestran una opción alternativa de válvula o puerto para un WEC de acuerdo con una realización de la presente invención y una turbina de acoplamiento cerrado adyacente a la celda de acuerdo con una realización de la presente invención.

45 Las figuras 13a a 13b muestran un WEC de múltiples celdas y posiciones de membrana de acuerdo con una realización de la presente invención.

Las figuras 14a a 14c muestran una forma de banco longitudinal de celda única de WEC que no forma parte de la presente invención.

50 Las figuras 15a a 15c muestran una forma de banco longitudinal de celdas múltiples de WEC con paredes divisorias flexibles integradas de acuerdo con una realización de la presente invención.

Las figuras 16a a 16c muestran una forma de banco longitudinal de celdas múltiples de WEC con divisores de celdas de diafragma de acuerdo con una realización de la presente invención.

55 Las figuras 17a a 17c muestran una forma de banco longitudinal de celdas múltiples de WEC con paredes divisorias fijas entre celdas discretas adyacentes de acuerdo con una realización de la presente invención y consistente con las figuras 13a y 13b.

60 La figura 18 muestra una sección a través de un WEC que muestra una disposición de válvulas de acuerdo con una realización de la presente invención.

La figura 19 muestra una configuración en V o galón de dos conjuntos lineales o bancos de celdas múltiples que forman una disposición de WEC combinada de acuerdo con una realización de la presente invención.

65 La figura 20 es una perspectiva de la configuración de V o galón de dos conjuntos lineales o bancos de celdas múltiples que forman una disposición de WEC combinada de acuerdo con una realización de la presente invención.

Las figuras 21 a 23 muestran secuencias de desplazamiento de la membrana de la celda con respecto a una ola incidente de acuerdo con realizaciones de la presente invención.

5 Las figuras 24 a 26 muestran diversas disposiciones de configuraciones lineales o de bancos de WEC para la aplicación cerca de la costa de acuerdo con las realizaciones de la presente invención.

Las figuras 27 a 29 muestran diversas formas lineales o de banco correspondientes a las disposiciones respectivas mostradas en las figuras 24 a 26.

10 Las figuras 30 y 31 muestran aplicaciones de aguas profundas del WEC de acuerdo con realizaciones de la presente invención, con las figuras 30s y 31s que muestran secciones transversales respectivas.

15 Las figuras 30a, 30b, 30c y 30d muestran aplicaciones alternativas de WEC en aguas profundas de acuerdo con las realizaciones de la presente invención. La figura 30a muestra una turbina eólica montada en un WEC flotante. La figura 30b muestra una versión sumergida montada en el lecho marino/fondo marino con una torre de turbina eólica que se proyecta hacia arriba desde allí. Las figuras 30c y 30d muestran una realización alternativa de una combinación de WEC y turbina eólica de acuerdo con otra realización de la presente invención.

20 Las figuras 32 a 34 muestran aplicaciones de rompeolas y columna de agua oscilante (OWC) de WEC, por lo que solo la figura 34 está de acuerdo con la presente invención.

Las figuras 35 y 36 muestran una realización alternativa del rompeolas de WEC de las figuras 32 y 33.

25 La figura 37 muestra una aplicación de rompeolas de tipo presa de cofre que incorpora un WEC que no está de acuerdo con la presente invención.

Las figuras 38 a 42 muestran formas alternativas de un WEC de acuerdo con realizaciones de la presente invención.

30 Las figuras 43 a 46 muestran varias disposiciones de proceso, tuberías e instrumentación de sistemas para controlar el flujo de un fluido secundario desde una o más celdas de WEC a través de una o más turbinas para convertir la energía undimotriz en energía aprovechada de acuerdo con realizaciones de la presente invención.

35 **Descripción de realizaciones preferidas**

Las figuras 1a a 1k muestran un convertidor de energía undimotriz (WEC) 10 en un lecho o fondo marino 12, apoyándose sobre el lecho marino bajo su propio peso. Las etapas secuenciales muestran la acción de una ola 14 sobre una membrana flexible 16 del WEC sobre una secuencia de las olas completa para un WEC de acuerdo con una realización de la presente invención. La ola tiene un pico 14a y un valle 14b. El WEC tiene un cuerpo 18 con una cara integral 20. Se apreciará que la cara se puede aplicar por separado al cuerpo, tal como un miembro de cara discreta. El miembro de cara y la membrana pueden estar unidos previamente entre sí antes de montarlo en el cuerpo. De manera alternativa, la membrana puede estar conectada al cuerpo por otros medios de fijación. La membrana y la cara están selladas a prueba de agua con respecto a la ola exterior, de modo que definen una celda de volumen variable 22 entre las mismas. El volumen de esa celda se incrementa mediante un suministro presurizado de un fluido dentro del WEC suficiente para resistir la presión de la ola en un valle 14b en forma de ola para que la membrana se infle y esté bajo tensión. A medida que el pico de las olas 14a se acerca y pasa sobre el WEC (figuras 1a a 1f), la presión de oleaje y elevación dentro de la ola aumenta y la membrana se comprime hacia la cara, normalmente desde una porción inferior delantera, tal que el volumen de la celda se comprime y el fluido dentro de la celda se comprime hacia arriba progresando gradualmente hacia atrás y hacia arriba con respecto a la inclinación hacia atrás y hacia arriba de la celda.

Las figuras 1m a 1w muestran la misma operación del WEC 10 mostrada en las figuras 1a a 1k, aunque incluye líneas de flujo de las olas. Estas líneas de flujo de las olas representan el flujo general y el movimiento de la ola sobre el WEC 10. Se apreciará que la membrana 16 comienza a deformarse antes de que el pico 14a de la ola 14 esté directamente encima del WEC 10. Esto se debe a que el frente de presión lidera la ola cuando el pico de la ola 14a se acerca al WEC.

60 Se apreciará que la celda en esta realización está inclinada o en ángulo hacia atrás con una porción inferior hacia adelante de su porción superior, de modo que la porción inferior encuentra primero la fuerza de la ola y la presión de la ola progresa hacia atrás, lo que obliga al volumen de la celda a contraerse la porción inferior hacia la porción superior.

65 También se apreciará que, debido a la naturaleza fluida de la energía en la ola y la naturaleza flexible de la membrana, la membrana no se puede comprimir de manera uniforme y ordenada, sin embargo, el volumen en el interior todavía se comprimirá generalmente desde la porción inferior a la porción superior. La cara 20 es generalmente del mismo

- largo y ancho que la membrana y una longitud, curvatura o forma generalmente coincidente, pero opuesta a la longitud, curvatura o forma de la membrana cuando la membrana está en un estado completamente inflado (ver la figura 1a). Cuando la membrana está completamente comprimida en la cara, como en la figura 1f, la membrana se encuentra plana contra la cara. A medida que la ola continúa pasando sobre el WEC (véanse las figuras 1g a 1k) y la presión disminuye en la membrana (es decir, el pico de la ola 14a ha pasado), la presión de retorno vuelve a inflar la membrana desde la parte superior hacia atrás que progresa hacia la parte inferior hacia adelante lista para la próxima ola.
- Las figuras 1l y 1x muestran la membrana completamente retraída o presionada sobre la cara. Esto permite que la membrana se mantenga segura en caso de mal tiempo en el mar, marejadas u olas grandes que de otro modo podrían sobrecargar las celdas o causar daños a la membrana, o incluso potencialmente cambiar el WEC de su anclaje. Esta característica permite que el WEC se desactive del recurso de las olas en el caso de un fallo del componente de WEC para evitar mayores daños al componente con fallo o componentes asociados. Esta característica permite que el WEC se desactive para permitir que las actividades de mantenimiento se realicen de manera segura.
- Las figuras 2a a 2k muestran en etapas secuenciales la acción de las olas sobre la membrana durante un volumen de la celda medio barrido (ver las figuras 1a a 1k y 1m a 1w) sobre una secuencia de las olas completa para un WEC de acuerdo con una realización de la presente invención.
- Las figuras 3 y 4 muestran un WEC 10 y algunas disposiciones alternativas de montaje y configuración, por lo tanto, de acuerdo con realizaciones de la presente invención. El WEC 10 tiene un cuerpo 18. Un volumen de la celda 22 está formado por una membrana 16 y una cara de la celda 20. El WEC forma generalmente una forma de cuña o alerón aerodinámico. En sección transversal, el WEC es más bajo en altura en la parte delantera 24 que en la parte trasera 26 con respecto a las olas que inciden en la dirección W.
- En la figura 3, el WEC está anclado en arena u hormigón 28 al lecho marino 12. El WEC tiene conductos de suministro (salida) 30 y de retorno 32, cada uno conectado por sus respectivos puertos de suministro (salida) 34 y retorno (entrada) 36 que se comunican con el volumen de la celda 22.
- Se puede proporcionar una válvula para controlar el flujo dentro del conducto de suministro y fuera del conducto de retorno con respecto a la celda. Se puede proporcionar un puerto único con flujo de fluido desde la celda al conducto de suministro y regresar desde el conducto de retorno a la celda. Se pueden proporcionar un par de válvulas unidireccionales. Alternativamente, se puede proporcionar una turbina bidireccional para aprovechar el flujo de fluido en ambas direcciones. En esta configuración, una cara posterior 38 del WEC y una ménsula trasera superior 40 ayudan a controlar el flujo RW de las olas de retorno sobre el WEC. Se apreciará que la curva de la membrana 16 cuando está completamente inflada y la curva de la cara 20 puede compartir una longitud común 42, de modo que la membrana se apoya cómodamente sobre la cara cuando está completamente desinflada.
- La figura 4 muestra el WEC 10 montado en los pilares 42 que elevan el WEC desde las condiciones de batimetría del fondo marino para que el dispositivo esté nivelado y más cerca del nivel medio de agua quieta. Los muelles ayudan al WEC a sentarse a la profundidad correcta en el agua para cumplir con las especificaciones requeridas y los criterios de rendimiento del WEC en relación con la profundidad del agua y las condiciones generales de las olas.
- La figura 5 muestra una sección transversal a través de un WEC 10 de la presente invención con una cara de celda de curvatura de radio único 20. Una cuerda 42 es común a la membrana 16 y a la cara 20, de modo que la membrana puede quedar plana contra la cara cuando está completamente desinflada o presionada sobre la cara. Por lo tanto, cada una de las secciones 16a, 16b, 20a, 20b son de la misma longitud general.
- Las figuras 6a a 6d muestran diversas disposiciones para una cara de celda de curvatura de radio dual 20 de acuerdo con realizaciones alternativas de la presente invención. La cara de la célula tiene una primera porción curvada 44 y una segunda porción curvada 46. La membrana tiene una longitud de sección equivalente a la primera y segunda longitudes de las porciones curvadas combinadas.
- Las figuras 7a a 7c muestran diversas disposiciones para una cara de celda 20 de curvatura de triple radio 44, 46, 48 de acuerdo con realizaciones alternativas de la presente invención.
- Las figuras 8a a 8d muestran disposiciones alternativas de WEC con diferentes alineaciones de ángulo de cuerda 42 a 90°, 45°, 30° y 0° con respecto a las olas que se aproximan W, en las que solo las figuras 8b y 8c están de acuerdo con realizaciones alternativas de la presente invención. Se apreciará que pueden usarse otras alineaciones de ángulos, que se pueden seleccionar según el estilo de WEC implementado y la ubicación predominante (dirección, profundidad del agua, etc.) y las condiciones de las olas.
- Las figuras 9a a 9d muestran disposiciones alternativas de amarre/anclaje de acuerdo con realizaciones del WEC 10 de la presente invención.
- La figura 9a muestra una versión 50 del lecho marino anclado, por ejemplo, utilizando hormigón, arena, bolsas de geotextil o rocas, o combinaciones de las mismas. La figura 9b muestra una versión montada de pie o pila 52.

