

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 719 224**

51 Int. Cl.:

**F03D 9/17** (2006.01)

**F03B 13/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.01.2016 PCT/IL2016/050100**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.08.2016 WO16128962**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.01.2016 E 16708738 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.12.2018 EP 3256716**

54 Título: **Sistema de almacenamiento de energía hidroneumático**

30 Prioridad:

**12.02.2015 IL 23720415**

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

**09.07.2019**

73 Titular/es:

**UNIVERSITY OF MALTA (100.0%)**

**30 Triq 1-Esperanto  
Msida, MSD 2011, MT**

72 Inventor/es:

**SANT, TONIO y  
BUHAGIAR, DANIEL**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 719 224 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**

Sistema de almacenamiento de energía hidroneumático

**Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere a tecnología de generación de energía, y más particularmente, a tecnologías de turbinas flotantes en aguas profundas con instalaciones de almacenamiento de energía.

**Antecedentes de la invención**

10 La demanda mundial de energía eléctrica está aumentando continuamente. Una gran cantidad de energía eléctrica se genera por plantas petroleras, de gas, carbón o centrales nucleares. Sin embargo, la combustión de petróleo, gas y carbón da como resultado aire contaminado, y todos estos recursos de combustible están disminuyendo rápidamente. La energía nuclear requiere la eliminación de residuos nucleares, que son peligrosos durante siglos.

Las fuentes de energía natural son efectivamente inagotables y están abundantemente disponibles en todo el mundo en diversas formas tales como la energía natural del viento, sol, mareas y olas. Por desgracia, las fuentes de energía naturales tienen un carácter irregular, y los picos de demanda energética eléctrica en los hogares y en la industria están generalmente desfasados con respecto a la disponibilidad de fuentes naturales de energía.

15 La tecnología de conversión de la energía eólica es hoy en día considerada como una de las tecnologías técnicamente más avanzadas disponibles que puede ayudar eficazmente a desarrollar una baja economía del carbono al tiempo que garantiza un suministro limpio y seguro de energía. Sin embargo, el viento es inherentemente variable. Algunos días hay mucho viento, algunos no, e incluso durante un solo día de viento varía a lo largo del día. En consecuencia, una falta de coincidencia se produce con frecuencia entre la energía potencial disponible de vientos bajos durante períodos de demanda pico, y fuertes vientos durante períodos en los que las exigencias de la red eléctrica pueden ser bajas, como en la noche. Además, debido a la naturaleza de los parques eólicos que se encuentran distantes a las ciudades que requieren energía, a veces la energía generada en parques eólicos puede exceder la capacidad de las líneas de transmisión que comunican la energía a la red que la requiera. Incapaces de transmitir la energía generada durante los vientos máximos, con frecuencia los parques eólicos tienen motores inactivos que podrían producir energía eléctrica a máxima velocidad.

20 Del mismo modo, la energía solar es más abundante normalmente durante la mitad del día, sin embargo, las células solares generan electricidad por la noche. Además, las granjas de energía solar se sitúan frecuentemente a una distancia significativa de las redes de energía a las que sirven, y las líneas de transmisión pueden limitar la cantidad de energía que puede transmitirse de la granja de energía solar a la red distante. Si las líneas de transmisión carecen de la capacidad de transmitir la cantidad total de potencia de una granja de energía solar producida al mediodía, la energía tendrá que ser desaprovechada y desperdiciada.

Del mismo modo, las mareas y las olas a menudo no coinciden con los tiempos de máxima demanda energética eléctrica.

35 Por consiguiente, es necesario que la energía obtenida a partir de fuentes naturales de energía se almacene de alguna manera para que pueda liberarse durante los períodos de demanda de potencia, según se requiera.

40 Una variedad de técnicas están disponibles para almacenar el exceso de energía para su posterior suministro. Un enfoque para el almacenamiento de energía es el uso de baterías. Baterías de almacenamiento de gran tamaño se han desarrollado sobre una base comercial y se han utilizado tanto en las granjas como en la industria. Las baterías de almacenamiento eléctrico son, sin embargo, objetables debido a problemas relacionados con la durabilidad y mantenimiento. Por otra parte, muchas baterías a gran escala utilizan un electrodo de plomo y electrolito ácido, y estos componentes son peligrosos para el ambiente.

45 La energía también se puede almacenar en ultracondensadores. Un condensador se carga con la corriente de línea de modo que almacena la carga, que puede descargarse rápidamente cuando sea necesario. Circuitos de acondicionamiento apropiados se utilizan para convertir una potencia en una fase y frecuencia apropiadas de CA. Sin embargo, se necesita una gran variedad de este tipo de condensadores para almacenar una cantidad sustancial de energía eléctrica. Los ultracondensadores, si bien son más ecológicos y más duraderos que las baterías, son sustancialmente más costosos, y aún requieren una sustitución periódica debido a la ruptura de los dieléctricos internos, etc.

50 Sistemas hidrobombeados y de aire comprimido son conocidos en la técnica. Por ejemplo, la Patente de Estados Unidos. nº. 4.010.614 describe un sistema para convertir la energía natural en electricidad utilizable. El sistema incluye un depósito elevado para el almacenamiento de exceso de energía. Un colector solar produce vapor para accionar un generador eléctrico y una bomba hidráulica. Cuando la demanda energética eléctrica es inferior a la capacidad del generador, el exceso de energía se utiliza para accionar la bomba hidráulica. El agua se transporta por la bomba hidráulica desde un depósito de nivel bajo hasta un depósito elevado para almacenar de ese modo energía potencial. Cuando la demanda aumenta más allá de la capacidad del generador o cuando el suministro de la

energía solar se reduce suficientemente, el agua del depósito elevado se utiliza para accionar un segundo generador eléctrico.

5 La Patente de Estados Unidos nº. 4.058.070 describe un sistema que utiliza la energía cinética del viento que se convierte en aire comprimido que se almacena, en el sistema, a una presión de salida predeterminada. El aire comprimido se utiliza para accionar una turbina acoplada a un generador de energía eléctrica.

10 La Patente de Estados Unidos nº. 4.206.608 describe un aparato y procedimiento para la utilización de energía natural en la producción de electricidad. La energía natural obtenida a partir de una pluralidad de fuentes naturales de energía se utiliza para presurizar el fluido hidráulico. Una pluralidad de fuentes de energía naturales se utiliza para que las fluctuaciones periódicas e intermitentes en el suministro de energía natural, de una forma particular, puedan compensarse por las otras formas de energía natural. El fluido hidráulico presurizado se suministra a un tanque de almacenamiento de presión en el que un fluido compresible se comprime por el fluido hidráulico presurizado. La energía eléctrica se produce por el fluido hidráulico presurizado y se suministra según sea necesario a diferentes consumidores. El exceso de electricidad que no se necesita por los consumidores se suministra a un motor eléctrico que acciona una bomba hidráulica. El exceso de energía se utiliza de este modo para presurizar el fluido hidráulico que se suministra a los tanques de almacenamiento de alta presión. De esta manera, el exceso de energía se conserva y no se desperdicia innecesariamente.

15 La Patente de Estados Unidos nº. 7.239.035 describe un sistema generación de energía hidráulico bombeado por viento integrado que incluye al menos un dispositivo generador de turbina eólica configurado para generar potencia de salida para un bus común, y al menos un dispositivo generador hidráulico configurado para generar potencia de salida para el bus común. El dispositivo generador hidráulico se acciona por flujo de agua. El dispositivo generador de turbina eólica y el dispositivo generador hidráulico incluyen controles locales correspondientes asociados con los mismos, y un conjunto de controles de supervisión está en comunicación con el bus común y cada uno de los controles locales.

20 Los parques eólicos en alta mar comerciales existentes se basan en la tecnología de bases lecho marino montadas para soportar turbinas eólicas que solo son adecuadas para aguas poco profundas normalmente a profundidades por lo general no superior a 50 metros. Las tecnologías eólicas en alta mar flotantes permiten la explotación de los recursos eólicos sin explotar en sitios de aguas profundas más lejos de la costa, donde los recursos de energía eólica marina son más abundantes y continuos que en la costa. Por otra parte, se espera que los problemas relacionados con impactos visuales, de ruido y ecológicos, así como los posibles conflictos con el envío, la aviación y la vigilancia costera sean una preocupación menor.

25 Por ejemplo, la Patente de los Estados Unidos nº. 8.169.099 describe un aparato de turbina eólica flotante en aguas profundas y los procedimientos de fabricar, operar, mantener, proteger y transportar el aparato de turbina eólica. La turbina eólica incluye un rotor que convierte el movimiento del aire en un movimiento del rotor, un equipo de alojamiento de cubo que transforma el movimiento del rotor en una forma útil de energía, y una torre que soporta el cubo en un extremo. La turbina eólica incluye, además, una base flotante sustancialmente en la superficie del agua y móvil con respecto a la superficie sólida subyacente. La torre se conecta a la base flotante en el segundo extremo. La turbina eólica incluye también un mecanismo de inclinación que inclina la turbina eólica en una orientación sustancialmente horizontal y la lleva de nuevo a una posición vertical, así como un mecanismo giratorio operable para controlar la orientación azimutal de la turbina eólica.

30 La Patente de Estados Unidos nº. 8.662.793 describe un parque eólico flotante que incluye una pluralidad de balsas conectadas entre sí y dispuestas en un cuerpo de agua por debajo del agua a una distancia predeterminada. Una pluralidad de turbinas eólicas se conecta a las balsas flotantes, respectivamente, y se configura para accionarse por el viento y de este modo generar energía. Un generador de energía se conecta a las balsas flotantes. Una pluralidad de anclajes se conecta a las balsas flotantes, respectivamente, y se dispone en el agua para confinar la ubicación de las balsas flotantes. Cada una de las balsas flotantes incluye al menos tres tubos y una pluralidad de bloques de lastre unido a los tubos. Los tubos se configuran para almacenar el aire comprimido por la energía generada por las turbinas eólicas. El generador de energía se configura para generar y producir electricidad a partir del aire comprimido almacenado en los tubos.

35 El documento DE 10 2012 011 492 A1 divulga un sistema de almacenamiento de energía hidroneumático para aguas profundas de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

### **Descripción general de la invención**

El concepto de la invención implica el almacenamiento de agua de mar profunda fría presurizada, lo que permite la explotación simultánea de energía eólica, sol, mareas y olas y la energía térmica disponible en aguas profundas mientras mitiga los problemas procedentes de la intermitencia de las fuentes de energía naturales.

55 Las tecnologías en alta mar de turbinas de viento, olas y marea se basan, por lo general, en sistemas en los que un rotor de turbina de viento, olas o mareas acciona un generador eléctrico que convierte la energía mecánica de giro en energía eléctrica, que a continuación se transporta a tierra a través de una infraestructura eléctrica que consiste en cables y una estación transformadora. Sin embargo, la energía renovable de las tecnologías de turbinas en alta

mar existentes en las que la turbina de viento, olas o mareas se asocia con un generador de energía eléctrica es costosa en emplazamientos marinos situados en áreas relativamente profundas, y especialmente cuando la velocidad del viento o las olas y las corrientes de marea son bajas. Por otra parte, cuando la energía eléctrica se genera directamente por las turbinas de viento, olas o mareas, esta energía no se puede almacenar de manera eficaz como para ser enviada durante los períodos de demanda de potencia, según se requiera. La integración de las tecnologías de turbinas flotantes en aguas profundas con instalaciones de almacenamiento de energía puede mitigar los problemas asociados con el suministro intermitente de energía natural, proporcionando un suministro regulado de agua presurizada de alta mar. La energía potencial de agua presurizada de alta mar puede, por ejemplo, convertirse en electricidad, permitiendo que el agua presurizada de alta mar fluya a través de una turbina hidráulica conectada a un generador eléctrico.

Además, los sitios de aguas profundas proporcionan un inmenso recurso de energía térmica renovable que puede utilizarse para aplicaciones de enfriamiento o calefacción. Este recurso es impulsado por fenómenos termoclinas mediante los cuales el agua de mar experimenta estratificación térmica con la temperatura del agua disminuyendo con profundidad durante la mayor parte del año. Esto es una consecuencia del hecho de que las capas superiores del mar están más expuestas a absorber la radiación solar que las inferiores. En los límites de profundidad mayores, los gradientes de temperatura ya no son evidentes y la temperatura alcanza un nivel estable, independiente de la temporada. Esta variación de temperatura con la profundidad del mar puede dividirse en tres zonas distintas: la capa superior mixta, la termoclina, donde se producen variaciones rápidas de temperatura, y la capa de mar profunda, donde se alcanza una temperatura estable. La temperatura del agua de mar profunda puede ser considerablemente mayor o menor que las temperaturas del aire ambiente en áreas urbanas para la mayor parte del año, proporcionando de este modo el potencial para el enfriamiento o calefacción de edificios. Hay que tomar nota del hecho de que existen importantes poblaciones que viven en zonas costeras adyacentes a los cuerpos de agua profundas. Una porción apreciable de estos lugares tiene demandas de enfriamiento sustanciales. Además, las plantas a gran escala que exigen grandes cantidades de energía para el enfriamiento (por ejemplo, plantas de licuefacción de gas natural) se encuentran también en la costa. Por tanto, existe una necesidad en la técnica para, y sería útil explorar la posibilidad de utilizar las granjas de energía natural en alta mar, situadas en sitios de aguas profundas para extraer agua de mar profunda y almacenarla a alta presión.

Sería útil tener un sistema de almacenamiento de energía hidroneumático situado en sitios de aguas profundas que pueden almacenar agua de mar presurizada y permitir el transporte del agua de mar presurizada hasta la costa para fines de generación de electricidad y enfriamiento. Por ejemplo, en lugar de producir electricidad directamente, las turbinas de viento, olas y mareas individuales bombearían el agua de mar presurizada a una estación hidroeléctrica centralizada para la generación de electricidad y para el enfriamiento en los edificios y procesos industriales. Esto puede dar como resultado la reducción del coste de la energía renovable a partir de los parques eólicos, de olas y mareas, solares marinos.

La presente divulgación satisface la necesidad mencionada de proporcionar un sistema de almacenamiento de energía hidroneumático novedoso para agua de mar profunda (DSW) de acuerdo con la reivindicación 1.

El sistema incluye una estructura de soporte flotante que incluye una plataforma de soporte flotante y una cámara de aire flotante. La cámara de aire flotante se monta en la plataforma de soporte flotante y se configura para contener aire comprimido. El sistema incluye también una estructura montada en el fondo del mar que incluye una cámara acumuladora en el fondo del mar. La cámara acumuladora en el fondo del mar se configura para contener aire comprimido y el DSW para almacenar el DSW a presión del aire comprimido.

La cámara de aire flotante y la cámara acumuladora en el fondo del mar se interconectan neumáticamente con un umbilical de aire. El umbilical de aire incluye un conducto de aire configurado para proporcionar una comunicación neumática para unir el aire comprimido de la cámara de aire flotante con el aire comprimido de la cámara acumuladora en el fondo del mar.

De acuerdo con una realización de la presente invención, la estructura en el fondo del mar montado incluye una tubería de entrada de agua de mar que pasa desde una región de DSW a la cámara acumuladora en el fondo del mar y se acopla hidráulicamente a un puerto de entrada de la cámara acumuladora en el fondo del mar, y una tubería de salida acoplada a la cámara acumuladora en el fondo del mar configurada para descargar el flujo de salida de DSW.

De acuerdo con una realización de la presente invención, la cámara de aire flotante tiene un volumen suficiente para que el aire comprimido en la cámara de aire proporcione la fuerza de flotación necesaria de la plataforma de soporte flotante.

De acuerdo con una realización de la presente invención, el sistema de almacenamiento de energía hidroneumático incluye un conjunto de líneas de amarre configuradas para el anclaje de la estructura de soporte flotante. De acuerdo con un ejemplo, la estructura de soporte flotante se ancla a la estructura montada del fondo del mar. De acuerdo con otro ejemplo, la estructura de soporte flotante se ancla a un lecho marino.

De acuerdo con una realización de la presente invención, la estructura montada en el fondo del mar se fija

rígidamente a un lecho marino por pilotes hincados insertados en el lecho marino.

De acuerdo con otra realización de la presente invención, la estructura montada en el fondo del mar se fija rígidamente al lecho marino a través de un sistema basado en la gravedad.

5 De acuerdo con una realización de la presente invención, la estructura de soporte flotante incluye una válvula de control neumático neumáticamente conectada a la cámara de aire flotante, y configurada para presurizar el sistema de almacenamiento de energía hidroneumático con aire comprimido.

De acuerdo con una realización de la presente invención, la estructura montada en el fondo del mar incluye una válvula de control hidráulico de salida dispuesta en la tubería de salida y configurada para regular el flujo de salida de DSW de la cámara acumuladora en el fondo del mar.

10 De acuerdo con una realización de la presente invención, el sistema de almacenamiento de energía hidroneumático incluye un sistema de control acoplado a la válvula de control neumático y a la válvula de control hidráulico para controlar su operación.

15 De acuerdo con una realización de la presente invención, el sistema de control incluye al menos un sensor de presión neumático, al menos un sensor de presión hidráulico, dos sensores de nivel de agua, al menos un caudalímetro, y un controlador electrónico operativamente acoplado a dicho al menos un sensor de presión neumático, dicho al menos un sensor de presión hidráulico y dicho al menos un caudalímetro.

20 Los sensores de presión neumáticos se configuran para la producción de señales del sensor de la presión de aire representativas de la presión de aire en la cámara de aire flotante y/o la cámara acumuladora en el fondo del mar. Los sensores de presión hidráulicos se configuran para la producción de señales del sensor de presión hidráulico representativas de la presión de DSW dentro de la tubería de entrada de agua de mar y/o dentro de la tubería de salida. Sensores de nivel de agua se pueden disponer dentro de la estructura montada en el fondo del mar y configurarse para la producción de señales de nivel de DSW mínimo y máximo para garantizar que el nivel de DSW dentro de la cámara acumuladora en el fondo del mar se encuentra dentro de un intervalo límite de nivel predeterminado.

25 Los caudalímetros pueden, por ejemplo, disponerse dentro de la tubería de entrada de agua de mar y dentro de la tubería de salida, y se pueden configurar para producir señales del sensor de flujo de DSW representativas del flujo de DSW dentro de la tubería de entrada de agua de mar y dentro de la tubería de salida. El controlador electrónico es sensible a las señales del sensor de la presión de aire, las señales del sensor de presión hidráulico y las señales del sensor de flujo de DSW. El controlador electrónico es, *entre otras cosas*, capaz de generar señales de control para controlar la operación de la válvula de control neumático y la válvula de control hidráulico.

30 De acuerdo con una realización de la presente invención, el sistema de almacenamiento de energía hidroneumático incluye un sistema de compresión dispuesto dentro de la tubería de entrada de agua de mar. El sistema de compresión incluye una bomba configurada para bombear el DSW a través de la tubería de entrada de agua de mar a la cámara acumuladora en el fondo del mar para el almacenamiento del DSW a una presión predeterminada.

35 De acuerdo con una realización de la presente invención, el sistema de almacenamiento de energía hidroneumático incluye además una máquina generadora de energía acoplada con el sistema de compresión y configurada para accionar la bomba.

40 De acuerdo con una realización de la presente invención, la bomba del sistema de compresión es una bomba eléctrica que se acopla a una red de energía eléctrica y funciona con electricidad. De acuerdo con esta realización, la máquina generadora de energía puede incluir al menos un sistema de energía renovable configurado para generar potencia eléctrica de salida y proporcionarla a la red. El sistema de energía renovable se puede seleccionar de un sistema eléctrico de turbina eólica, un sistema eléctrico de turbina de mareas, un sistema eléctrico de turbina de olas de mar y un sistema eléctrico solar.

45 De acuerdo con un ejemplo, la máquina generadora de energía incluye un sistema eléctrico de turbina eólica. El sistema eléctrico de turbina eólica incluye un rotor accionado por el viento, una pluralidad de palas de viento dispuesta en el rotor y configuradas para interceptar vientos dominantes, y un generador eléctrico operativamente acoplado con el rotor y conectado a la red de energía eléctrica. El generador eléctrico se configura para generar potencia eléctrica de salida y proporcionarla a la red.

50 De acuerdo con otro ejemplo, la máquina generadora de energía incluye un sistema eléctrico de turbina de mareas. El sistema de turbina de mareas eléctrico incluye un rotor accionado por la corriente de marea, una pluralidad de palas de viento dispuestas en el rotor y configuradas para interceptar la corriente de marea predominante, y un generador eléctrico operativamente acoplado con el rotor y conectado a la red de energía eléctrica. El generador eléctrico se configura para generar potencia eléctrica de salida y proporcionarla a la red.

55 Cabe señalar que cuando la máquina generadora de energía incluye un sistema eléctrico de turbina (ya sea un sistema de turbina eólica o un sistema de turbina de mareas), la bomba consume electricidad de la red para

bombear el agua de mar profunda presurizada en el sistema de almacenamiento de energía.

De acuerdo con otra realización de la presente invención, la bomba del sistema de compresión es una bomba hidráulica. La máquina generadora de energía incluye al menos un sistema de energía renovable acoplado mecánicamente a dicha bomba hidráulica para el accionamiento de la misma, dicho al menos un sistema de energía renovable se selecciona de un sistema hidráulico de turbina eólica, un sistema hidráulico de turbina de olas de mar y un sistema hidráulico de turbina de mareas.

De acuerdo con un ejemplo, la máquina generadora de energía incluye un sistema hidráulico de turbina eólica. El sistema hidráulico de turbina eólica incluye un rotor accionado por el viento y mecánicamente acoplado a la bomba hidráulica, y una pluralidad de palas de viento dispuestas sobre el rotor y configuradas para interceptar los vientos predominantes.

De acuerdo con otro ejemplo, la máquina generadora de energía incluye un sistema hidráulico de turbina de mareas. El sistema hidráulico de turbina de mareas incluye un rotor accionado por la corriente de marea y mecánicamente acoplado a dicha bomba hidráulica para el accionamiento del mismo, y una pluralidad de palas dispuestas en el rotor y configuradas para interceptar la corriente de marea predominante.

De acuerdo con un aspecto general de la presente invención, se proporciona un conjunto de almacenamiento de energía hidroneumático comprende una pluralidad de los sistemas de almacenamiento de energía hidroneumáticos descritos anteriormente dispuestos en serie e interconectados a través de tuberías de agua de mar.

De acuerdo con un aspecto general de la presente invención, se proporciona un conjunto de almacenamiento de energía hidroneumático que comprende una pluralidad de estructuras de soporte flotantes interconectadas con una pluralidad estructuras montadas en el fondo del mar a través de las tuberías de agua de mar profunda y a través de tuberías neumáticas. Las estructuras montadas en el fondo del mar se disponen en serie y se conectan entre sí a través de tuberías de agua de mar, en las que la cámara de aire flotante de cada estructura de soporte flotante se interconecta con las cámaras acumuladoras en el fondo del mar de dos estructuras montadas en el fondo del mar vecinas a través de tuberías neumáticas.

El sistema de almacenamiento de energía de la presente invención tiene muchas de las ventajas de las técnicas de la técnica anterior, mientras supera simultáneamente algunas de las desventajas normalmente asociadas con la misma.

La integración propuesta de un sistema de almacenamiento de energía en las estructuras de soporte flotante en aguas profundas permite el almacenamiento de agua de mar profunda fría presurizada, por lo que es posible almacenar simultáneamente la energía recibida a partir de fuentes naturales de energía en dos formas, tales como: (i) energía potencial, que puede ser convertida en electricidad al permitir que la presión de agua de mar profunda fluya a través de una turbina hidráulica conectada a un generador eléctrico; y (ii) energía renovable térmica adecuada para fines de enfriamiento.

El concepto de hacer que turbinas eólicas bombeen agua de mar presurizada directamente, en lugar de generar electricidad, se espera que ofrezca algunas otras ventajas importantes en la explotación de energía eólica en alta mar: el mismo facilitaría la integración de la energía eólica, solar, mareomotriz y/o de las olas con dispositivos de extracción de energía de las olas, sistemas de almacenamiento de energía y plantas de desalinización por ósmosis inversa. Asimismo, se reduciría la necesidad de materiales de cobre y de tierras raras. Además de reducir potencialmente los costes reduciendo al mínimo el uso de materiales de cobre y de tierras raras necesarios para los sistemas eléctricos, este enfoque puede facilitar la integración de parques de energía eólica, solar, mareomotriz y/o de las olas con los sistemas de almacenamiento de energía hidráulicos, mitigando así los problemas asociados con la congestión y la estabilidad de la red.

Una ventaja adicional del sistema de almacenamiento de energía divulgado en la presente memoria es que permite mitigar los problemas asociados con el suministro intermitente y poco fiable de energía natural, proporcionando un suministro regulado de agua de mar profunda presurizada y fría.

Una ventaja adicional del sistema de almacenamiento de energía divulgado en la presente memoria es que puede actualizarse continuamente para tener un tamaño, según sea necesario, que es eficaz para el almacenamiento de energía tanto a largo plazo como a corto plazo.

El sistema de almacenamiento de energía hidroneumático de la presente invención requiere solamente un mínimo de piezas móviles. A diferencia de otras tecnologías de almacenamiento de energía, tales como baterías, el sistema tiene una larga vida de servicio y su rendimiento no se degrada con el número de ciclos de almacenamiento de energía. Además, los materiales utilizados se limitan principalmente a acero/hormigón.

Mediante la utilización de turbinas hidráulicas de viento, olas y mareas que proporcionan un suministro directamente presurizado de DSW, la energía se almacena en la forma generada, reduciendo por tanto las pérdidas asociadas con el almacenamiento de energía.

El almacenamiento de DSW presurizada en el lecho marino en vez de en la estructura de soporte flotante superior, asegura que la estabilidad flotante no se vea influenciada por las operaciones de almacenamiento de energía y que el DSW almacenada no se calentará sino más bien mantendrá fija la temperatura en el fondo del mar.

5 La cámara de aire comprimido en la plataforma de soporte flotante puede ser fácilmente accesible para su presurización/de-presurización durante su instalación y mantenimiento a través de una válvula situada en la estructura de soporte flotante superior.

10 El sistema de almacenamiento de energía hidroneumático de la presente invención permite una red hidráulica con presión más estable debido a la maximización del uso de volumen para el aire comprimido mediante el volumen de la estructura flotante superior. Esta disposición puede facilitar aún más la integración de los parques eólicos marinos con otras tecnologías de energías renovables marinas intermitentes (como la energía de las olas y corrientes marinas), así como plantas de desalinización basadas en tecnologías de ósmosis inversa.

La integración del sistema de almacenamiento con base hidráulica propuesto permite la instalación de tuberías más pequeñas (por lo tanto, más baratas) en diámetro en los parques eólicos, de olas y mareas en base a la transmisión de energía hidráulica.

15 La comercialización de tecnologías de energía eólica marina flotante en un futuro próximo abrirá un sinfín de oportunidades para desarrollar grandes parques eólicos en alta mar capaces de satisfacer una parte considerable de la demanda energética. Sin embargo, los problemas técnicos procedentes de la intermitencia en el viento y otras fuentes de energía naturales son considerados como los principales obstáculos para la integración de grandes fuentes naturales en alta mar en las redes nacionales. Por lo tanto, la integración de los sistemas de almacenamiento de energía se considera como un avance crucial para facilitar la explotación de la fuerza de las  
20 fuentes de energía naturales en una escala amplia. La minimización de los costes de almacenamiento de energía mediante la optimización de la eficacia de almacenamiento de energía y la minimización de los costes de infraestructura adicionales requeridos son críticos para mantener la producción de energía eólica dentro de los límites factibles.