- La figura 9c muestra una versión montada en una base o una plataforma mediante la cual el WEC está unido de manera pivotante 54 a la pila/base hacia el frente del WEC. Esto permite que el WEC se articule hacia adelante para adaptarse a los cambios en las condiciones de las olas prevalecientes al alterar el ángulo β para inclinar el WEC hacia adelante. Un lastre variable puede emplearse para controlar la elevación o el descenso del WEC alrededor del pivote 54. El lastre puede ser agua, tal como agua de mar bombeada o evacuada de una cámara o conducto a través del WEC.
- Una versión alternativa que se muestra en la figura 9d tiene un amarre atado usando un tirante 58 unido a un punto de tirante 60 en un extremo y un amarre 62 en el otro. En dicha disposición, el WEC puede ser balastrado para ser flotante dentro del agua, preferiblemente neutralmente flotante a una profundidad preferida. Esto se puede lograr controlando el lastre variable 56.
- Las figuras 10a a 10c muestran secciones a través de formas alternativas de WEC de acuerdo con realizaciones de la presente invención. La figura 10a muestra una versión trasera curva convexa, la figura 10b muestra una versión trasera inclinada y 10c una versión cóncava o acanalada, la figura 10d una versión convexa. Las diferentes versiones de la parte trasera se proporcionan para diferentes requisitos de olas y ubicación. Las diversas opciones traseras actúan para modificar el flujo de las olas de retorno y, por lo tanto, se pueden utilizar para maximizar la eficiencia del WEC para una aplicación y ubicación determinadas.
- Las figuras 11a a 11d muestran secciones a través de formas alternativas de WEC e incluyen al menos una opción de válvula de acuerdo con realizaciones de la presente invención.
- La figura 11a muestra puertos o conductos dobles o gemelos. Se proporcionan un conducto de salida o suministro 64 y un conducto de entrada o retorno 66. El volumen de la celda 22 se comunica con los conductos a través de uno o más puertos hacia/desde el volumen de la celda y la válvula 68. La válvula que se muestra en la figura 11b tiene válvulas unidireccionales alternativas 70, 72. Las válvulas superiores 70 suministran fluido desde el volumen de la celda al conducto de suministro. Las válvulas inferiores 72 devuelven fluido al volumen de la celda desde el conducto de retorno. Las secciones A-A y B-B se muestran respectivamente en las figuras 11c y 11d. Estas muestran los puertos de salida 74 de la celda y los puertos de entrada 76 al volumen de la celda.
- Las figuras 12a y 12b muestran una opción de válvula alternativa para un WEC de acuerdo con una realización de la presente invención. Se proporciona una turbina bidireccional 80 en un solo puerto 82.
- La figura 12b muestra una vista del puerto y la turbina desde el volumen de la celda.
- Las figuras 13a a 13b muestran un WEC de múltiples celdas y posiciones de membrana de acuerdo con una realización de la presente invención. Se proporciona un banco o conjunto de celdas de WEC como una sola unidad. Un solo cuerpo 18 aloja múltiples celdas. Se apreciará que cada celda puede formarse o fundirse en el cuerpo único, o pueden formarse porciones discretas del cuerpo de la celda y luego conectarse entre sí para formar el cuerpo único. Los conductos de suministro y retorno 64, 66 pueden ser integrales a la(s) porción(es) del cuerpo o pueden extenderse externamente del WEC en conductos individuales en forma de tuberías.
- La figura 13b muestra parte de la sección A-A de la figura 13a, con la membrana izquierda parcialmente comprimida, la membrana central completamente inflada y la membrana derecha completamente desinflada.
- Las figuras 14a a 14c muestran una forma de banco longitudinal de celda única de WEC que no forma parte de la presente invención. La celda única claramente no tiene paredes divisorias.
- Las figuras 15a a 15c muestran una forma de banco longitudinal de celdas múltiples de WEC con paredes divisorias flexibles 84 integradas de acuerdo con una realización de la presente invención. Las paredes divisorias entre celdas se comparten entre celdas adyacentes, es decir, una pared de la celda entre cada par de celdas adyacentes.
- Las figuras 16a a 16c muestran una forma de banco longitudinal de celdas múltiples de WEC con divisores de celdas de diafragma de acuerdo con una realización de la presente invención. Por lo tanto, cada celda es una cosa discreta que tiene sus propias paredes y membrana. Las figuras 17a a 17c muestran una forma de banco longitudinal de celdas múltiples de WEC con paredes divisorias fijas entre celdas discretas adyacentes, cada una con su propia membrana, de acuerdo con una realización de la presente invención.
- La figura 18 muestra una sección a través de un WEC que muestra una disposición de puertos y válvulas de acuerdo con una realización de la presente invención. El WEC 10 incluye una porción de cuerpo 18 con conductos integrales 64, 66 para el flujo respectivo de suministro y retorno de fluido. El flujo desde el volumen de la celda 22 es a través de un puerto de salida 74 a través de la válvula 68 hacia el flujo de retorno del conducto de suministro 64 es desde el conducto de retorno 66 a través de la válvula 68 hacia el volumen de la celda 22. La válvula incluye válvulas de salida separadas y válvulas de retorno unidireccionales. La válvula puede proporcionarse como un componente de cartucho que es reemplazable. Preferiblemente, se puede acceder a la válvula quitando una tapa del puerto de acceso en la

- 5 parte posterior del WEC 10 y preferiblemente en línea con el eje de la válvula 68. La válvula 68 se libera y luego se retira hacia atrás y hacia arriba. La válvula de reemplazo luego se inserta en un movimiento hacia abajo y hacia adelante, luego bloqueada en la ubicación y la cubierta del puerto de acceso restablecida. La cara y/o la membrana pueden sellarse al cuerpo de manera hermética o casi hermética suficiente para permitir la operación eficiente del WEC con una mínima fuga dentro o fuera de los conductos.
- 10 El perfil en forma de cuña del WEC 10 alienta a la ola a aumentar gradualmente al acercarse al WEC y luego cabalgar sobre el WEC con una perturbación mínima mientras maximiza el oleaje de la ola al aumento de la ola y maximiza la conversión de energía de la ola a medida que la membrana se comprime.
- 15 La figura 19 muestra una configuración en V o galón de dos conjuntos lineales o bancos de celdas múltiples que forman una disposición de WEC combinada de acuerdo con una realización de la presente invención. El ángulo y entre las dos extremidades (brazos/piernas) 10a, 10b del WEC se puede establecer en el valor deseado de manera que los brazos/piernas estén en ángulo uno con respecto al otro para adaptarse a la ubicación prevaleciente y las necesidades de las olas. El ángulo puede ser variable, tal como por ajuste eléctrico o manual entre las dos extremidades. Se puede proporcionar un equipo de generación de energía y/o bombeo y/o equipo de ajuste de ángulo en la unión 90 entre las dos extremidades.
- 20 La figura 20 es una perspectiva de la configuración de V o galón de dos conjuntos lineales o bancos de celdas múltiples que forman una disposición de WEC combinada de acuerdo con una realización de la presente invención.
- 25 Las figuras 21 a 22 muestran secuencias de desplazamiento de la membrana de la celda con respecto a una ola incidente de acuerdo con realizaciones de la presente invención. El gráfico superior A para cada figura representa la altura y la presión de las olas. El gráfico inferior B para cada figura representa el desplazamiento vertical de la celda de la membrana de cada celda. Cada figura también muestra una representación del patrón de desplazamiento real de la membrana de la celda para cada secuencia a través de la extremidad del WEC 10a.
- 30 Las figuras 24 a 26 muestran diversas disposiciones de configuraciones lineales o de bancos de WEC para la aplicación cerca de la costa de acuerdo con las realizaciones de la presente invención.
- 35 La figura 24 muestra un vértice orientado hacia el océano cerca de la costa con las extremidades apuntando hacia la costa. La figura 25 muestra un vértice orientado hacia la orilla, cercano a la orilla, con las extremidades del WEC apuntando hacia aguas abiertas.
- 40 La figura 26 muestra una versión de una sola extremidad o columna vertebral del WEC cerca de la costa.
- 45 Las figuras 27 a 29 muestran varias formas lineales y no lineales de conjunto o banco correspondientes a las disposiciones respectivas mostradas en las figuras 24 a 26.
- 50 Las figuras 30 y 31 muestran aplicaciones de aguas profundas del WEC 10 de acuerdo con realizaciones de la presente invención. En la figura 30, el conjunto anular 90 de celdas 22 del WEC 10 permite la conversión eficiente de la energía undimotriz desde cualquier dirección. Por lo tanto, se puede promediar la conversión de energía undimotriz durante un período para diferentes direcciones de las olas durante un período de tiempo. La sección A-A (figura 30s - 's' para la sección) de la figura 30 muestra una sección transversal de una disposición general de las celdas.
- 55 La figura 31 muestra una realización alternativa de la versión de aguas profundas de WEC con algunas celdas internas a la abertura a través del anillo y otras celdas externas a la abertura. La sección B-B (figura 31s - 's' para la sección) muestra una sección transversal de una disposición general de las celdas.
- 60 Las realizaciones del WEC en las figuras 30 y 31 extraen energía undimotriz que inciden primero en un lado del anillo para extraer también energía de la ola a medida que pasa a través de los anillos e incide en la cara interior del anillo. Dichas aplicaciones de aguas profundas pueden ser aplicaciones flotantes atadas, ya sea en la superficie de las olas o neutralmente flotantes debajo de la superficie de las olas, o montadas rígidamente en una torre, torre de turbina eólica en alta mar, plataforma de petróleo o gas u otro dispositivo similar de océano o aguas profundas.
- 65 Las figuras 30a y 30b muestran aplicaciones alternativas de WEC en aguas profundas de acuerdo con las realizaciones de la presente invención. La figura 30a muestra una turbina eólica 114 integrada con un WEC flotante similar al que se muestra en la figura 30, aunque con un soporte central (cruciforme) 110 para el mástil 112 de una turbina eólica 114. Otras formas de soporte para la turbina eólica, u otro dispositivo, pueden proporcionarse, tal como un mástil central único, una plataforma sólida o de malla, o un bastidor. El WEC está atado 116 al fondo marino, permitiendo que el WEC flote, pero no se aleje. La electricidad generada por la turbina eólica puede usarse para alimentar equipos eléctricos, tales como bombas y sistemas de control y sistemas de seguridad relacionados con el WEC.
- La figura 30b muestra una versión alternativa que proporciona un WEC 120 sumergido montado en el lecho marino/fondo marino con un mástil de turbina eólica 122 que se proyecta hacia arriba desde allí. El WEC está montado sobre soportes 124 en el lecho marino/fondo marino 126. El WEC puede moverse hacia arriba y hacia abajo con

respecto al lecho marino/fondo marino para atender los cambios en la profundidad del agua y las condiciones del mar, lo que permite que el WEC se optimice para las condiciones climáticas/marinas prevaletientes, o que se baje al lecho marino/fondo marino en caso de condiciones climáticas o mar agitadas. Un soporte cruciforme 110 soporta el mástil, que en sí mismo puede ser reforzado por soportes laterales 126.

5 Las figuras 30c y 30d muestran una aplicación de aguas profundas de un WEC de acuerdo con una realización de la presente invención. El WEC 10 está montado en el mástil 112a de la turbina eólica 114a. En particular, la figura 30d muestra una sección vertical E-E a través del WEC 10 y el mástil 112a de la turbina eólica 114a. El mástil está incrustado en el lecho marino/fondo marino 12. El WEC es giratorio alrededor del mástil. El control de la rotación puede efectuarse mediante un cabrestante 190 conectado a cada extremo del WEC mediante uno o más tirantes 192,194. 10 Un solo tirante continuo (tirante continuo 192+194) puede pasar alrededor de la polea del cabrestante 190, o se pueden proporcionar tirantes separados 192, 194, cada uno controlado para alargar o acortar efectivamente para permitir que el WEC gire. Esto permite que el WEC se balancee para enfrentarse a las olas que se aproximan para maximizar la conversión de energía undimotriz, o para que pueda controlar cuánto efecto tienen las olas en el WEC, es decir, para 15 limitar la conversión de energía, que puede ser especialmente útil en condiciones de fuerte oleaje cuando enfrentarse a olas completas puede ser menos eficiente debido a la frecuencia, altura de pico a valle o fuerzas desde las olas. Para permitir cambios en la profundidad del agua y/o la altura de las olas con respecto al mástil, el WEC puede subir y bajar con respecto al mástil. Una o más guías, tal como pistas, ruedas de guía, rodillos, etc. 198 pueden proporcionarse en el mástil, en el WEC o en ambos. Estos permiten que el WEC se mueva libremente hacia arriba y 20 hacia abajo o que se controle para mantener una posición o profundidad requerida.

Las figuras 32 a 34 muestran aplicaciones de rompeolas de WEC en las que solo la figura 34 está de acuerdo con la presente invención. El WEC 10 se proporciona como un conjunto lineal o banco de celdas posicionadas cerca de la orilla y formando el borde de un muelle 96 que se extiende hacia el agua 14. El embarcadero puede ser un rompeolas sólido o casi sólido. 25

La figura 33 muestra la sección transversal C-C a través de un rompeolas y el WEC 10.