25 Por tanto, se han representado, más bien ampliamente, las características más importantes de la invención para que la siguiente descripción detallada de la misma se pueda entender mejor. Detalles y ventajas adicionales de la invención se expondrán en la descripción detallada, y en parte se apreciarán a partir de la descripción, o pueden aprenderse por la práctica de la invención.

### **Breve descripción de los dibujos**

30 Con el fin de entender la invención y para ver cómo se puede poner en práctica, a continuación se describirán realizaciones, a modo de ejemplo no limitativo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la **Figura 1** es una vista en sección transversal esquemática de un sistema de almacenamiento de energía hidroneumático, de acuerdo con una realización de la presente invención;

35 la **Figura 2** es una vista en sección transversal esquemática de un conjunto de almacenamiento de energía hidroneumático, de acuerdo con una realización de la presente invención;

la **Figura 3** es una vista en sección transversal esquemática de un conjunto de almacenamiento de energía hidroneumático, de acuerdo con otra realización de la presente invención;

40 la **Figura 4** es una vista en sección transversal esquemática del sistema de almacenamiento de energía hidroneumático conectado a una red de suministro eléctrico, de acuerdo con una realización de la presente invención;

la **Figura 5** es una vista en sección transversal esquemática del sistema de almacenamiento de energía hidroneumático configurado para utilizar la energía eólica para proporcionar y almacenar DSW presurizada, de acuerdo con una realización de la presente invención;

45 la **Figura 6** es una vista en sección transversal esquemática del sistema de almacenamiento de energía hidroneumático configurado para utilizar la energía eólica para proporcionar y almacenar DSW presurizada, de acuerdo con otra realización de la presente invención;

la **Figura 7** es una vista en sección transversal esquemática del sistema de almacenamiento de energía hidroneumático configurado para utilizar la energía mareomotriz para proporcionar y almacenar DSW presurizada, de acuerdo con una realización de la presente invención;

50 la **Figura 8** es una vista en sección transversal esquemática del sistema de almacenamiento de energía hidroneumático configurado para utilizar la energía mareomotriz para proporcionar y almacenar DSW presurizada, de acuerdo con otra realización de la presente invención;

55 la **Figura 9** es una vista en sección transversal esquemática del sistema de almacenamiento de energía hidroneumático configurado para utilizar energía solar, eólica, de las olas del mar y mareomotriz para proporcionar y almacenar DSW presurizada, de acuerdo con una realización de la presente invención; y

la **Figura 10** es una vista en sección transversal esquemática del sistema de almacenamiento de energía hidroneumático configurado para utilizar la energía renovable de fuentes naturales, de acuerdo con otra realización de la presente invención.

**Descripción detallada de las realizaciones**

Los principios y la operación del sistema de almacenamiento de energía hidroneumático de acuerdo con la presente invención pueden entenderse mejor con referencia a los dibujos y la descripción adjunta. Debe entenderse que estos dibujos se dan solamente con fines ilustrativos y no pretenden ser limitantes. Cabe señalar que las Figuras que ilustran varios ejemplos del sistema de la presente invención no están a escala, y no están en proporción, para fines de claridad. Cabe señalar que se pretende que los bloques así como otros elementos en estas Figuras sean entidades funcionales solamente, de tal manera que se muestran las relaciones funcionales entre las entidades, en lugar de las conexiones físicas y/o relaciones físicas. Los mismos números de referencia y caracteres alfabéticos se utilizan para la identificación de aquellos componentes que son comunes en el sistema de almacenamiento de energía hidroneumático y sus componentes se muestra en los dibujos a lo largo de la presente descripción de la invención. Ejemplos de construcciones se proporcionan para los elementos seleccionados. Aquellos versados en la materia deberán apreciar que muchos de los ejemplos proporcionados tienen alternativas adecuadas que se pueden utilizar.

Haciendo referencia a la **Figura 1**, se ilustra una vista en sección transversal esquemática de un sistema **10** de almacenamiento de energía hidroneumático se ilustra, de acuerdo con una realización de la presente invención. El sistema **10** de almacenamiento de energía hidroneumático incluye una estructura **11** de soporte flotante y una estructura **12** montada en el fondo del mar.

De acuerdo con algunas realizaciones, la estructura **11** de soporte flotante incluye una plataforma **14** de soporte flotante y una cámara **111** de aire flotante que tiene un volumen para contener aire comprimido, y se monta en la plataforma **14** de soporte flotante. El volumen de la cámara **111** de aire tiene un valor suficiente para proporcionar la fuerza de flotación necesaria para la plataforma **14** de soporte flotante.

Debe entenderse que la estructura flotante de la estructura **11** de plataforma de soporte flotante puede proporcionar también soporte para los sistemas y servicios auxiliares relacionados con, pero no limitado a, la operación del parque eólico/sistemas de mantenimiento (no mostrados) en alta mar, infraestructuras de petróleo y gas (no mostradas), una isla flotante artificial (no mostrada) que puede utilizar el sistema **10** de almacenamiento de energía hidroneumático para la generación de energía eléctrica para un red, proporcionar enfriamiento para edificios y sistemas técnicos, así como otros servicios.

De acuerdo con algunas realizaciones, la estructura **12** montada en el fondo del mar incluye una cámara **122** del acumulador en el fondo del mar, que permite almacenar agua de mar profunda bajo presión del aire comprimido situado en la cámara **122** del acumulador en el fondo del mar. La estructura **12** montada en el fondo del mar incluye también una tubería **123** de entrada de agua de mar que pasa desde una región de DSW a la cámara **122** del acumulador en el fondo del mar. La tubería **123** de entrada de agua de mar se acopla hidráulicamente a un puerto **135** de entrada de la cámara **122** del acumulador en el fondo del mar. Cuando se desea, el extremo **124** de entrada de la tubería **123** de entrada de agua de mar se puede extender más mar adentro de la estructura **11** de soporte flotante a la fuente de DSW más fría en aguas más profundas.

La cámara **111** de aire flotante se interconecta a la cámara **122** del acumulador en el fondo del mar a través de un umbilical **15** de aire. El umbilical **15** de aire incluye un conducto de aire que proporciona una comunicación neumática propicia para la vinculación de los volúmenes de aire comprimido de la cámara **111** de aire flotante y la cámara **122** del acumulador en el fondo del mar. El umbilical **15** de aire permite aumentar efectivamente el volumen de aire comprimido de la cámara **122** del acumulador en el fondo del mar, mejorando así las características de respuesta transitoria de presión del sistema de almacenamiento de energía bajo la influencia de una entrada intermitente de DSW suministrada por una máquina generadora de energía en la cámara **122** del acumulador en el fondo del mar.

La estructura **11** de soporte flotante se puede mantener en una posición estable a través de un conjunto de líneas **112** de amarre configuradas para el anclaje de la estructura **11** de soporte flotante. De acuerdo con la realización mostrada en la **Figura 1**, la estructura **11** de soporte flotante se ancla a la estructura **12** montada en el fondo del mar. De acuerdo con otra realización, la estructura **11** de soporte flotante se puede anclar directamente al lecho **15** marino.

De acuerdo con la realización mostrada en la **Figura 1**, la estructura **12** montada en el fondo del mar se fija rígidamente al lecho **15** marino a través de elementos estructurales, incluyendo un conjunto de pilotes **121** hincados que se pueden insertar en el lecho **15** marino. De acuerdo con otra realización, la estructura **12** montada en el fondo del mar se puede fijar rígidamente al lecho **15** marino a través de un sistema basado en la gravedad (no mostrado) que incluye los balastos que descansan sobre el fondo del mar o anclajes en función del tipo de lecho marino y la profundidad del lugar de instalación.

Como se muestra en **Figura 1**, la estructura **11** de soporte flotante del sistema **10** de almacenamiento de energía hidroneumático incluye una cámara **111** de aire flotante montada sobre la plataforma **14** de soporte flotante. Debe entenderse que cuando se desea una pluralidad de las cámaras **111** de aire comprimido flotantes se puede utilizar para lograr el aumento del volumen de aire comprimido, que puede utilizarse simultáneamente para la flotabilidad y

la estabilidad. Este volumen adicional puede absorber los transitorios de presión resultantes de los cambios en el estado de carga de la cámara **122** del acumulador en el fondo del mar.

5 La presión de aire-hidráulica dentro de la cámara **111** de aire flotante que comunica con la cámara **122** del acumulador en el fondo del mar debería ser suficiente para proporcionar agua de mar a diversos generadores de electricidad y sistemas de enfriamiento hidráulicos. Por ejemplo, la presión de aire-hidráulica dentro de la cámara **111** de aire flotante puede estar en el intervalo de aproximadamente 150 bar a 160 bar.

10 Debe entenderse que, en general, la cámara **111** de aire flotante y la cámara **122** del acumulador en el fondo del mar puede tener cualquier forma deseada y estar construida de un metal, plástico o material compuesto adecuado con espesor de las paredes apropiadas para soportar la tensión en las paredes causadas por la presión de aire-hidráulica dentro de la cámara **111** de aire flotante y la cámara **122** del acumulador en el fondo del mar.

15 De acuerdo con una realización, la estructura **11** de soporte flotante incluye una válvula **113** de control neumático instalada en un colector **114** conectado neumáticamente a la cámara **111** de aire flotante y configurado para permitir que el sistema de almacenamiento de energía hidroneumático se presurice con aire comprimido. La cámara **111** de aire flotante del sistema **10** de almacenamiento hidroneumático puede pre-cargarse con aire utilizando uno o más compresores de aire (no mostrado) que pueden ser parte del sistema o situarse en una infraestructura extraíble, como una barcaza (no mostrada). La válvula **113** de control neumático puede, por ejemplo, situarse en un área no humedecida de la plataforma **14** de soporte flotante donde es fácilmente accesible. Cuando se requiere, el sistema **10** también puede incluir una o varias válvulas de seguridad (no mostradas) que pueden abrirse automáticamente cuando la presión en la cámara **111** de aire flotante alcanza un nivel peligroso.

20 De acuerdo con una realización, la estructura **12** montada en el fondo del mar incluye una tubería **125** de salida acoplada a una salida **127** de la cámara **122** del acumulador en el fondo del mar. La tubería **125** de salida está equipada con una válvula **126** de control hidráulico de salida dispuesta en la tubería **125** de salida. La válvula **126** de control hidráulico se configura para regular el flujo de DSW desde el sistema de tal manera que una velocidad de flujo deseada a la salida del DSW se mantiene durante periodos de tiempo específicos a través de la tubería **125** de salida.

25 Durante la operación, el agua de mar profunda transferida a través de la tubería **125** de salida se puede suministrar a una turbina hidráulica (no mostrado) acoplada a un generador eléctrico para la generación de electricidad. Después de pasar a la turbina hidráulica, el agua de mar profunda puede todavía utilizarse para fines de enfriamiento, siempre que la presión de salida sea lo suficientemente alta como para permitir el flujo del agua de mar profunda a través de la tubería hasta el punto donde se requiere tal enfriamiento.

30 De acuerdo con algunas realizaciones, el sistema **10** de almacenamiento de energía hidroneumático incluye un sistema de control indicado generalmente con el número de referencia **17**. El sistema **17** de control se acopla, *entre otras cosas*, a la válvula **113** de control neumático y a la válvula **126** de control hidráulico de salida.

35 El sistema **17** de control es un sistema informático distribuido a lo largo de la plataforma **14** de soporte flotante y la estructura **12** montada en el fondo del mar. Por lo general, el sistema **17** de control puede incluir, sin limitaciones, caudalímetros, sensores, accionadores, dispositivos, así como otros dispositivos de monitoreo similares o adecuados. Cada uno puede ser un componente disponible en el mercado. El sistema **17** de control incluye también un controlador **170** electrónico programado con un modelo de software almacenado en un medio legible por ordenador (no mostrado), y configurado para controlar la operación del sistema **10** de almacenamiento de energía hidroneumático.

40 En la realización ejemplar mostrada en la **Figura 1**, el controlador **170** electrónico del sistema de control se instala en la plataforma **14** de soporte flotante. Sin embargo, cuando se desea, el controlador electrónico del sistema de control se puede instalar en la estructura **12** montada en el fondo del mar. Del mismo modo, el controlador electrónico del sistema de control se puede disponer en alguna posición intermedia en el sistema.

45 Para la medición de presión del aire dentro de la cámara **111** de aire flotante y dentro del volumen de la cámara **122** del acumulador en el fondo del mar que no está ocupado por el DSW, el sistema de control incluye uno o más sensores de presión neumáticos (no mostrados) que pueden operarse para producir señales de los sensores de presión de aire durante la operación del sistema. Asimismo, el sistema de control incluye uno o más sensores de presión hidráulicos (no mostrados) que pueden operarse para producir señales del sensor de presión hidráulico a lo largo de la operación del sistema. La ubicación de los sensores de presión neumáticos e hidráulicos depende de la configuración específica del sistema. Por ejemplo, los sensores de presión neumáticos se pueden disponer en la cámara **111** de aire flotante y/o en la cámara **122** del acumulador en el fondo del mar. A su vez, los sensores de presión hidráulicos se pueden disponer dentro de la tubería **123** de entrada de agua de mar para medir una presión del flujo de entrada y dentro de la tubería **125** de salida para medir una presión del flujo de salida. Cuando se requiera, el sistema **17** de control puede alertar al operario de cualquier caída de presión perjudicial. Las señales del sensor de presión hidráulico y gas pueden transmitirse al controlador **170** electrónico a través de un cable de conexión, o de forma inalámbrica.

55 De acuerdo con algunas realizaciones, el sistema **17** de control incluye un sensor **128** de nivel de agua superior y un

sensor **129** de nivel inferior dispuesto dentro de la cámara **122** del acumulador en el fondo del mar de la estructura **12** montada en el fondo del mar. El sensor **128** de nivel de agua superior y el sensor **129** de nivel inferior se configuran para producir señales de niveles mínimo y máximo de DSW, de manera correspondiente, para asegurar que el nivel de DSW dentro de la cámara **122** del acumulador en el fondo del mar se encuentre dentro de un intervalo de límite de nivel predeterminado.