Se puede proporcionar un WEC 10 adaptado para condiciones difíciles, tal como se muestra en la figura 34. El WEC incluye una o múltiples celdas 22 con una o más membranas 16 respectivas. Un puerto único 98 conduce a una turbina bidireccional 100 y a un conducto superior de suministro y retorno o cámara 102. Una cámara inferior 104 puede llenarse con lastre, tal como agua u hormigón o escombros para obtener un peso adicional para evitar que el WEC se mueva en condiciones de mar grueso o marejada. Se apreciará que se pueden proporcionar conductos de suministro y retorno separados, con válvulas unidireccionales asociadas. 30 35

Como se muestra a modo de ejemplo en las figuras 38 a 40, el convertidor de energía undimotriz 10 puede tener formas alternativas de pared posterior dispuestas para dirigir el flujo de retorno 142 de agua. Por ejemplo, la figura 38 muestra una parte trasera 130 doblemente curvada o en forma de 'S', mientras que la figura 39 muestra una parte trasera cóncava 132, y la figura 40 una parte trasera recta (o en cuña o 'triangular' cuando se refiere a la forma general del cuerpo del WEC 10) 134. Estas formas alternativas de la parte trasera se pueden emplear cuando una parte trasera curva convexa puede dar lugar a corrientes de Foucault inmediatamente en la base de la parte trasera adyacente al lecho marino/fondo marino. Dichas corrientes de Foucault 140 del flujo de retorno 142 podrían potencialmente erosionar el fondo marino 14 adyacente a la parte posterior del WEC, tal y como se muestra en la figura 41. 40

La figura 42 da un ejemplo de un WEC con una parte trasera convexa 136 y que se eleva del fondo marino a una distancia 'd' para permitir que parte del flujo de retorno pase por debajo del WEC y, por lo tanto, evitar tales corrientes de Foucault erosionadas. 45

Las figuras 43 a 46 muestran disposiciones alternativas de diagramas de proceso e instrumentación (P&ID) de los circuitos para dirigir la energía undimotriz convertida a través de un fluido secundario a través de una o más turbinas. En particular, la figura 43 muestra un banco de celdas de doble diafragma 144, 146 con colectores comunes 148, 150 y una sola turbina (compartida) 152. Esta disposición se puede utilizar en una configuración de banco en V con circuito neumático doble de circuito cerrado (flujo rectificado) y una turbina axial única acoplada a un generador eléctrico. 50

La figura 44 muestra un banco de celdas de doble diafragma 154, 156, pero con colectores de flujo cruzado 158, 160, cada uno conectado a uno respectivo de un par de turbinas 162, 164. Esto también se relaciona con una configuración en V de bancos de celdas, con circuito neumático doble de circuito cerrado (flujo rectificado) y turbinas axiales duales acopladas a generadores eléctricos. 55

La figura 45 proporciona una disposición de WEC con un banco de celdas de diafragma único 166, 168 con colector de flujo cruzado 170, 172 y turbinas dobles 174, 176. Esta disposición de banco único tiene flujo cruzado de circuito neumático doble de bucle cerrado (flujo rectificado) y turbinas axiales duales acopladas a generadores eléctricos. 60

La figura 46 muestra un banco de celdas de diafragma único 178 con colector único 180 y turbinas bidireccionales 182. Esto proporciona conductos de bucle abierto (aplicable a todas las configuraciones). Una turbina rectificadora y un generador están montados en el puerto entre la celda de diafragma y el colector de transferencia común. También 65

son posibles múltiples turbinas por celda de diafragma.

5 Se apreciará que el rendimiento de la(s) celda(s) o sistema(s) de conversión de energía undimotriz puede controlarse u optimizarse para adaptarse a las condiciones del mar predominantes o previstas o para igualar un nivel requerido de rendimiento o demanda.

10 La presión de fluido dentro de una o más de las celdas, o dentro del sistema, incluyendo la(s) celda(s), se puede aumentar o disminuir según sea necesario. Por ejemplo, la presión del fluido dentro de un conducto o conductos de baja presión o alta presión y/o colector del sistema puede variar.

15 Preferiblemente, la presión del fluido aumenta o disminuye en relación con al menos un valor de presión de referencia. La presión del fluido puede determinarse mediante lecturas desde uno o más sensores de presión dentro de la(s) celda(s) y/o conductos y/o colector del sistema. Dichos sensores de presión pueden proporcionar señales relacionadas con la presión a un procesador para determinar los valores de presión requeridos, y de ahí ser utilizados como un factor para controlar u optimizar la presión del fluido.

El o cada valor de presión de referencia puede ser un promedio de presión de fluido determinado dentro de cada celda respectiva y/o dentro de los conductos y/o colectores de baja y/o alta presión del sistema.

20 Se puede determinar la presión promedio, al menos en parte, promediando varias presiones dentro de una celda o en varias celdas en un momento particular (presión promedio simultánea) o en una o más celdas a lo largo del tiempo (promedio temporal).

25 Preferiblemente, el método incluye controlar u optimizar la presión dentro de la(s) celda(s) para mantener la presión óptima de la celda en función de los cambios en la profundidad del agua con efectos de marea u otros efectos a más largo plazo, y preferiblemente dependiendo de las condiciones óptimas para el estado predominante o actual del mar. Por lo tanto, a medida que aumenta la profundidad efectiva del agua por encima de la(s) celda(s), la presión dentro de la(s) celda(s) puede aumentarse para equilibrar la mayor presión externa del agua y, a medida que disminuye la profundidad del agua, la presión dentro de la(s) celda(s) puede disminuirse para equilibrar la disminución de la presión del agua. De esta forma, el rendimiento y la salida de la(s) celda(s) y/o sistema pueden optimizarse para una salida o demanda requerida en el sistema.

35 Además, en caso de deterioro real o previsto de las condiciones del mar, la presión dentro de la(s) celda(s) puede reducirse para evitar daños a la membrana. La presión puede, si es necesario, reducirse a cero o la presión atmosférica, de modo que las membranas sean empujadas por la presión del agua y no funcionen hasta que la(s) celda(s) esté(n) presurizada(s) internamente para volver a inflar la(s) celda(s).