Para proporcionar una regulación de la velocidad de flujo, el sistema **17** de control del sistema **10** de almacenamiento de energía hidroneumático puede incluir uno o más caudalímetros dispuestos dentro de la tubería **123** de entrada de agua de mar y dentro de la tubería **125** de salida, y configurados para producir señales del sensor de flujo de DSW representativas del flujo de entrada de DSW dentro de la tubería de entrada de agua de mar y del flujo de salida de DSW dentro de la tubería **125** de salida, de manera correspondiente.

El controlador **170** electrónico se acopla operativamente a los sensores de presión neumáticos, el sensor de presión hidráulico, sensores de nivel de agua y a los caudalímetros para el bombeo de forma controlable el DSW a la cámara **122** del acumulador en el fondo del mar y para la descarga controlable del DSW de la cámara **122** del acumulador en el fondo del mar. El controlador **170** electrónico responde, *entre otras cosas*, a las señales del sensor de la presión de aire, las señales hidráulicas del sensor de presión, las señales de niveles mínimo y máximo de DSW y las señales del sensor de flujo de DSW, respectivamente. El controlador **170** electrónico es capaz de generar señales de control para controlar la operación de la válvula **113** de control neumático y la válvula **126** de control hidráulico de salida. La ubicación de los caudalímetros a lo largo de la tubería **123** de entrada de agua de mar y dentro de la tubería **125** de salida depende de la configuración específica del sistema.

En particular, cuando el nivel de DSW se hace menor que el límite de nivel inferior, el controlador **170** electrónico genera una señal de control para cerrar la válvula **126** de control hidráulico. Esto permite evitar que se pierda aire comprimido y de tener que despresurizar el sistema. Del mismo modo, cuando el nivel de DSW excede un límite de nivel superior, el controlador **170** electrónico genera señales de control para abrir la válvula **126** de control hidráulico, para disminuir el nivel a un valor deseado.

El flujo de descarga del DSW dentro de la tubería **125** de salida se puede medir por un caudalímetro **163** de salida que se puede operar para producir una señal del sensor de flujo de salida de DSW. El caudalímetro **163** se acopla al controlador **170** electrónico del sistema de control que responde, *entre otras cosas*, a la señal del sensor de flujo de salida de DSW y es capaz de generar una señal de control de válvula para controlar la operación de la válvula **126** de control hidráulico. En función de los atributos de potencia del sistema **10** de almacenamiento de energía hidroneumático (disponibilidad de entrada y demanda de salida), una velocidad de flujo de salida deseada del sistema se puede especificar y mantener por el controlador **170** electrónico durante la operación del sistema, mientras que la presión hidráulica lineal se mantiene por la presión del gas en la cámara **111** de aire flotante y/o en la cámara **122** del acumulador en el fondo del mar. La válvula **126** de control hidráulico de salida asegura un suministro estable de DSW presurizada para producir una salida de potencia eléctrica constante durante periodos estipulados, superando por tanto ciertos problemas técnicos encontrados con la tecnología convencional cuando se alimenta electricidad a la red.

De acuerdo con algunas realizaciones, el sistema **10** de almacenamiento de energía hidroneumático incluye un sistema de compresión que se indica esquemáticamente con el número de referencia **13**. El sistema **13** de compresión incluye una máquina generadora de energía (no mostrado) y una bomba **132** acoplada con la máquina generadora de energía, y configurada para el bombeo de agua de mar profunda (DSW) en la cámara **122** del acumulador en el fondo del mar. En la cámara **122** del acumulador en el fondo del mar, el DSW está presurizada, por lo tanto también comprimiendo aire. La DSW presurizada se almacena a alta presión en el sistema **10** de almacenamiento de energía hidroneumático. El sistema **13** de compresión se acopla hidráulicamente a un puerto **135** de entrada de la cámara **122** del acumulador en el fondo del mar a través de la tubería **123** de entrada de agua de mar. Varias implementaciones del sistema **13** de compresión se describirán a continuación.

De acuerdo con algunas realizaciones, el controlador **170** electrónico está también operativamente acoplado a la bomba **132** para bombear de forma controlable DSW en la cámara **122** del acumulador en el fondo del mar. En particular, cuando el nivel de DSW se hace menor que el límite de nivel inferior, en respuesta a la señal de nivel mínimo de DSW del sensor **129** de nivel inferior, el controlador **170** electrónico genera una señal de control para cerrar la válvula **126** de control hidráulico y/o active la bomba **132** para iniciar el bombeo de agua de mar profunda en la cámara **122** del acumulador en el fondo del mar. Por otro lado, cuando el nivel de DSW en la cámara **122** del acumulador en el fondo del mar excede un límite de nivel superior, en respuesta a la señal de nivel máximo de DSW del sensor **128** de nivel superior, el controlador **170** electrónico genera una señal de control para abrir la válvula **126** de control hidráulico y/o invertir la bomba **132** para parar el bombeo de agua de mar profunda en la cámara **122** del acumulador en el fondo del mar, para disminuir el nivel a un valor deseado.

El aire comprimido dentro de la cámara **111** de aire flotante y dentro del volumen de la cámara **122** del acumulador en el fondo del mar sirve la función de un acumulador neumático en amortiguación de las fluctuaciones en la presión que surgen del suministro intermitente de DSW desde la máquina generadora de energía y los transitorios inducidos por la operación de la válvula **126** de control hidráulico de salida. La capacidad de almacenamiento de energía del sistema propuesto depende de la presión y del volumen de DSW contenida en la cámara **122** del acumulador en el

fondo del mar. Si bien el volumen se fija en función del diseño de la estructura adoptada, la presión se puede variar dependiendo de los requerimientos operacionales del sistema. Cabe señalar que de acuerdo con la invención propuesta, cualquier pérdida de presión neumática no haría que el sistema **10** de almacenamiento de energía hidroneumático se volviese estructuralmente inestable.

5 Haciendo referencia a la **Figura 2**, se ilustra una vista en sección transversal esquemática de un conjunto **20** de almacenamiento de energía hidroneumático, de acuerdo con una realización de la presente invención. De acuerdo con esta realización, un conjunto de almacenamiento de energía hidroneumático incluye una pluralidad de los sistemas de almacenamiento de energía hidroneumáticos (**10** mostrados en la **Figura 1**) que se disponen en serie y se interconectan a través de tuberías de agua de mar. Una configuración de este tipo proporciona una mayor  
10 flotabilidad y estabilidad al sistema de almacenamiento.

Como se muestra en la **Figura 2**, el DSW se proporciona por el sistema **13** de compresión en la cámara **122** del acumulador en el fondo del mar del primer sistema **10a** de almacenamiento de energía hidroneumático a través de la tubería **123** de entrada de agua de mar. Una tubería **145** de salida de la estructura montada en el fondo del mar del primer sistema **10a** de almacenamiento de energía hidroneumático se acopla a un puerto **135** de entrada de la  
15 cámara **122** del acumulador en el fondo del mar del segundo sistema **10b** de almacenamiento de energía hidroneumático y así sucesivamente. Las cámaras **111** de aire flotantes de los sistemas **10a**, **10b**, etc., de almacenamiento se acoplan por tuberías **155** neumáticas.

En este caso, la tubería de salida del sistema **10a** de almacenamiento funciona como una tubería de entrada de agua de mar del segundo sistema **10b** de almacenamiento. El agua de mar profunda que sale del último sistema de  
20 almacenamiento de energía hidroneumático (en serie) se puede suministrar a una turbina hidráulica (no mostrada) acoplado a un generador eléctrico (no mostrado) para la generación de electricidad. Después de pasar a la turbina hidráulica, el agua de mar profunda puede todavía utilizarse para fines de enfriamiento, siempre que la presión de salida sea lo suficientemente alta como para permitir el flujo del agua de mar profunda a través de la tubería hasta el punto donde se requiere tal enfriamiento.

25 Haciendo referencia a la **Figura 3**, se ilustra una vista en sección transversal esquemática de un conjunto **30** de almacenamiento de energía hidroneumático, de acuerdo con otra realización de la presente invención. Esta realización es adecuado en los casos en los puntos de anclaje se tiene que ubicar considerablemente lejos de la máquina generadora de energía montada en las estructuras **11** de soporte flotantes. Esta configuración se puede instalar en una forma de servir el doble propósito de actuar como localizaciones de anclaje y también como  
30 almacenamiento de energía.

Como se muestra en la **Figura 3**, el conjunto **30** de almacenamiento de energía hidroneumático incluye una pluralidad de las estructuras **11** de soporte flotantes interconectadas con una pluralidad de estructuras **12** montadas en el fondo del mar a través de tuberías **145** de agua de mar profunda y a través de tuberías **155** neumáticas. Específicamente, la estructuras **12** montadas en el fondo del mar del conjunto **30** se disponen en serie y se  
35 interconectan a través de tuberías **145** de agua de mar similares al conjunto (**20** en la **Figura 2**). El agua de mar profunda que sale de la última estructura **12** montada en el fondo del mar (en serie) del conjunto **30** se puede suministrar a una turbina hidráulica eléctrica para la generación de electricidad y también utilizada para fines de enfriamiento.

El conjunto **30** de almacenamiento de energía hidroneumático difiere del conjunto (**20** en **Figura 2**) en el hecho de que la cámara **111** de aire flotante de cada estructura **11** de soporte flotante se interconecta con las cámaras **122** del acumulador en el fondo del mar de dos estructuras **12** montadas en el fondo del mar vecinas a través de tuberías  
40 **155** neumáticas, sin embargo, también se contemplan otras configuraciones de interconexión. De acuerdo con la realización mostrada en la **Figura 3**, todas las cámaras **111** de aire comprimido flotantes y las cámaras **122** del acumulador en el fondo del mar se comunican, formando de ese modo un volumen de aire común compuesto de volúmenes de aire de las cámaras **111** de aire comprimido flotantes y los volúmenes de aire de las cámaras **122** del acumulador en el fondo del mar. Este volumen combinado puede facilitar el suavizado de los transitorios de presión resultantes de los cambios en el estado de carga de la última cámara **122** del acumulador en el fondo del mar.

Los conjuntos **11** de soporte flotantes se pueden mantener en una posición estable a través de un conjunto de líneas **112** de amarre configuradas para el anclaje de la estructura **11** de soporte flotante. De acuerdo con la realización mostrada en la **Figura 3**, las estructuras **11** de soporte flotantes se anclan a las estructuras **12** montadas en el fondo del mar. De acuerdo con algunas realizaciones, amarres de catenaria se utilizan como líneas de anclaje para el  
50 anclaje de las estructuras **11** de soporte flotantes.

Volviendo ahora a las **Figuras 4 a 8**, diversos tipos de sistemas **13** de compresión adecuados para proporcionar agua de mar profunda (DSW) al sistema **10** de almacenamiento de energía hidroneumático se describen a continuación para el almacenamiento de DSW a alta presión. Cabe señalar que no todos los componentes del sistema **10** de almacenamiento de energía hidroneumático se muestran y/o indican en estas figuras, pero sobre todo aquellos que son necesarios para la descripción de la operación del sistema **13** de compresión.  
55

La **Figura 4** es una vista en sección transversal esquemática del sistema **10** de almacenamiento de energía

hidroneumático conectado a una red de suministro eléctrica, de acuerdo con una realización de la presente invención.

Esta realización permite la integración del sistema **10** de almacenamiento de energía en una red de energía eléctrica en alta mar. De acuerdo con esta realización, la bomba **132** del sistema **13** de compresión es una bomba eléctrica que se acopla a una red **41** de energía eléctrica en alta mar y accionada por electricidad. Durante la operación, la bomba **132** bombea agua de mar profunda y la suministra a las cámaras **122** del acumulador en el fondo del mar, donde el DSW se almacena a alta presión. Esta realización permite el exceso de energía eléctrica en la red de energía eléctrica en alta mar a ser convertida en energía hidráulica, y a almacenarse en el sistema a través de la compresión de aire.

La energía hidráulica se puede convertir en electricidad y se alimenta a la red. Por lo tanto, el DSW que sale del sistema de almacenamiento de energía hidroneumático se puede suministrar de forma controlable a una presión deseada a una unidad **42** de potencia hidroeléctrica en alta mar **41**. La unidad **42** de potencia hidroeléctrica incluye una turbina hidráulica (no mostrada) acoplada a un generador eléctrico (no mostrado). Cuando se desea, el agua de mar profunda sale de la unidad **42** de potencia hidroeléctrica puede todavía utilizarse para fines de enfriamiento, siempre que la presión de salida sea lo suficientemente alta como para permitir el flujo del agua de mar profunda a través de la tubería hasta el punto donde se requiere tal enfriamiento.

El sistema **10** de almacenamiento de energía hidroneumático se puede integrar con turbinas eólicas eléctricas flotantes en alta mar. La **Figura 5** es una vista en sección transversal esquemática del sistema **10** de almacenamiento de energía hidroneumático configurado para utilizar la energía eólica para proporcionar y almacenar DSW presurizada, de acuerdo con una realización de la presente invención.

De acuerdo con esta realización, el sistema **13** de compresión del sistema **10** de almacenamiento de energía hidroneumático se monta sobre la plataforma **14** de soporte flotante de la estructura **11** de soporte flotante. Como se ha descrito anteriormente, el sistema **13** de compresión incluye la bomba **132** acoplada con la máquina 130 generadora de energía, y configurada para el bombeo y presurización de agua de mar para almacenarla a alta presión.

De acuerdo con esta realización, la máquina 130 generadora de energía del sistema **13** de compresión incluye un sistema **51** eléctrico de turbina eólica dispuesto sobre una torre **134** que se monta en la plataforma **14** de soporte flotante, sin embargo otras disposiciones del sistema **51** eléctrico de turbina eólica se contemplan también. En este caso la estructura **11** de soporte flotante superior cumple un doble papel: (i) proporcionar el empuje necesario hacia arriba para soportar el sistema **51** eléctrico de turbina eólica flotante y (ii) servir como una plataforma para sostener la cámara **111** de aire.

El sistema **51** eléctrico de turbina eólica tiene una pluralidad de palas **133** de viento dispuestas para interceptar vientos predominantes, un rotor **135** accionado por el viento y un generador **52** eléctrico. El generador **52** eléctrico puede, por ejemplo, disponerse en una góndola **136** del sistema **131** de turbina y conectarse a una red **53** de energía eléctrica en alta mar. El rotor **135** del sistema **51** eléctrico de turbina eólica se acopla operativamente con el generador **52** eléctrico para generar una salida de energía eléctrica y proporcionarla a la red.

El sistema **51** eléctrico de turbina eólica flotante genera electricidad y, por lo tanto, se interconecta eléctricamente con el sistema de almacenamiento y la red. Similar a la realización mostrada en la **Figura 4**, la bomba **132** del sistema **13** de compresión se acopla a la red **53** de energía eléctrica en alta mar. Durante la operación, la bomba **132** es alimentada por la red eléctrica, bombea agua de mar profunda y la suministra a las cámaras **122** del acumulador en el fondo del mar, donde el DSW se almacena a alta presión.

La DSW que sale del sistema de almacenamiento de energía hidroneumático se puede suministrar de forma controlable a una presión deseada a la unidad **42** de potencia hidroeléctrica. El agua de mar profunda que sale de la unidad **42** de potencia hidroeléctrica puede todavía utilizarse para fines de enfriamiento, siempre que la presión de salida sea lo suficientemente alta como para permitir el flujo del agua de mar profunda a través de la tubería hasta el punto donde se requiere tal enfriamiento.

La **Figura 6** es una vista en sección transversal esquemática del sistema **10** de almacenamiento de energía hidroneumático configurado para utilizar la energía eólica para proporcionar y almacenar DSW presurizada, de acuerdo con otra realización de la presente invención. De acuerdo con esta realización, el sistema **13** de compresión del sistema **10** de almacenamiento de energía hidroneumático incluye la bomba **132** que también se monta en la plataforma **14** de soporte flotante de la estructura **11** de soporte flotante.

En este caso, la máquina 130 generadora de energía asociada con el sistema **13** de compresión incluye un sistema **61** hidráulico de turbina eólica. El sistema **61** hidráulico de turbina eólica puede, por ejemplo, disponerse en la torre **134** que se monta en la plataforma **14** de soporte flotante, sin embargo otras disposiciones de la instalación **61** eólica hidráulica se contemplan también. Por ejemplo, el sistema hidráulico de turbina eólica se puede montar en un mástil (no mostrado) fijado al lecho marino.

A diferencia de la realización mostrada en la **Figura 5**, en el caso mostrado en la **Figura 6**, el generador eléctrico (**52**

5 en la **Figura 5**) se sustituye por una bomba que suministra agua de mar presurizada al sistema **10** de almacenamiento de energía hidroneumático. El sistema **61** hidráulico de turbina eólica tiene una pluralidad de palas **133** de viento dispuestas para interceptar los vientos predominantes y un rotor **135** accionado por el viento. De acuerdo con esta realización, el rotor **135** de la instalación **61** eólica hidráulica se acopla de forma operativa con la bomba **132** que se dispone en una góndola **136** del sistema **61** de turbina eólica. Un ejemplo de la bomba **132** incluye, pero no se limita a, una bomba hidráulica de desplazamiento positivo. El rotor **135** puede, por ejemplo, conectarse directamente a la bomba **132** hidráulica.

10 Durante la operación, el agua de mar profunda (DSW) fluye hacia arriba y hacia abajo de la torre de la turbina por medio de la bomba **132** hidráulica. La bomba **132** puede, por ejemplo, ser una bomba de carga de presión para permitir que el agua suba a la torre. La bomba **132** se acopla operativamente para arrastrar DSW través de la tubería **123** de agua de mar para suministrar el DSW a la cámara **122** del acumulador en el fondo del mar, donde el DSW se almacena a alta presión.

15 El DSW que sale del sistema de almacenamiento de energía hidroneumático se puede suministrar de forma controlable a una presión deseada a través de la tubería **125** de salida a la unidad **42** de potencia hidroeléctrica. El agua de mar profunda que sale de la unidad **42** de potencia hidroeléctrica puede pasar a través de un intercambiador **62** de calor para utilizarse para fines de enfriamiento, siempre que la presión de salida sea lo suficientemente alta como para permitir el flujo del agua de mar profunda a través de la tubería hasta el punto donde se requiere tal enfriamiento.

20 El sistema **10** de almacenamiento de energía hidroneumático puede integrarse con las turbinas eléctricas flotantes en alta mar que utilizan energía mareomotriz. La **Figura 7** es una vista en sección transversal esquemática del sistema **10** de almacenamiento de energía hidroneumático configurado para utilizar la energía mareomotriz para proporcionar y almacenar DSW presurizada, de acuerdo con una realización de la presente invención.

25 De acuerdo con esta realización, el sistema **13** de compresión del sistema **10** de almacenamiento de energía hidroneumático se monta sobre la plataforma **14** de soporte flotante de la estructura **11** de soporte flotante. Como se ha descrito anteriormente, el sistema **13** de compresión incluye la bomba **132** que se acopla con la máquina **130** generadora de energía y se configura para el bombeo y presurización de agua de mar para almacenarla a alta presión.

30 De acuerdo con esta realización, la máquina **130** generadora de energía incluye un sistema **71** eléctrico de turbina de mareas que se monta en la plataforma **14** de soporte flotante, sin embargo, otras disposiciones del sistema **71** eléctrico de turbina de mareas se contemplan también. En este caso la estructura **11** de soporte flotante superior cumple un doble papel: (i) proporcionar el empuje necesario hacia arriba para soportar el sistema **71** eléctrico de turbina de mareas flotante y (ii) para servir como una plataforma para sostener la cámara **111** de aire.

35 El sistema **71** eléctrico de turbina de mareas tiene una pluralidad de palas **72** dispuestas para interceptar la corriente de marea predominante, un rotor **73** impulsado por la corriente de marea y un generador **74** eléctrico. El rotor del sistema **71** eléctrico de turbina de mareas se acopla operativamente con el generador **74** eléctrico para generar una salida de energía eléctrica. Cuando se desea, el generador **74** eléctrico se puede conectar a una red **75** de energía eléctrica en alta mar.

40 El sistema **71** eléctrico de turbina de mareas flotante genera electricidad, y por lo tanto, se interconecta eléctricamente con el sistema **10** de almacenamiento y la red **75**. Similar a la realización mostrada en las **Figuras 4** y **5**, la bomba **132** del sistema **13** de compresión es una bomba eléctrica que se acopla a la red **75** de energía eléctrica en alta mar. Durante la operación, la bomba **132** que se alimenta por la red eléctrica, bombea agua de mar profunda y la suministra a las cámaras **122** del acumulador en el fondo del mar, donde el DSW se almacena a alta presión.

45 La **Figura 8** es una vista en sección transversal esquemática del sistema **10** de almacenamiento de energía hidroneumático configurado para utilizar energía mareomotriz para proporcionar y almacenar DSW presurizada, de acuerdo con otra realización de la presente invención. De acuerdo con esta realización, la bomba **132** del sistema **13** de compresión se monta también sobre la plataforma **14** de soporte flotante de la estructura **11** de soporte flotante.

50 En este caso, la máquina **130** generadora de energía acoplada con el sistema **13** de compresión incluye un sistema **81** hidráulico de turbina de mareas que se monta en la plataforma **14** de soporte flotante, sin embargo otras disposiciones del sistema **81** hidráulico de turbina de mareas se contemplan también. Contrariamente a la realización mostrada en la **Figura 7**, en el caso mostrado en la **Figura 8**, el generador eléctrico (**73** en la **Figura 7**) se sustituye por una bomba hidráulica que suministra agua de mar presurizada al sistema **10** de almacenamiento de energía hidroneumático.

55 El sistema **81** hidráulico de turbina de mareas tiene una pluralidad de palas **82** dispuestas para interceptar la corriente de marea predominante y un rotor **83** impulsado por la corriente de marea. De acuerdo con esta realización, el rotor **83** de la instalación **81** eólica hidráulica se acopla de forma operativa con la bomba **132**. De acuerdo con esta realización, la bomba **132** puede, por ejemplo, ser una bomba hidráulica de desplazamiento positivo. El rotor **135** puede, por ejemplo, conectarse directamente a la bomba **132** hidráulica. Durante la operación,

la bomba **132** se acopla operativamente con la máquina generadora de energía para arrastrar el DSW través de la tubería **123** de agua de mar y suministrar el DSW a la cámara **122** del acumulador en el fondo del mar, donde el DSW se almacena a alta presión.

5 El DSW que sale del sistema de almacenamiento de energía hidroneumático se puede suministrar de forma controlable a una presión deseada a través de la tubería **125** de salida a la unidad **42** de potencia hidroeléctrica. El agua de mar profunda que sale de la unidad **42** de potencia hidroeléctrica puede pasar a través del intercambiador de calor **62** para utilizarse para fines de enfriamiento, siempre que la presión de salida sea lo suficientemente alta como para permitir el flujo del agua de mar profunda a través de la tubería hasta el punto donde se requiere tal enfriamiento.

10 Debe entenderse que, cuando se desee, múltiples sistemas de energía renovable pueden conectarse eléctricamente con el sistema **10** de almacenamiento de energía hidroneumático. La **Figura 9** es una vista en sección transversal esquemática del sistema **10** de almacenamiento de energía hidroneumático configurado para utilizar energía solar, eólica, de las olas del mar y mareomotriz para proporcionar y almacenar el DSW presurizada, de acuerdo con una realización de la presente invención.

15 Como se ha descrito anteriormente, el sistema de compresión (**13** en la **Figura 1**) del sistema **10** de almacenamiento de energía hidroneumático incluye la bomba **132** acoplada con la máquina **130** generadora de energía, y configurada para el bombeo y presurización de agua de mar para su almacenamiento a alta presión. De acuerdo con esta realización, la máquina generadora de energía que se acopla con el sistema **13** de compresión, incluye una pluralidad de sistemas de energía eléctrica que utilizan fuentes de energía naturales que generan salida de energía eléctrica .

20 De acuerdo con esta realización, la máquina generadora de energía incluye un sistema **91** eléctrico de turbina eólica, un sistema **92** eléctrico de turbina de mareas, un sistema **93** convertidor eléctrico de la energía de las olas del mar y un sistema **94** eléctrico solar. Todos estos sistemas eléctricos se acoplan a una red **95** de energía eléctrica en alta mar para proporcionar una salida de energía eléctrica generada a partir de fuentes naturales de energía.

25 Como se muestra en la **Figura 9**, el sistema **94** eléctrico solar se monta sobre la plataforma **14** de soporte flotante, mientras que el sistema **91** eléctrico de turbina eólica, el sistema **92** eléctrico de turbina de mareas, y el sistema **93** convertidor eléctrico de la energía de las olas del mar se montan en el fondo del mar, sin embargo otras configuraciones de la máquina **130** generadora de energía se contemplan también. Por ejemplo, como se muestra en las **Figuras 5** y **7**, el sistema **91** eléctrico de turbina eólica y el sistema **92** eléctrico de turbina de mareas se pueden montar también en la plataforma **14** de soporte flotante. Del mismo modo, cuando se desea, el sistema **94** eléctrico solar se puede montar en un mástil (no mostrado) que se fija al fondo del mar. Aunque solo uno de los sistemas de energía eléctrica para cada tipo de fuentes de energía natural se muestra en la **Figura 9**, se debe entender que cualquier número deseado de los sistemas de energía eléctrica se puede interconectar con el sistema **10** de almacenamiento y la red **95**.

35 De manera similar a las realizaciones mostradas en las **Figuras 4**, **5** y **7**, la bomba **132** del sistema **13** de compresión se acopla a la red **95** de energía eléctrica en alta mar. Durante la operación, la bomba **132** se alimenta por la red eléctrica, bombea agua de mar profunda y la suministra a las cámaras **122** del acumulador en el fondo del mar, donde el DSW se almacena a alta presión.

40 Haciendo referencia a la **Figura 10**, se ilustra una vista en sección transversal esquemática del sistema **10** de almacenamiento de energía hidroneumático configurado para utilizar la energía renovable de fuentes naturales, de acuerdo con otra realización de la presente invención. De acuerdo con esta realización, múltiples sistemas de energía renovable se pueden asociar con el sistema **10** de almacenamiento de energía hidroneumático mediante el uso de una red **150** hidráulica.

45 De acuerdo con esta realización, la máquina **130** generadora de energía incluye un sistema **101** hidráulico de turbina eólica, un sistema **102** convertidor hidráulico de la energía de las olas del mar y un sistema hidráulico **103** de turbina de mareas. Como se muestra en la **Figura 10**, el sistema hidráulico **101** de turbina eólica se monta en la plataforma **14** de soporte flotante, mientras que el sistema **102** convertidor hidráulico de la energía de las olas del mar y el sistema hidráulico **103** de turbina de mareas se montan en el fondo **104** del mar, sin embargo otras configuraciones de la máquina **130** generadora de energía se contemplan también. Por ejemplo, como se muestra en la **Figura 8**, el sistema hidráulico **92** de turbina de mareas puede montarse también en la plataforma **14** de soporte flotante.

50 De acuerdo con esta realización, el sistema **13** de compresión incluye una bomba **132a** hidráulica asociada con el sistema hidráulico **101** de turbina eólica, una bomba **132b** hidráulica asociada con el sistema hidráulico **102** de turbina de olas de mar y una bomba **132c** hidráulica asociada con el sistema hidráulico **103** de turbina de mareas de la máquina **130** generadora de energía. Por ejemplo, las bombas **132a**, **132b** y **132c** pueden ser bombas hidráulicas de desplazamiento positivo.