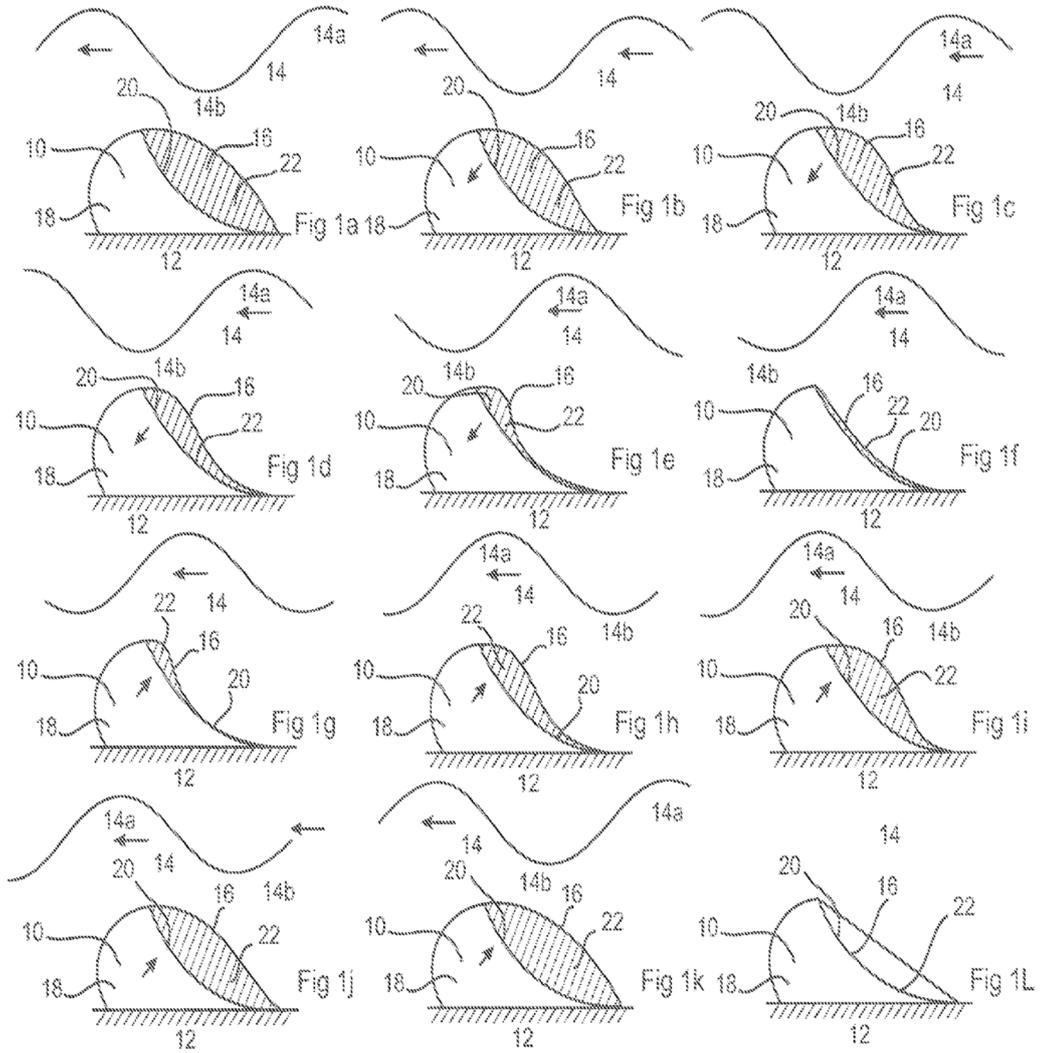
REIVINDICACIONES

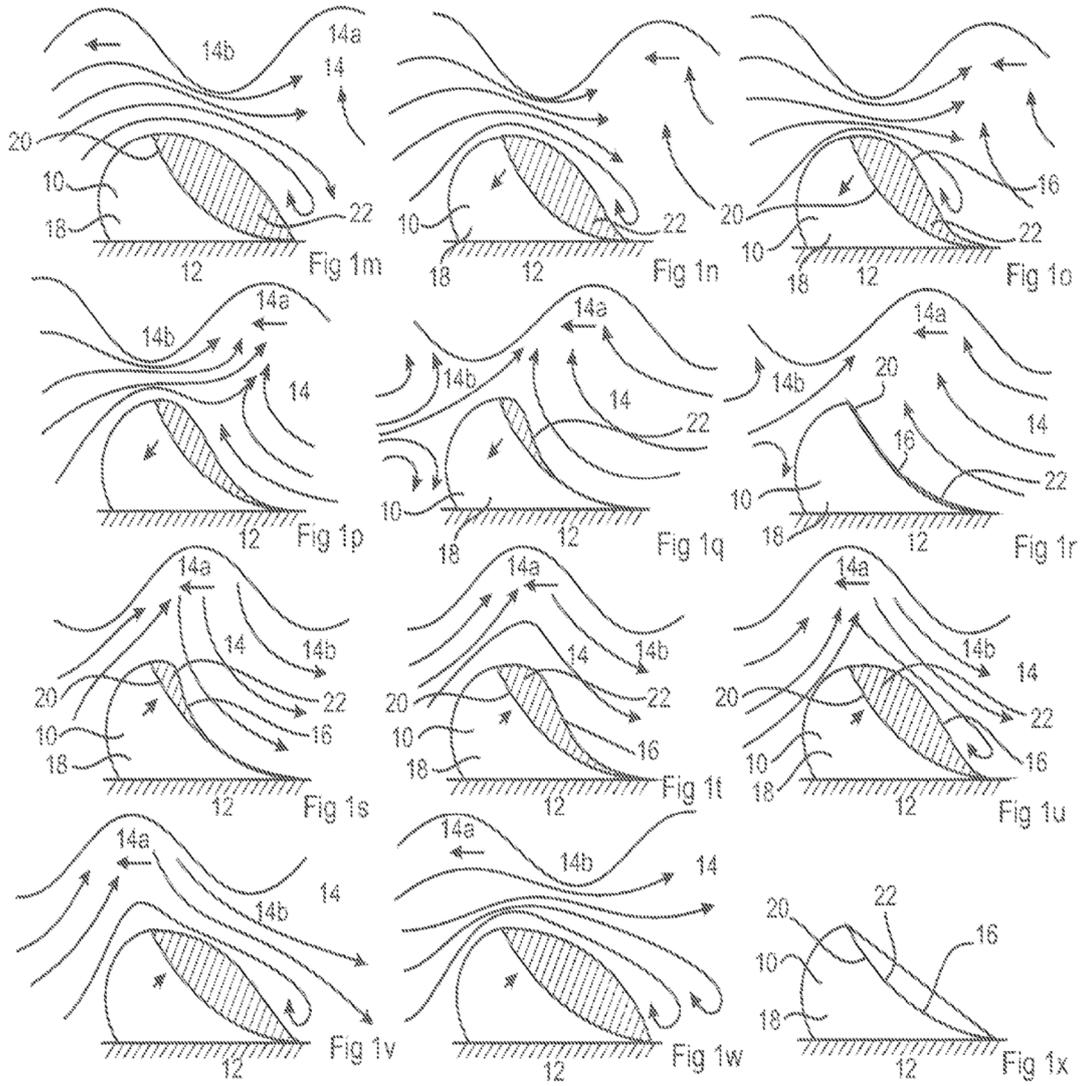
1. Un convertidor de energía undimotriz (WEC) (10), adaptado para situarse, en uso, debajo de la superficie media del agua e incluye al menos una porción de cuerpo (18) y al menos una membrana flexible (16) que proporciona múltiples celdas de WEC (22) respectivas, limitando cada una de las celdas al menos parte de un volumen de un fluido, la al menos una membrana flexible sumergida cuando está en uso, una porción sustancial de la al menos una membrana flexible inclinada desde la vertical e inclinada desde la horizontal en donde la al menos una membrana flexible está inclinada hacia atrás con una porción inferior hacia adelante de su porción superior, que proporciona una forma de flujo suave para la energía undimotriz de una ola (14) para desplazarse sobre el WEC sumergido y deformar la al menos una membrana flexible hacia el cuerpo para comprimir el volumen del fluido a medida que la energía undimotriz pasa sobre cada celda respectiva, ayudando la inclinación de la porción sustancial de la al menos una membrana desde la vertical y la horizontal a la conversión de acoplamiento de las energías cinética y potencial de la ola a presión dentro del fluido de cada una de las celdas, y en donde las celdas suministran esa presión en un conducto de suministro de presión (30, 64) o colector (148, 158, 160, 170, 172) a través de al menos un puerto de suministro (34) respectivo de cada una de esas celdas, y que incluye además un conducto de retorno (32, 66) o colector en el que la presión de retorno para volver a inflar cada una de dichas celdas se suministra a la celda respectiva a través del conducto de retorno (32, 66) o colector.
2. Un WEC de acuerdo con la reivindicación 1, en el que al menos dos de las celdas (22) están unidas rígidamente entre sí o cada una de dichas celdas forma parte de una unidad individual o cada una de dichas celdas es una subparte de una estructura más grande que contiene las celdas múltiples.
3. Un WEC de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la al menos una membrana flexible (16) está inclinada entre 20° y 70° desde la horizontal.
4. Un WEC de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la porción sustancial de cada una de las celdas se inclina desde la horizontal con respecto a dicha ola (14) que pasa sobre el WEC o disminuye desde la horizontal con respecto a dicha ola (14) que pasa sobre el WEC.
5. Un WEC de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, el WEC, cuando está sumergido, incluye las celdas atadas, ancladas, unidas o separadas de un fondo marino o restringido de otro modo para restringir el movimiento vertical del WEC a medida que la ola pasa sobre el WEC.
6. Un WEC de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, siendo un WEC sumergido cerca de la orilla o sumergido en alta mar en aguas profundas en el que las celdas del WEC se despliegan a una profundidad promedio de agua de entre 2,5 m y 15 m.
7. Un WEC de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye además una parte trasera (26, 38, 40, 132, 134, 136) del WEC que incluye una porción de control exterior de flujo de las olas, recta, curvada o redondeada.
8. Un WEC de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las celdas están dispuestas como una o más conjuntos lineales, curvadas o circulares de dichas celdas.
9. Un WEC de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las celdas del WEC están dispuestas horizontales entre sí.
10. Un WEC de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, desplegado como al menos un conjunto lineal de dichas celdas alineadas oblicuamente a las olas que se aproximan, o desplegado como múltiples conjuntos lineales o curvos de dichas celdas dispuestas en al menos una V u orientadas en galón, en uso, hacia o para enfrentarse a la dirección de las olas que se aproximan o el mar/océano abierto y los conjuntos lineales o curvados de la V o el galón se extienden desde el vértice hacia la orilla, de tal manera que las olas se acercan primero al vértice y a la V o al galón y cada conjunto oblicuamente, o desplegado de tal manera que un vértice de la disposición de V o galón indique hacia la orilla y lejos de las olas, tal que los conjuntos lineales o curvados de la V se proyectan lejos del vértice hacia aguas abiertas.
11. Un WEC de acuerdo con la reivindicación 10, en el que, un ángulo incluido de la V o el galón está sustancial o aproximadamente entre 20° y 160°, de manera opcional sustancial o aproximadamente entre 60° y 120°.
12. Un WEC de acuerdo con la reivindicación 8 o la reivindicación 10, en el que el al menos un conjunto está dispuesto de tal manera que cuando una de las celdas está expuesta a una presión de las olas más alta y bombea fluido desde esa celda a través de al menos un puerto, otra de las celdas está expuesta a una presión de las olas más baja y acepta fluido de retorno desde un depósito o colector de baja presión a través de al menos un puerto para esa otra celda.
13. Un WEC de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye además uno o más puertos de entrada de baja presión de celda, uno o más de dichos colectores para combinar el flujo de fluido desde dichas

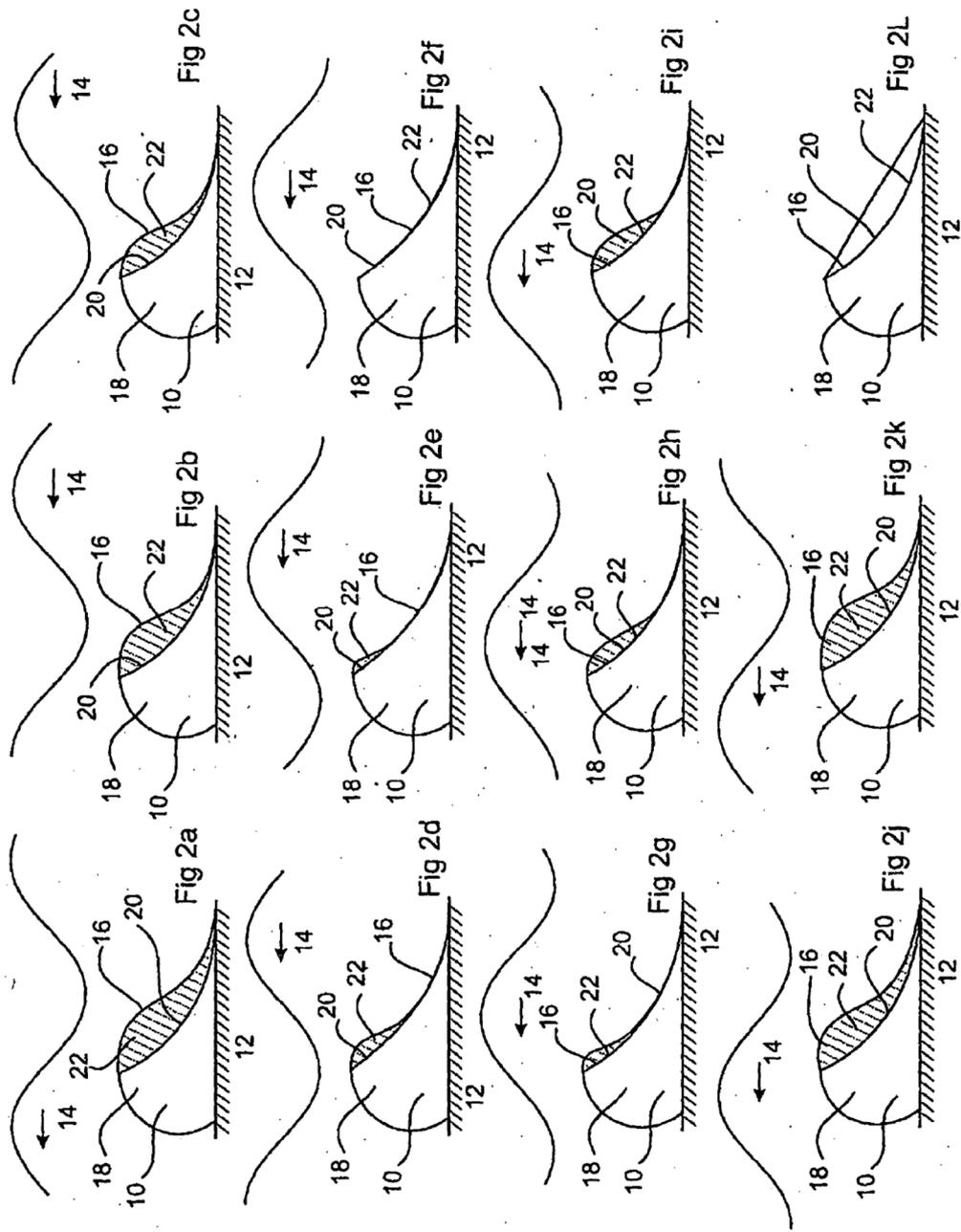
celdas, uno o más de dichos colectores para dividir el flujo de fluido a dichas celdas, o una o más turbinas accionadas por el flujo de presión desde las celdas respectivas.

- 5 14. Un WEC de acuerdo con la reivindicación 8, que incluye al menos una turbina y/o un generador eléctrico montado hacia o al final de cada uno de dichos conjuntos o en cualquier lugar a lo largo de dicho conjunto, o en el que, cuando varias de dichas celdas están dispuestas en una V o un galón de múltiples conjuntos de las celdas, la(s) turbina(s) y/o el(los) generador(es) eléctrico(s) están montados adyacentes o en un vértice de la V o del galón y se combinan las corrientes de flujo de aire de cada conjunto.
- 10 15. Un WEC de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye un sistema de control dispuesto para aumentar o disminuir la presión promedio en cada una de las celdas y/o dentro de un conducto y/o un colector de baja presión o alta presión del sistema.
- 15 16. Un WEC de acuerdo con la reivindicación 15, en el que el sistema de control incluye un sistema neumático para mantener una presión óptima en las celdas a medida que la profundidad del agua cambia con las mareas u otros efectos a más largo plazo y dependiendo de las condiciones óptimas para el estado predominante o actual del mar.
- 20 17. Un WEC de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye al menos una de las celdas en cada uno de los lados opuestos del WEC, con al menos una de dichas celdas en un primer lado con respecto a la ola para extraer energía de la ola, y al menos otra celda para extraer energía de la misma ola y/o de una ola de retorno.
- 25 18. Un WEC de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye un conjunto longitudinal de las celdas dispuestas de tal manera que el ángulo con el que las olas inciden en el conjunto está entre 10° y 80°.
- 30 19. Un WEC de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la membrana en un extremo respectivo del WEC tiene una forma geométrica tal que se reduce la tensión/el estrés elastoméricos.
- 35 20. Un WEC de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la membrana en uno o más extremos del WEC forma respectivamente una curva, un semicírculo, un arco o cuña.
- 40 21. Un WEC de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que, al menos una de dichas membranas tiene dimensiones que permiten que la membrana respectiva se adapte a una cara de la celda respectiva cuando se desinfla y/o se desinfla sin pellizcos o pliegues.
- 45 22. Un WEC de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la al menos una membrana flexible incluye al menos una de dichas membranas flexibles de un material de capa única o de material(es) de capas múltiples o laminados.
- 50 23. Un WEC de acuerdo con la reivindicación 22, en el que la al menos una membrana flexible incluye un refuerzo al material de capa única o al material o materiales laminados o de capas múltiples.
- 55 24. Un método para controlar u optimizar la presión de fluido dentro de un convertidor de energía undimotriz (WEC) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 23, teniendo el WEC un sistema de control, incluyendo el método aumentar o reducir la presión de fluido dentro de al menos una de las celdas y/o dentro de uno o ambos conductos de baja o alta presión y/o dentro de al menos un colector del sistema.
- 60 25. El método de acuerdo con la reivindicación 24, que incluye aumentar o disminuir la presión del fluido en relación con al menos un valor de presión de referencia.
- 65 26. El método de acuerdo con la reivindicación 25, en el que la presión de fluido es un promedio de la presión de fluido determinada dentro de cada celda respectiva y/o dentro del conducto o conductos de baja y/o alta presión y/o del colector del sistema.
27. El método de acuerdo con la reivindicación 26, en el que se determina la presión promedio, al menos en parte, promediando varias presiones dentro de una celda o en varias celdas del sistema de WEC en un momento particular o a través de una o más de dichas celdas con el tiempo.
28. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 24 a 27, que incluye el control o la optimización de la presión de fluido dentro de las celdas para mantener la presión óptima de fluido de la celda en función de los cambios en la profundidad del agua con mareas u otros efectos.
29. El método de acuerdo con la reivindicación 28, en el que la presión de fluido dentro de las celdas se incrementa con un aumento en la profundidad del agua para equilibrar el aumento de la presión externa del agua, y a medida que disminuye la profundidad del agua, la presión de fluido dentro de las celdas disminuye para equilibrar la disminución de la presión del agua.

30. El método de acuerdo con las reivindicaciones 28 o 29, que incluye, en caso de un deterioro real o previsto de las condiciones del mar, reducir la presión del fluido dentro de las celdas para evitar daños en al menos una membrana flexible.