55 Durante la operación, las bombas **132a**, **132b** y **132c** bombean agua de mar profunda y la arrastran a través de las tuberías **123a**, **123b** y **123c** de agua de mar para suministrar el DSW a la cámara **122** del acumulador en el fondo del mar, donde el DSW se almacena a alta presión.

Como tal, los expertos en la materia a la que pertenece la presente invención, pueden apreciar que aunque la presente invención se ha descrito en términos de realizaciones preferidas, el concepto sobre el que se basa esta divulgación se puede utilizar fácilmente como base para el diseño de otras estructuras, sistemas y procesos para realizar los diversos fines de la presente invención.

- 5 Además, se debe entender que la fraseología y terminología empleadas de la presente memoria tienen la finalidad de descripción y no deben considerarse como limitantes.

Por último, cabe señalar que la palabra "comprende" como se utiliza a lo largo de las reivindicaciones adjuntas debe interpretarse en el sentido de "incluyendo pero sin limitarse a".

- 10 Es importante, por tanto, que el alcance de la invención no se interprete como limitado por las realizaciones ilustrativas expuestas de la presente memoria. Otras variaciones son posibles dentro del alcance de la presente invención como se define en las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema (10) de almacenamiento de energía hidroneumático para agua de mar profunda (DSW), que comprende:

una estructura (11) de soporte flotante; y

5 una estructura (12) montada en el fondo del mar, en el que dicha estructura (12) montada en el fondo del mar incluye una cámara (122) acumuladora en el fondo del mar configurada para retener el aire comprimido y el DSW para almacenar el DSW bajo presión del aire comprimido;

10 dicho sistema (10) de almacenamiento de energía hidroneumático **caracterizado porque** la estructura (11) de soporte flotante incluye: una plataforma (14) de soporte flotante y una cámara (111) de aire flotante montada sobre la plataforma (14) de soporte flotante, en el que la cámara (111) de aire flotante está configurada para contener el aire comprimido y tiene un volumen suficiente para que el aire comprimido de dicha cámara (111) de aire flotante proporcione estabilidad a la plataforma (14) de soporte flotante, proporcionando la fuerza de flotación necesaria para la plataforma (14) de soporte flotante; y

15 dicho sistema (10) de almacenamiento de energía hidroneumático **caracterizado además por** una conexión umbilical (15) de aire que incluye un conducto de aire que interconecta neumáticamente dicha cámara (111) de aire flotante con dicha cámara (122) acumuladora en el fondo del mar para unir sus volúmenes de aire comprimido para aumentar el volumen de aire comprimido de dicha cámara (122) acumuladora en el fondo del mar, absorbiendo de este modo los transitorios de presión resultantes del suministro intermitente de DSW en la cámara (122) acumuladora en el fondo del mar y los transitorios de presión inducidos por la descarga de DSW, y  
 20 mantener una presión estable dentro de la cámara (122) acumuladora en el fondo del mar a medida que el sistema se carga con DSW o se descarga.

2. El sistema de almacenamiento de energía hidroneumático de la reivindicación 1, en el que la estructura (12) montada en el fondo del mar incluye:

25 una tubería (123) de entrada de agua de mar que pasa de una región de DSW a la cámara (122) acumuladora en el fondo del mar e hidráulicamente acoplada a un puerto (135) de entrada de la cámara (122) acumuladora en el fondo del mar; y

una tubería (125) de salida acoplada a la cámara (122) acumuladora en el fondo del mar configurada para descargar el flujo de salida de DSW.

3. El sistema de almacenamiento de energía hidroneumático de la reivindicación 1, que comprende un conjunto de  
 30 líneas (112) de amarre configuradas para el anclaje de la estructura (11) de soporte flotante.

4. El sistema de almacenamiento de energía hidroneumático de la reivindicación 1, en el que la estructura (12) montada en el fondo del mar está rígidamente fijada a un lecho marino (15) mediante pilotes hincados (121) insertados en el lecho marino (15).

35 5. El sistema de almacenamiento de energía hidroneumático de la reivindicación 1, en el que la estructura (12) montada en el fondo del mar está fijada rígidamente al lecho (15) marino a través de un sistema basado en gravedad.

40 6. El sistema de almacenamiento de energía hidroneumático de la reivindicación 1, en el que la estructura (11) de soporte flotante incluye una válvula (113) de control neumático neumáticamente conectada a la cámara (111) de aire flotante, y configurada para presurizar el sistema de almacenamiento de energía hidroneumático con aire comprimido.

7. El sistema de almacenamiento de energía hidroneumático de la reivindicación 2, en el que el estructura (12) montada en el fondo del mar incluye una válvula (126) de control hidráulico de salida dispuesta en la tubería (125) de salida y configurada para regular el flujo de salida de DSW de la cámara (122) acumuladora en el fondo del mar.

45 8. El sistema de almacenamiento de energía hidroneumático de la reivindicación 7, que comprende un sistema (17) de control acoplado a la válvula de control neumático y a la válvula de control hidráulico para controlar su operación.

9. El sistema de almacenamiento de energía hidroneumático de la reivindicación 8, en el que el sistema (17) de control comprende al menos un dispositivo seleccionado de:

50 al menos un sensor de presión neumático configurado para producir señales de los sensores de la presión de aire representativas de la presión de aire en la cámara de aire flotante y/o en la cámara acumuladora en el fondo del mar;

al menos un sensor de presión hidráulico configurado para producir señales de los sensores de la presión hidráulica representativas de la presión de DSW dentro de la tubería de entrada de agua de mar y/o dentro de la tubería de salida;

55 al menos un sensor de nivel de agua dispuesto dentro de la estructura montada en el fondo del mar y configurado para producir señales de los niveles mínimo y máximo de DSW cuando el nivel de DSW dentro de la cámara acumuladora en el fondo del mar está fuera de un intervalo de límite de nivel predeterminado;

- al menos un caudalímetro dispuesto dentro de la tubería de entrada de agua de mar y dentro de la tubería de salida, y configurado para producir señales de los sensores de flujo de DSW representativas del flujo de DSW dentro de la tubería de entrada de agua de mar y dentro de la tubería de salida; y
- 5 un controlador (170) electrónico acoplado operativamente a dicho al menos un sensor de presión neumático, dicho al menos un sensor de presión hidráulico y dicho al menos un caudalímetro, y siendo sensible a dichas señales de los sensores de la presión de aire, dichas señales de los sensores de la presión hidráulica y dichas señales de los sensores de flujo de DSW, pudiendo dicho controlador electrónico generar señales de control para controlar la operación de la válvula (113) de control neumático y la válvula (126) de control hidráulico.
10. El sistema de almacenamiento de energía hidroneumático de la reivindicación 2, que comprende un sistema (13) de compresión dispuesto dentro de la tubería (123) de entrada de agua de mar, incluyendo el sistema (13) de compresión una bomba (132) configurada para bombear el DSW a través de la tubería (123) de entrada de agua de mar a la cámara (122) acumuladora en el fondo del mar para almacenar el DSW a una presión predeterminada.
- 15 11. El sistema de almacenamiento de energía hidroneumático de la reivindicación 10, que comprende además una máquina generadora de energía (130) acoplada con el sistema (13) de compresión y configurada para accionar la bomba (132).
12. El sistema de almacenamiento de energía hidroneumático de la reivindicación 11, en el que la bomba (132) del sistema (13) de compresión es o bien una bomba eléctrica que se acopla a una red (41) de energía eléctrica y se acciona por electricidad o bien una bomba hidráulica.
- 20 13. El sistema de almacenamiento de energía hidroneumático de la reivindicación 12, en el que la máquina generadora de energía (130) incluye un sistema (51) eléctrico de turbina eólica que incluye:
- un rotor (135) accionado por el viento;
- una pluralidad de palas (133) de viento dispuestas en el rotor (135) y configuradas para interceptar los vientos predominantes; y
- 25 un generador (52) eléctrico operativamente acoplado con el rotor (135) y conectado a dicha red (53) de energía eléctrica, estando el generador eléctrico configurado para generar una salida de energía eléctrica y proporcionarla a la red (53).
14. El sistema de almacenamiento de energía hidroneumático de la reivindicación 12, en el que la máquina generadora de energía (130) incluye un sistema (71) eléctrico de turbina de mareas que incluye:
- 30 un rotor (73) accionado por la corriente de marea;
- una pluralidad de palas (72) de viento dispuestas en el rotor (73) y configuradas para interceptar la corriente de marea predominante; y
- un generador (74) eléctrico operativamente acoplado con el rotor (73) y conectado a dicha red (75) de energía eléctrica, estando el generador eléctrico configurado para generar una salida de energía eléctrica y proporcionarla a la red.
- 35 15. El sistema de almacenamiento de energía hidroneumático de la reivindicación 12, en el que la máquina generadora de energía (130) incluye un sistema (61) hidráulico de turbina eólica que incluye:
- un rotor (135) accionado por el viento y mecánicamente acoplado a dicha bomba (132) hidráulica; y
- una pluralidad de palas (133) de viento dispuestas en el rotor y configuradas para interceptar los vientos predominantes.
- 40 16. El sistema de almacenamiento de energía hidroneumático de la reivindicación 12, en el que la máquina generadora de energía incluye un sistema (81) hidráulico de turbina de mareas que incluye:
- un rotor (83) accionado por la corriente de marea y mecánicamente acoplado a dicha bomba (132) hidráulica para su accionamiento; y
- 45 una pluralidad de palas (82) dispuestas en el rotor y configuradas para interceptar la corriente de marea predominante.
17. El sistema de almacenamiento de energía hidroneumático de la reivindicación 11, en el que la bomba (132) del sistema (13) de compresión es una bomba eléctrica que está acoplada a una red de energía eléctrica y accionada por electricidad; y en el que la máquina generadora de energía (130) incluye al menos un sistema de energía renovable configurado para generar una salida de energía eléctrica y proporcionarla a la red y seleccionado de un sistema eléctrico de turbina eólica, un sistema eléctrico de turbina de mareas, un sistema eléctrico convertidor de energía de las olas del mar y un sistema solar eléctrico.
- 50 18. El sistema de almacenamiento de energía hidroneumático de la reivindicación 11, en el que la bomba (132) del sistema (13) de compresión es una bomba hidráulica, y en el que la máquina generadora de energía incluye al menos un sistema de energía renovable mecánicamente acoplado a dicha bomba hidráulica para su accionamiento, seleccionándose dicho al menos un sistema de energía renovable de un sistema (101) hidráulico de turbina eólica,
- 55

un sistema (102) hidráulico convertidor de energía de las olas del mar y un sistema (103) hidráulico de turbina de mareas.

5 19. Un conjunto de almacenamiento de energía hidroneumático que comprende una pluralidad de los sistemas de almacenamiento de energía hidroneumáticos de la reivindicación 1 dispuestos en serie e interconectados a través de tuberías de agua de mar.

10 20. Un conjunto de almacenamiento de energía hidroneumático que comprende una pluralidad de estructuras de soporte flotantes de la reivindicación 1 interconectadas con una pluralidad de las estructuras montadas en el fondo del mar de la reivindicación 1 a través de tuberías de agua de mar profunda y a través de tuberías neumáticas, en el que la estructuras montadas en el fondo del mar están dispuestas en serie e interconectadas a través de tuberías de agua de mar, y en el que la cámara de aire flotante de cada estructura de soporte flotante está interconectada con las cámaras acumuladoras en el fondo del mar de dos estructuras montadas en el fondo del mar vecinas a través de tuberías neumáticas.

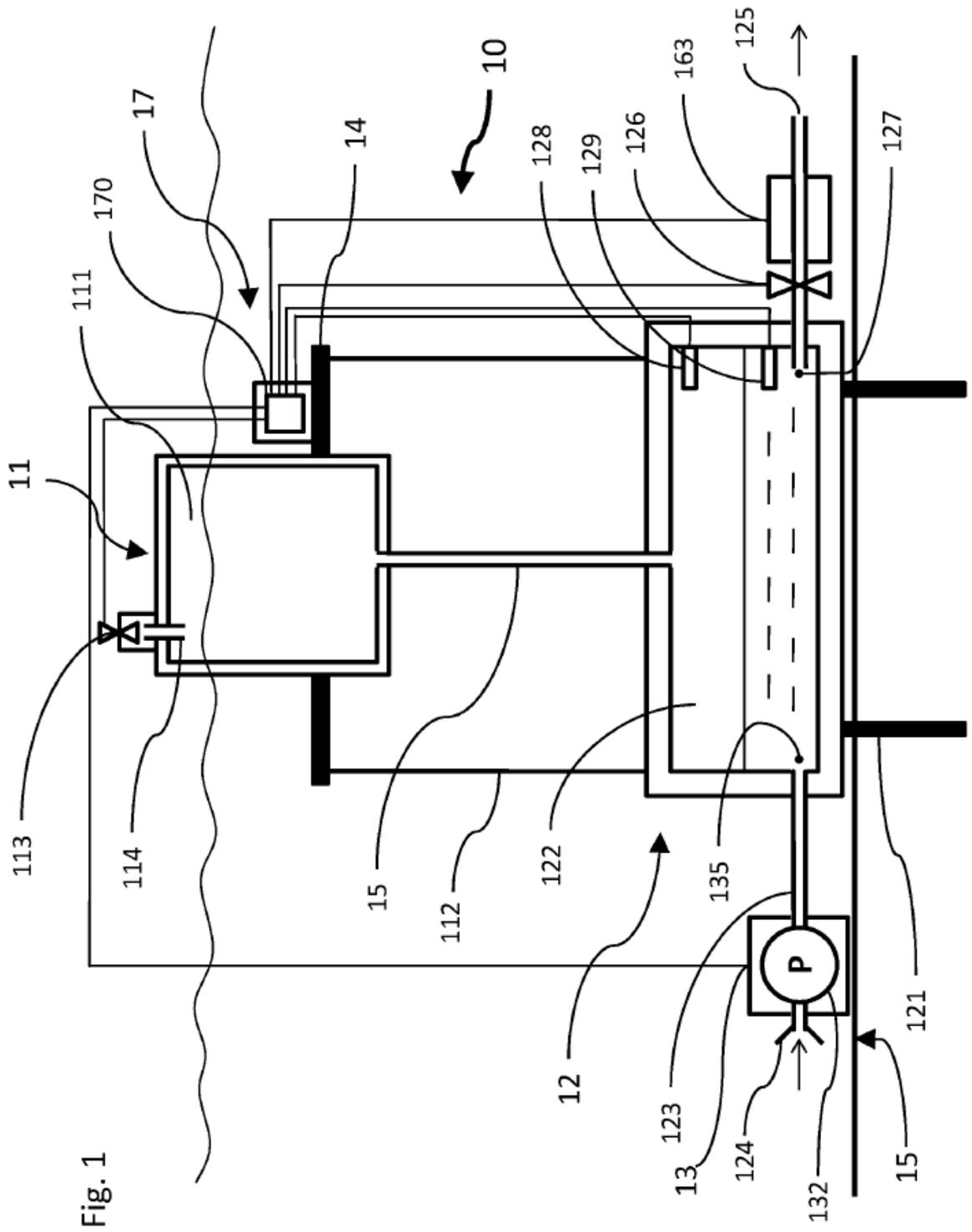


Fig. 1

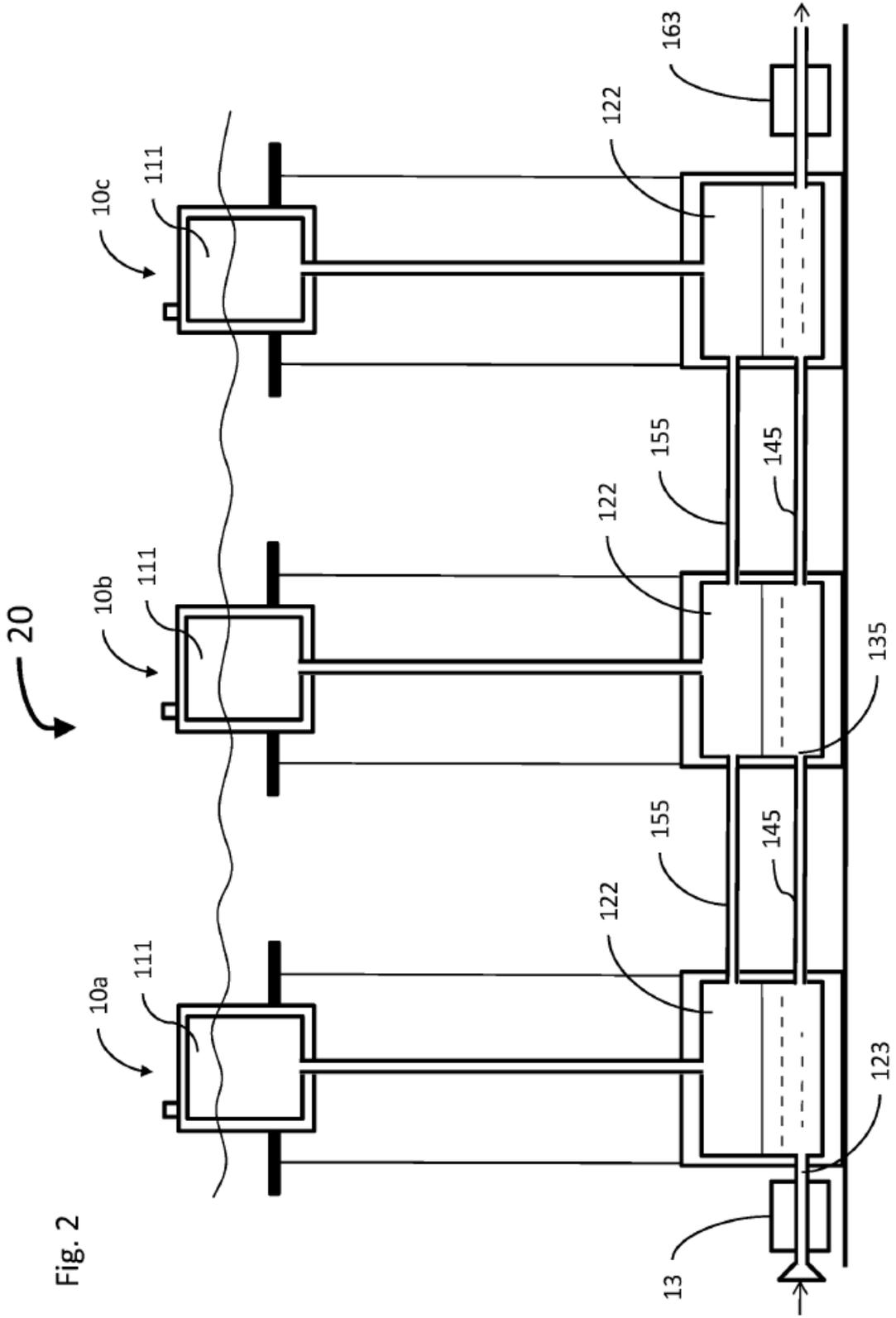


Fig. 2

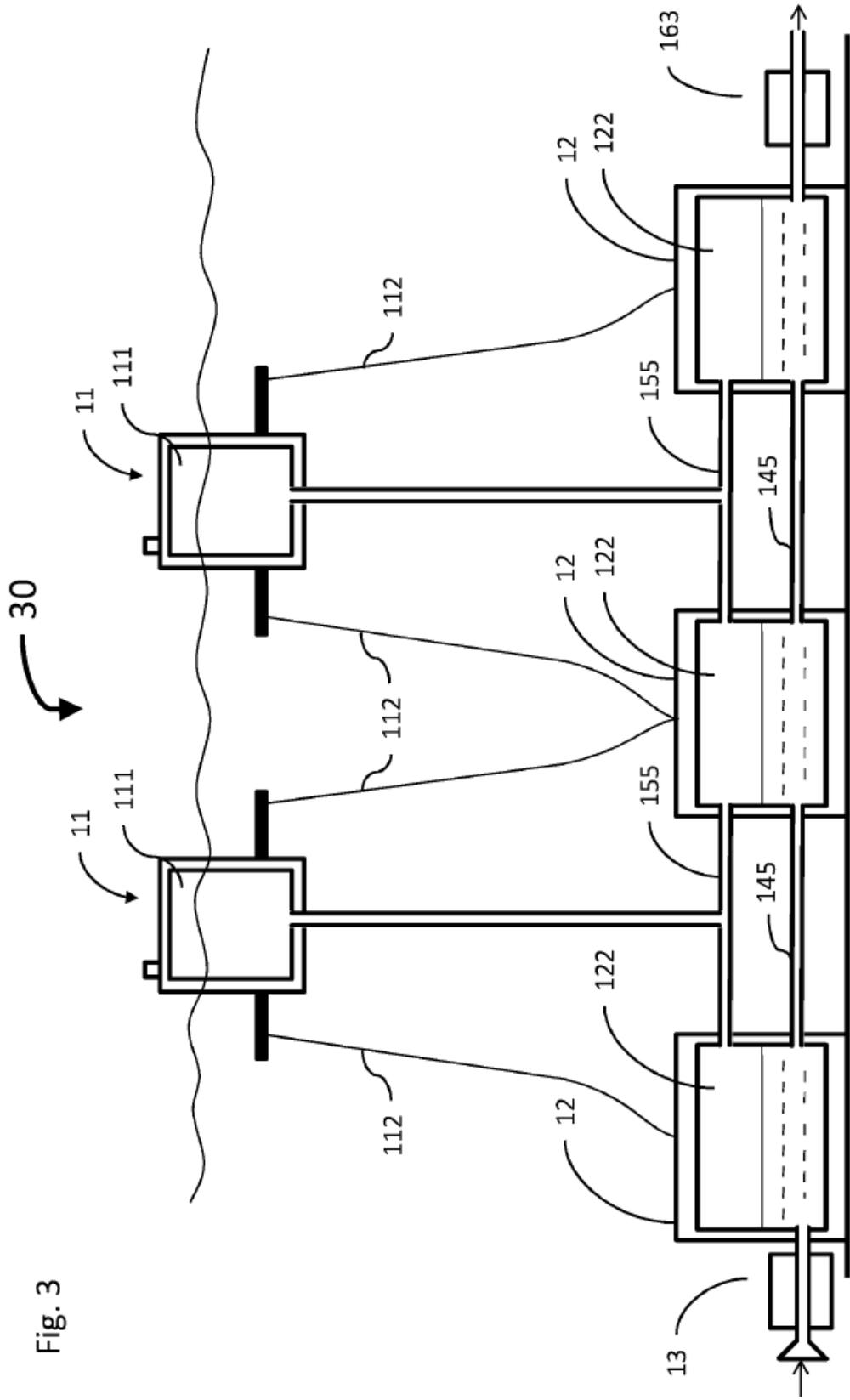


Fig. 3

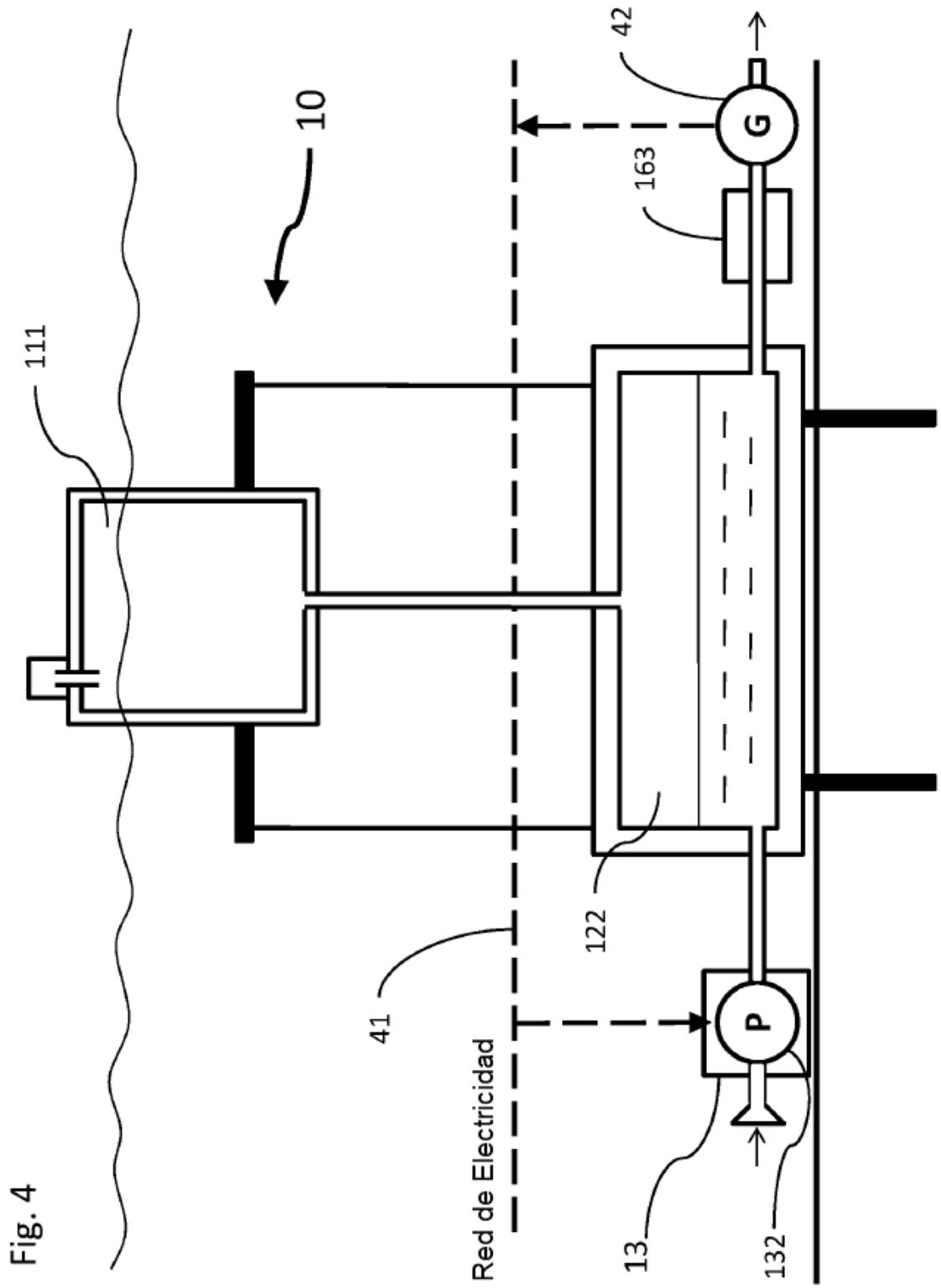


Fig. 4