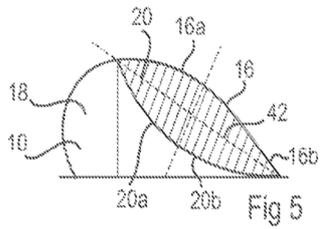


Fig 5

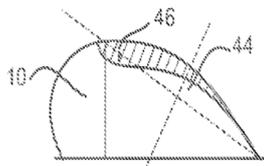


Fig 6a

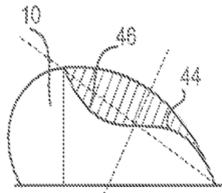


Fig 6b

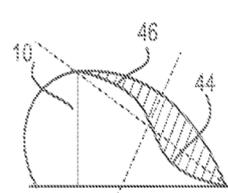


Fig 6c

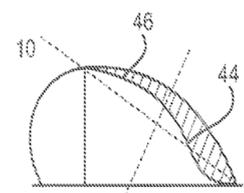


Fig 6d

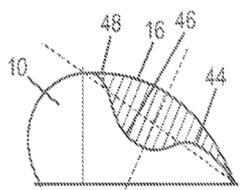


Fig 7a

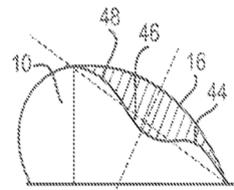


Fig 7b

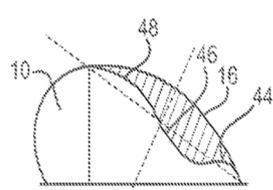


Fig 7c

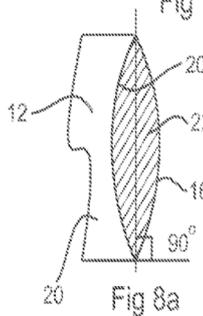


Fig 8a

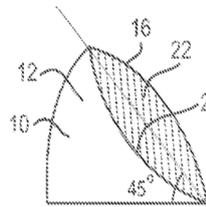


Fig 8b

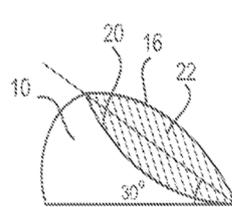


Fig 8c

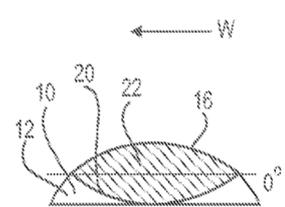
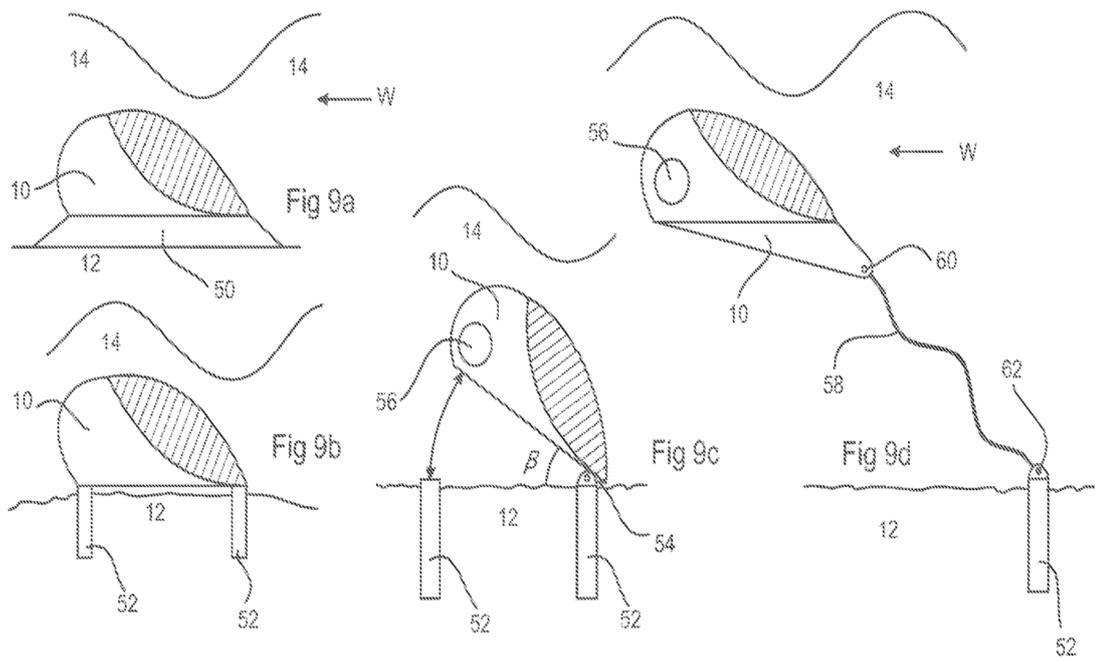
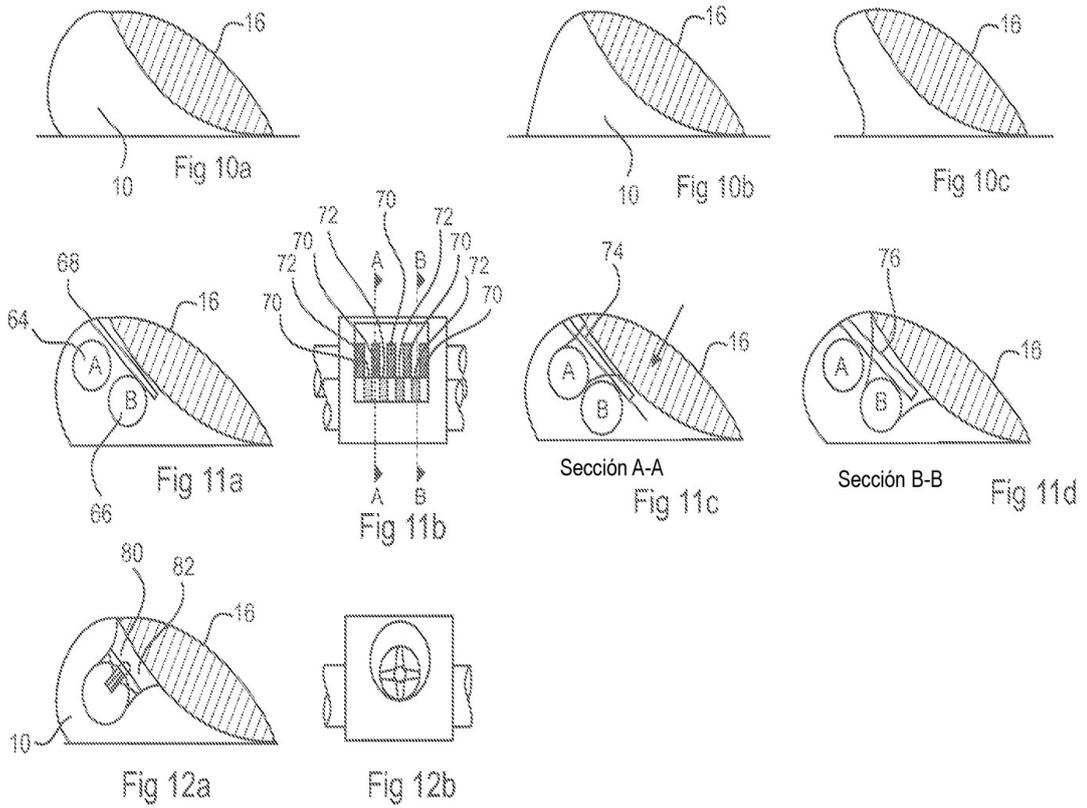
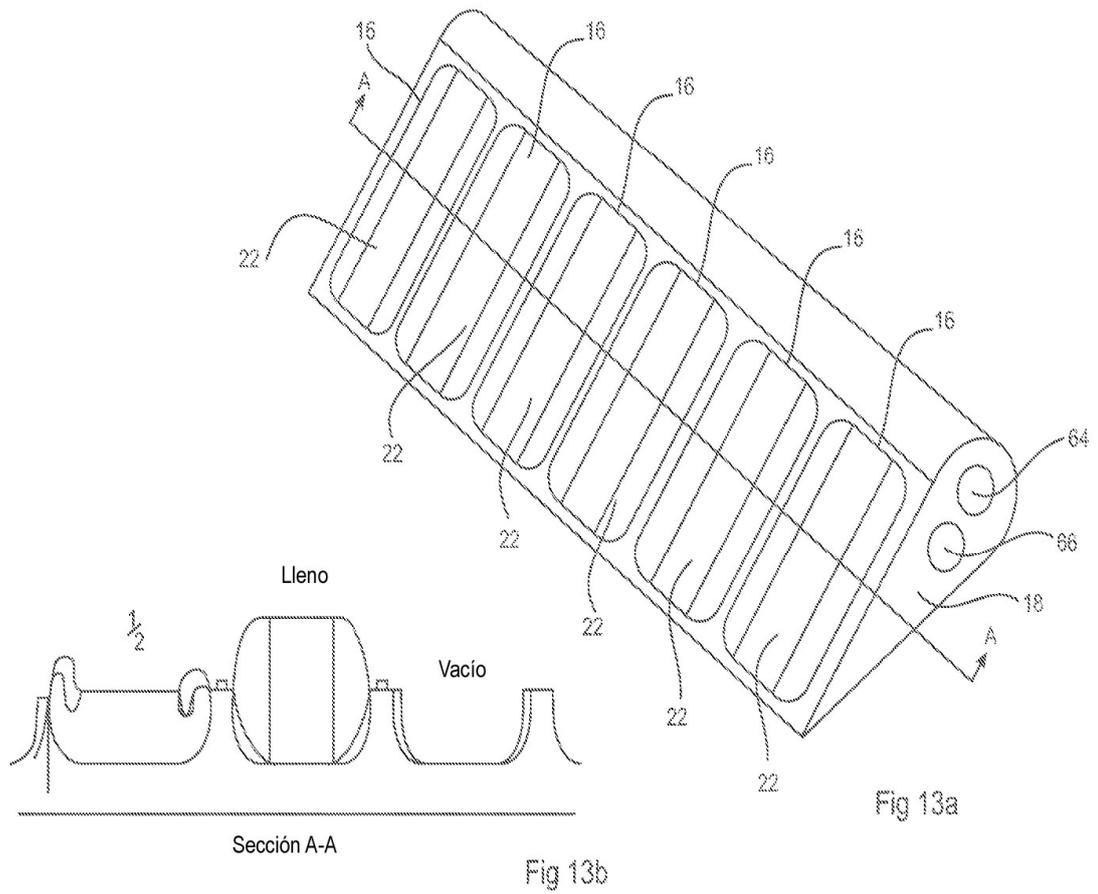
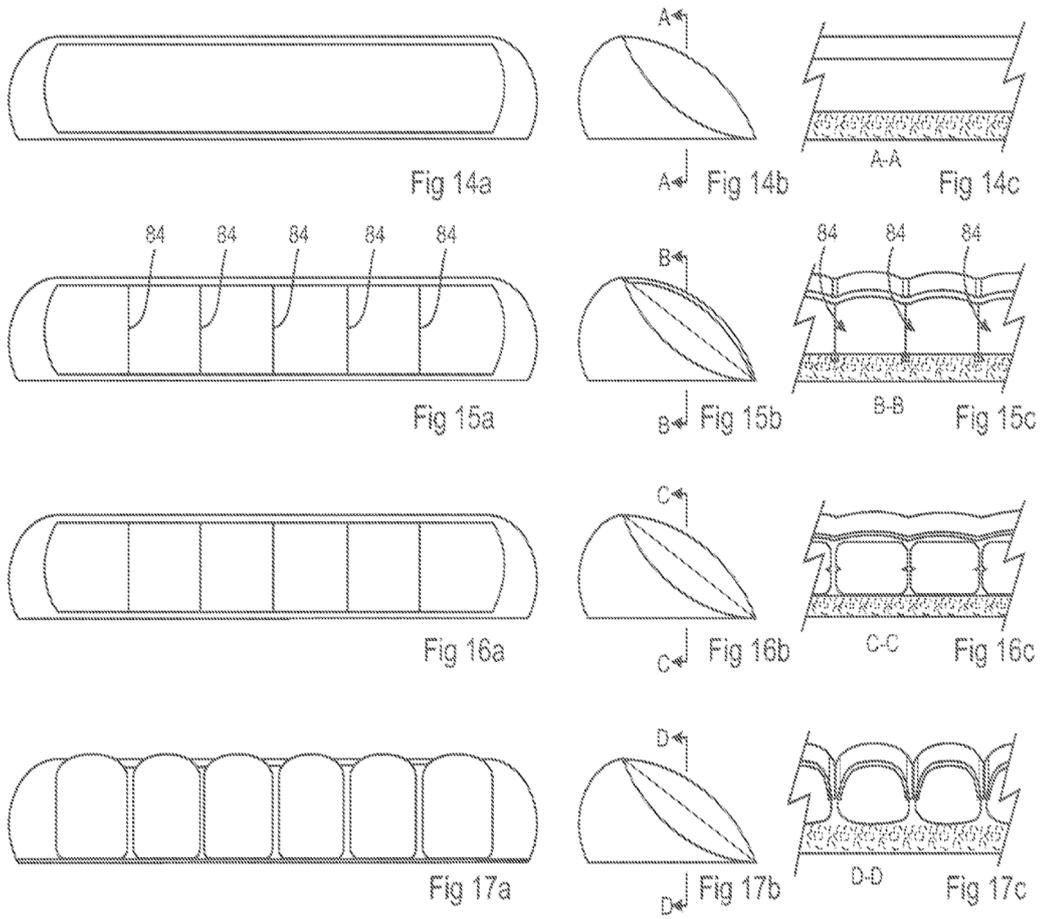


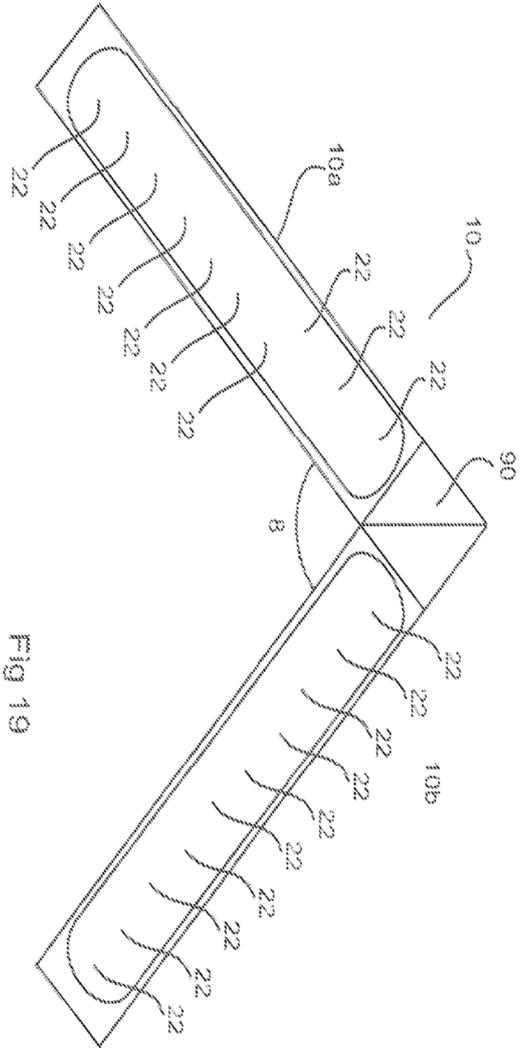
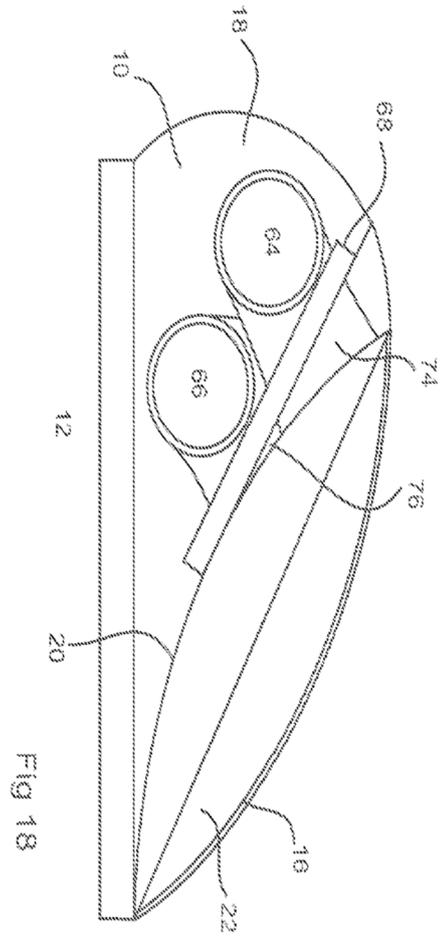
Fig 8d











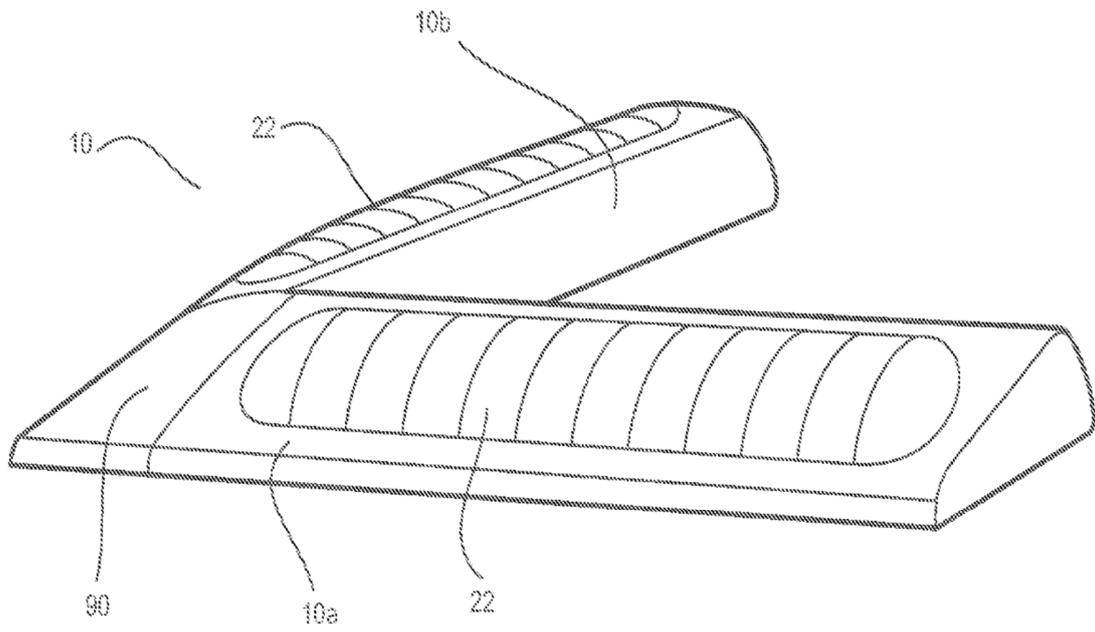
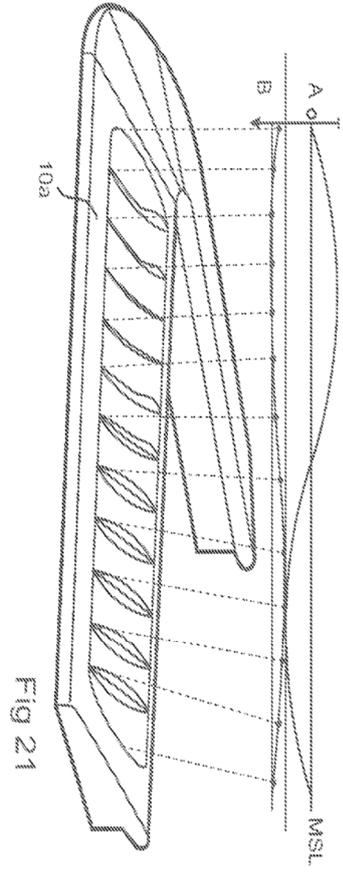
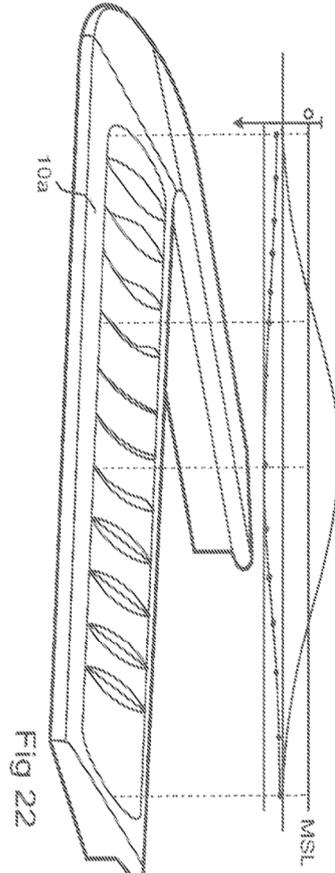
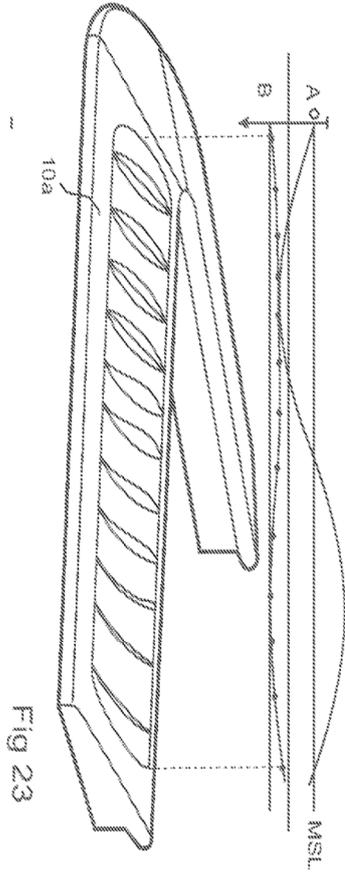


Fig 20



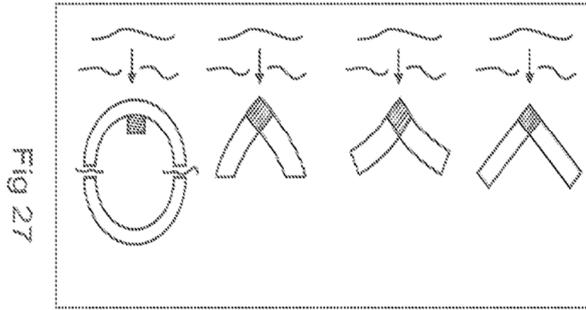


FIG 27

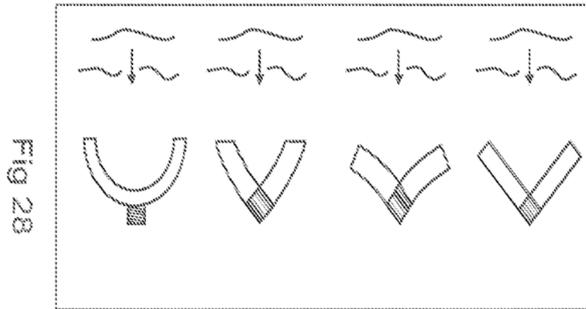


FIG 28

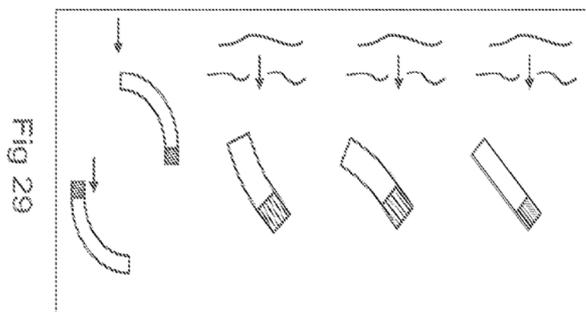


FIG 29

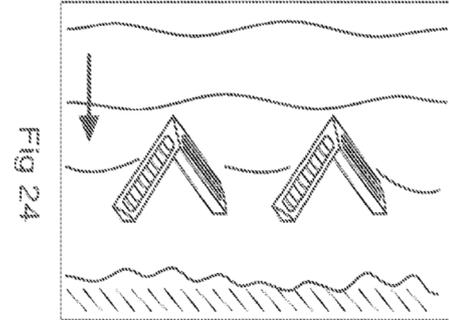


FIG 24

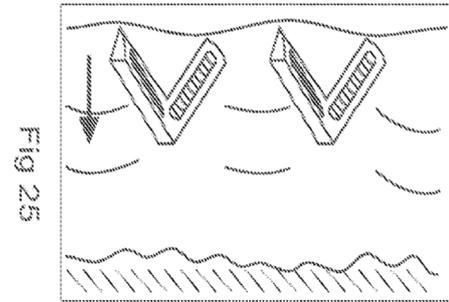


FIG 25

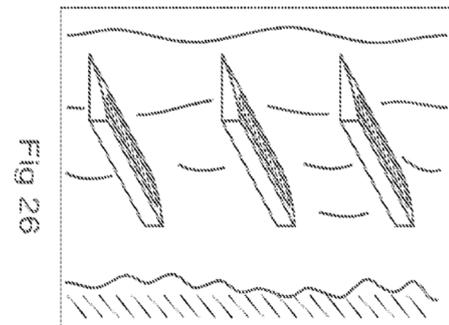
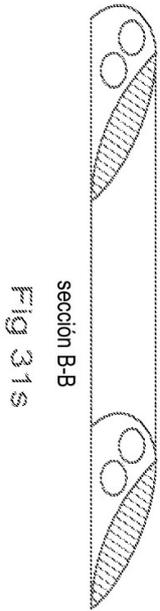
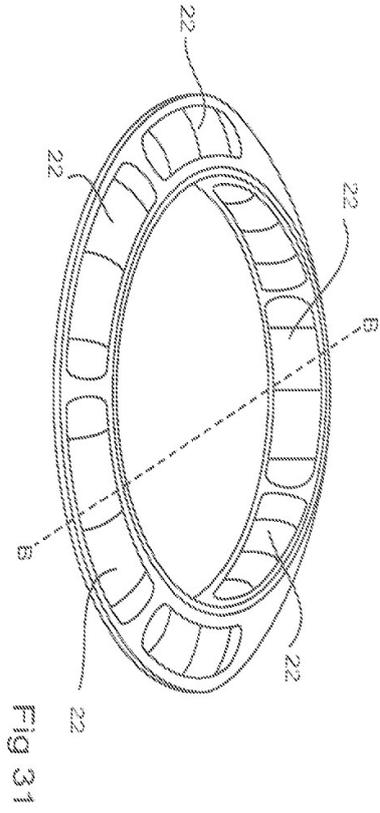
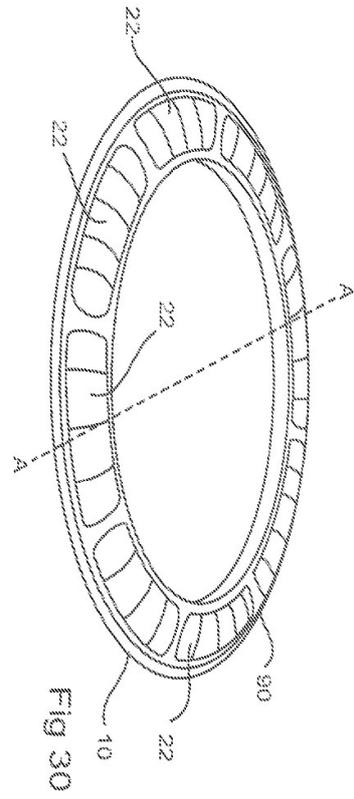
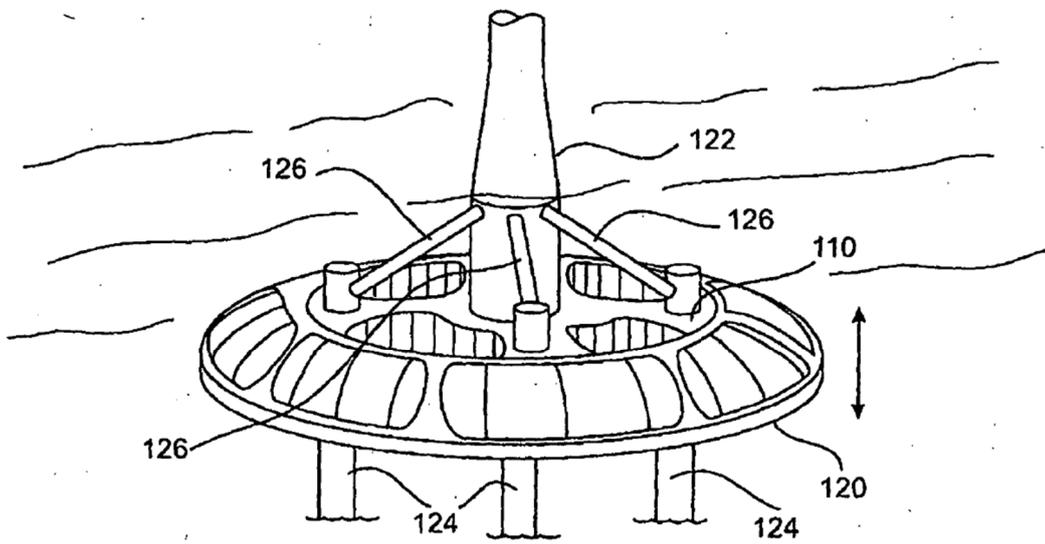
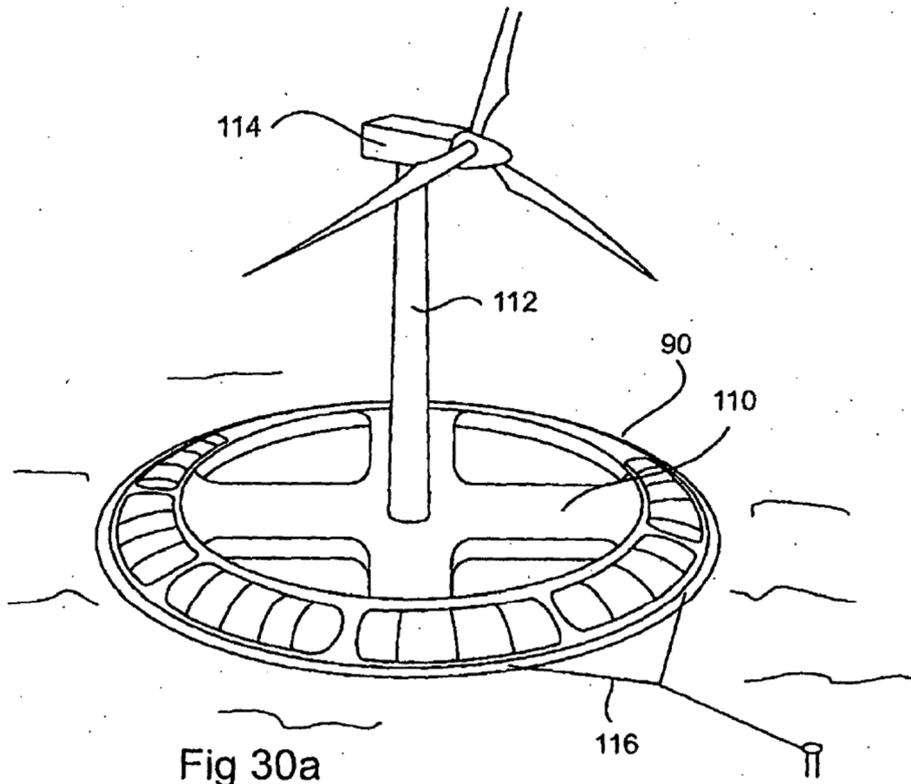
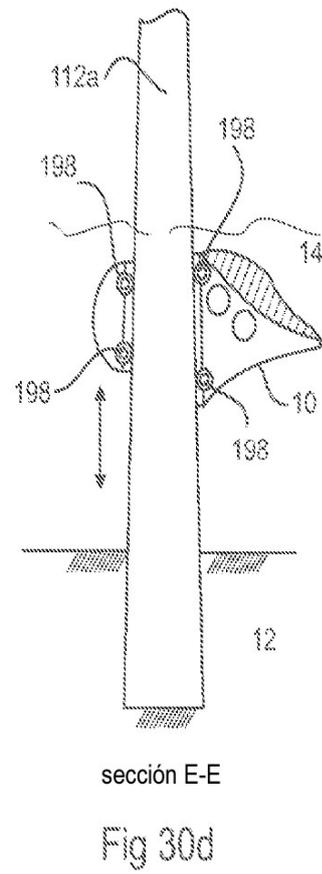
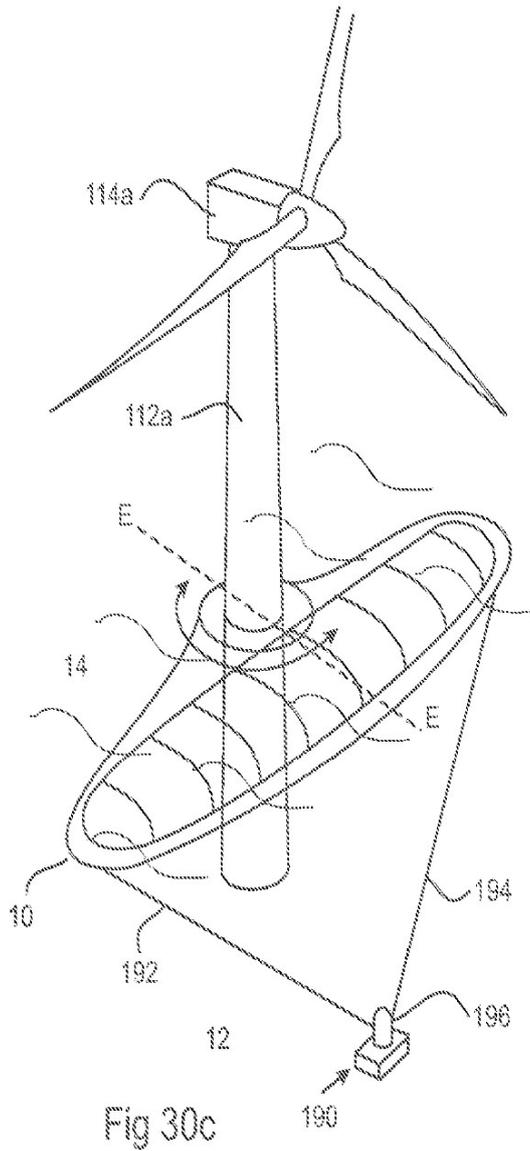


FIG 26







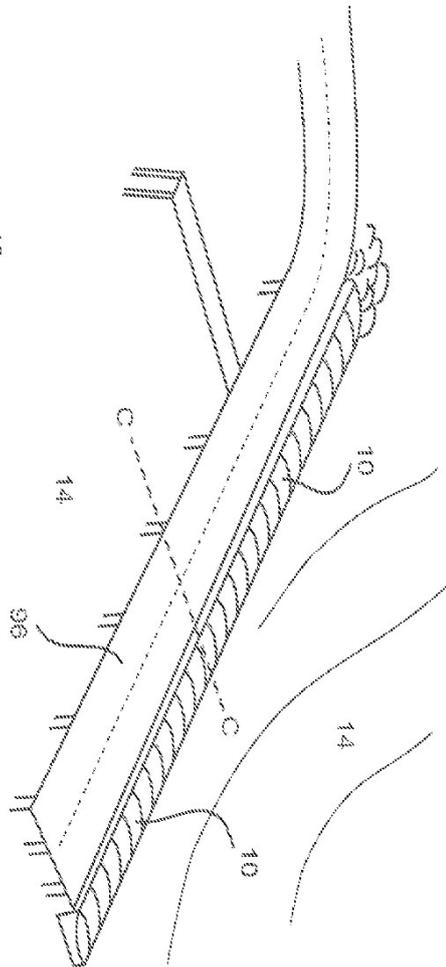


FIG 32

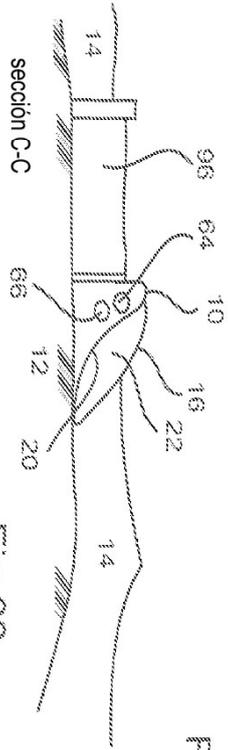


FIG 33

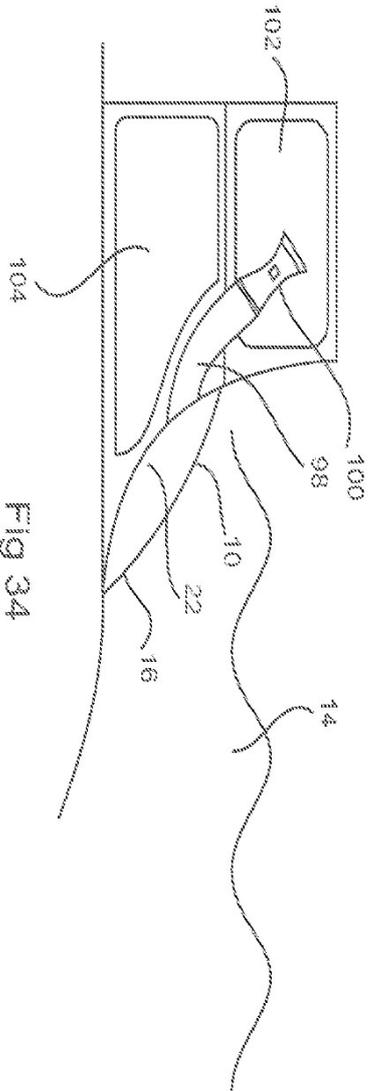
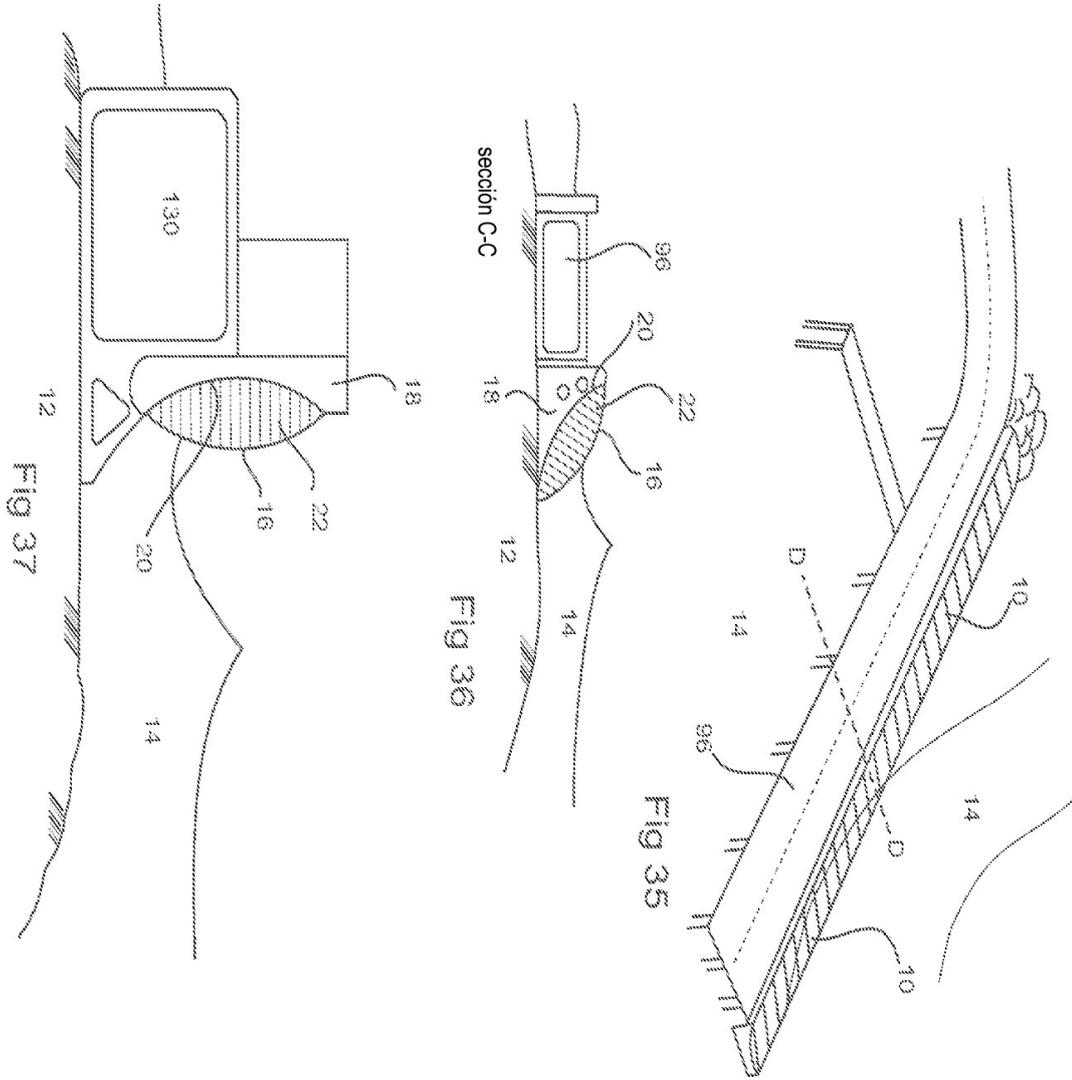
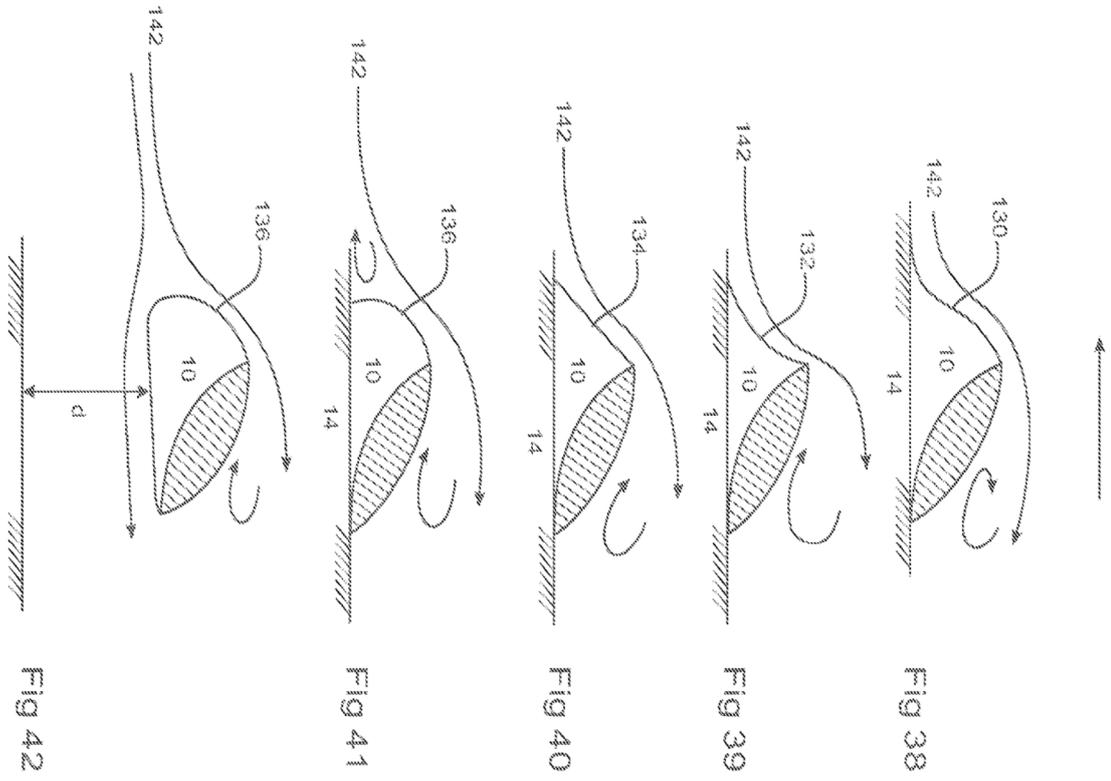


FIG 34





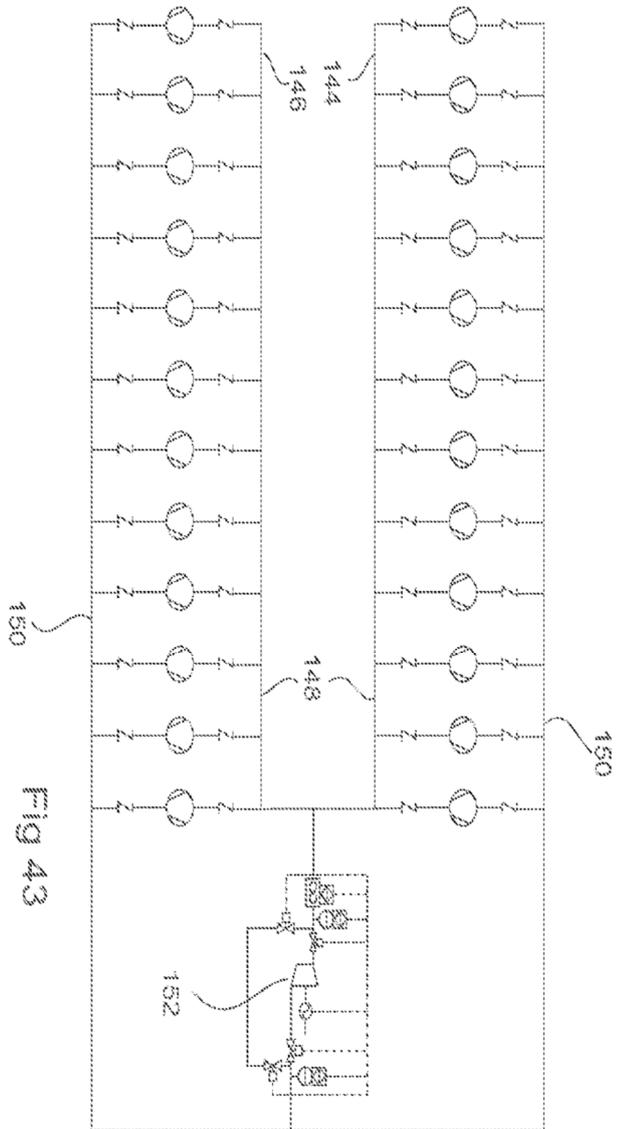


FIG 43

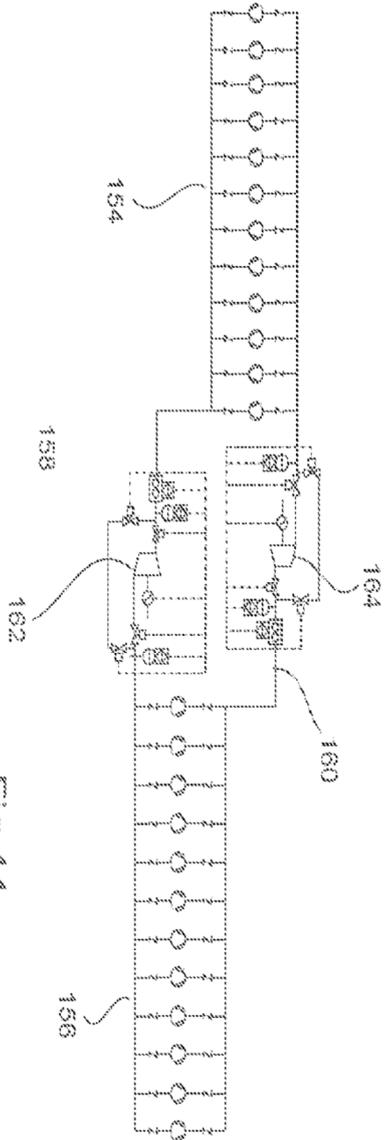


FIG 44

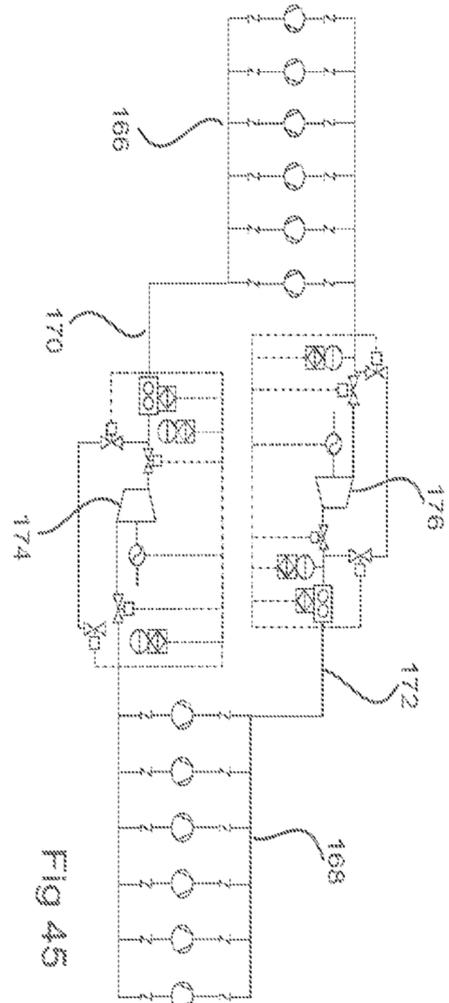


FIG 45

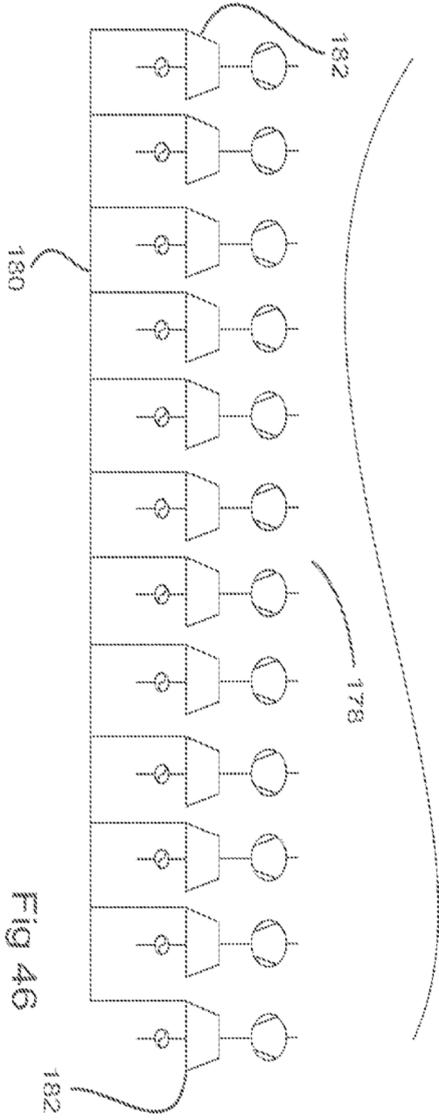


FIG 46