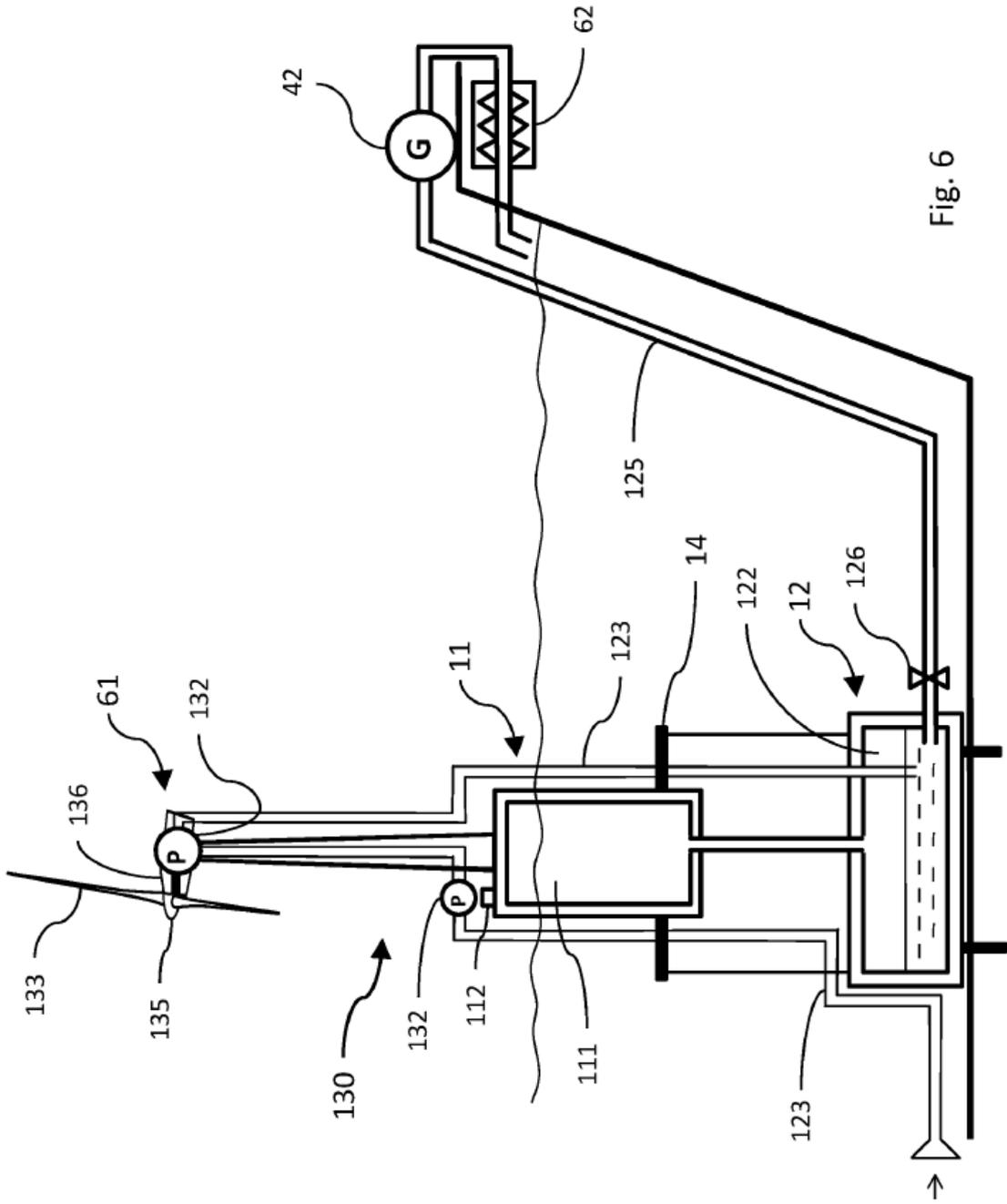
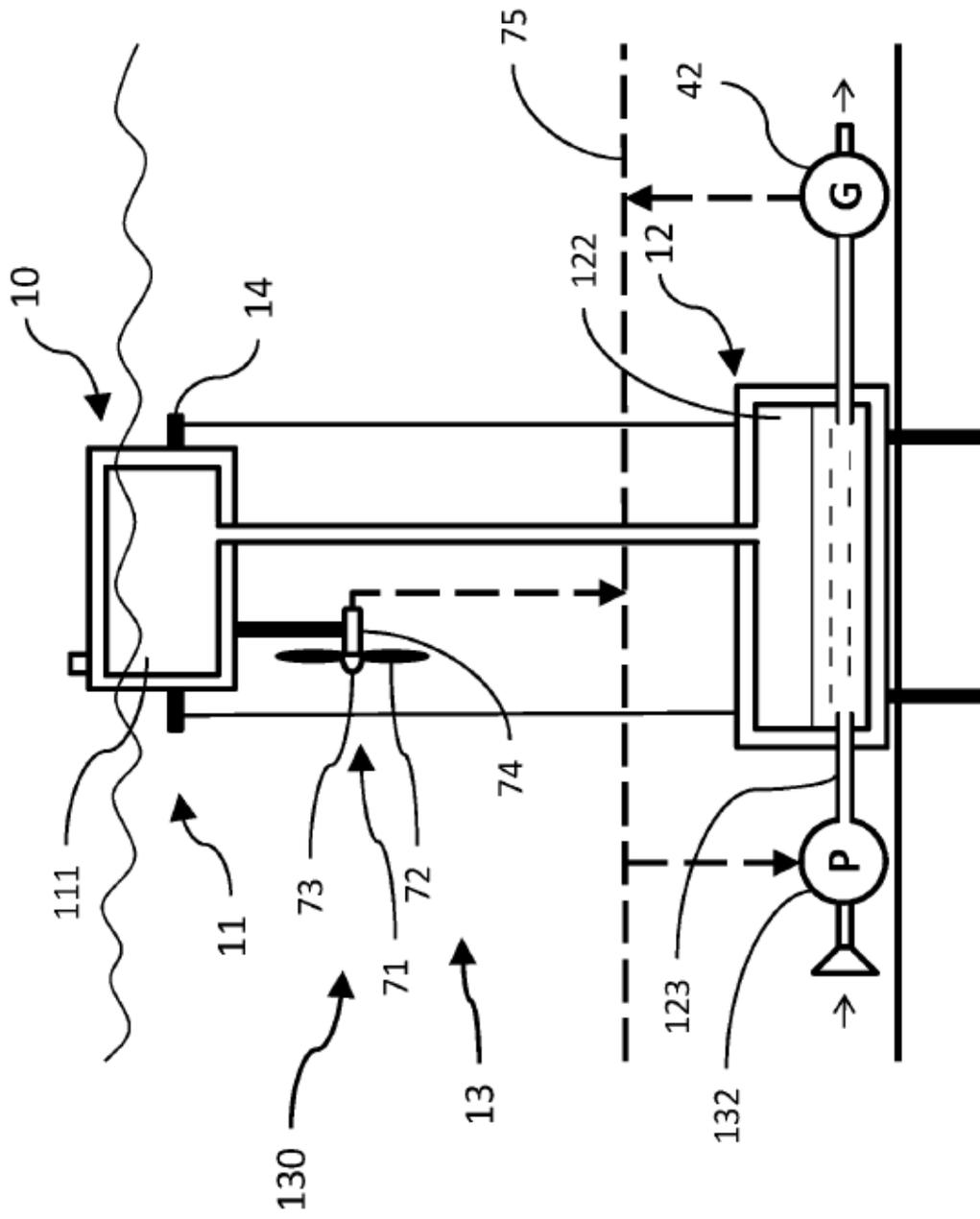


Fig. 6

Fig. 7



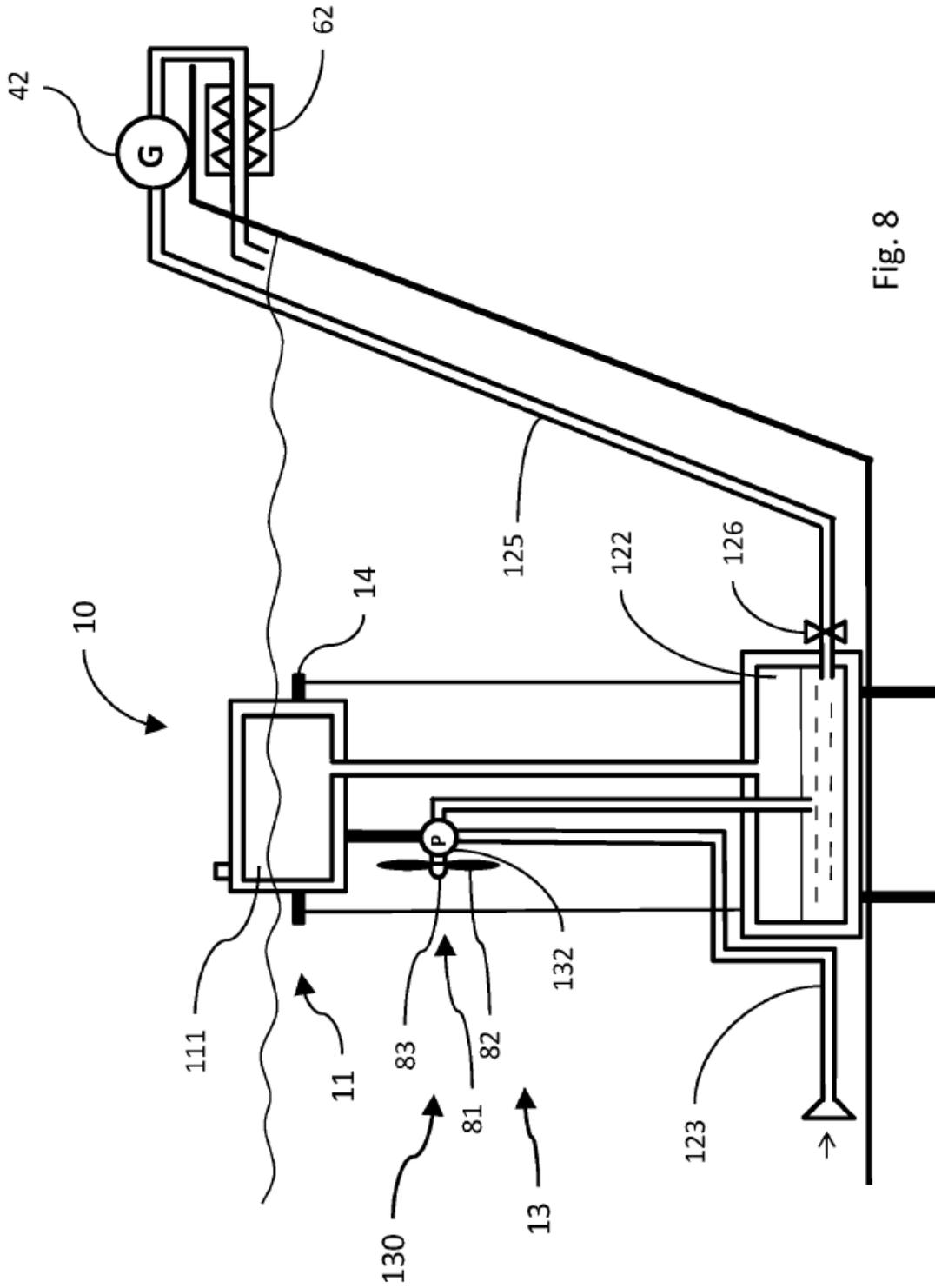


Fig. 8

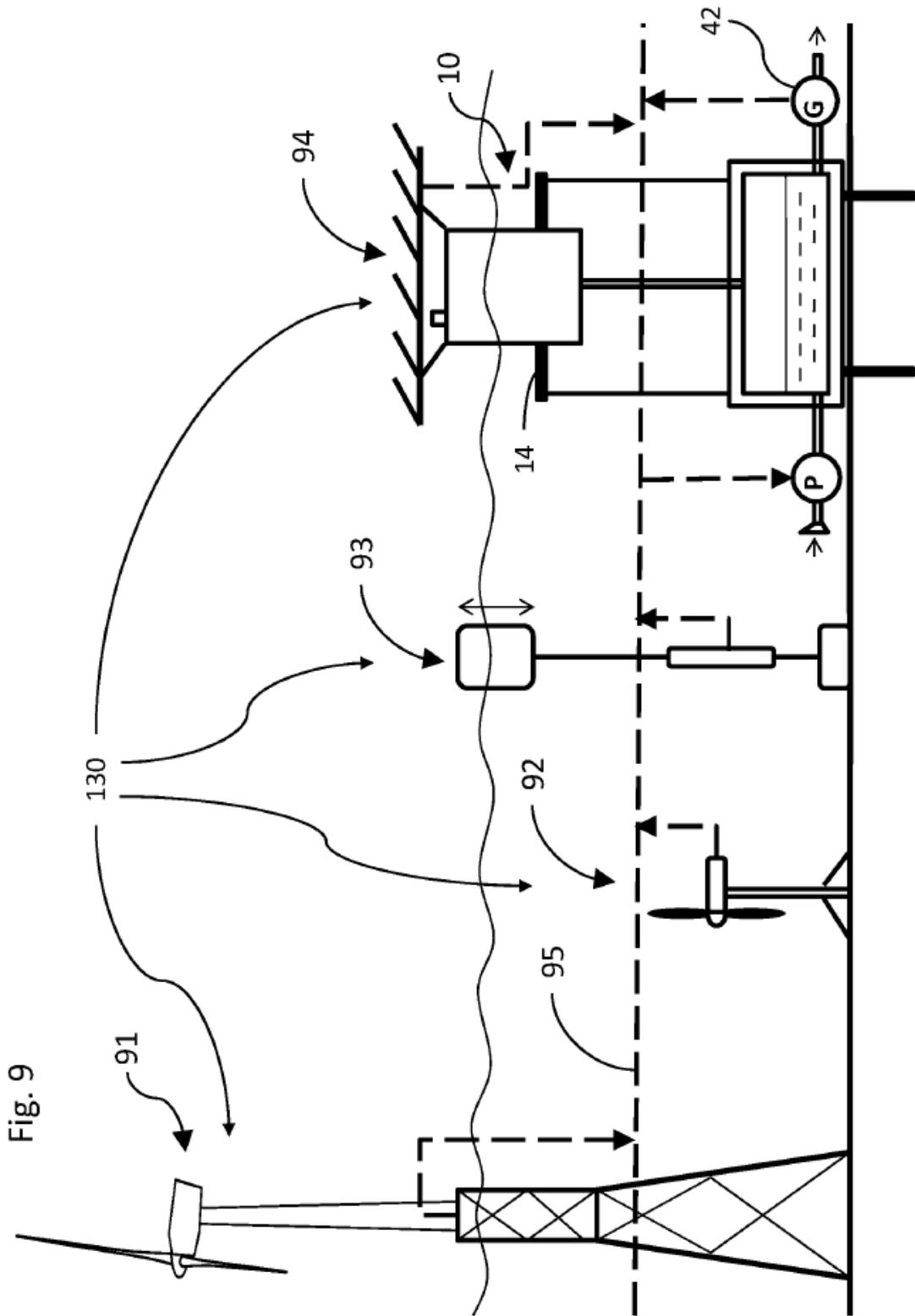


Fig. 9

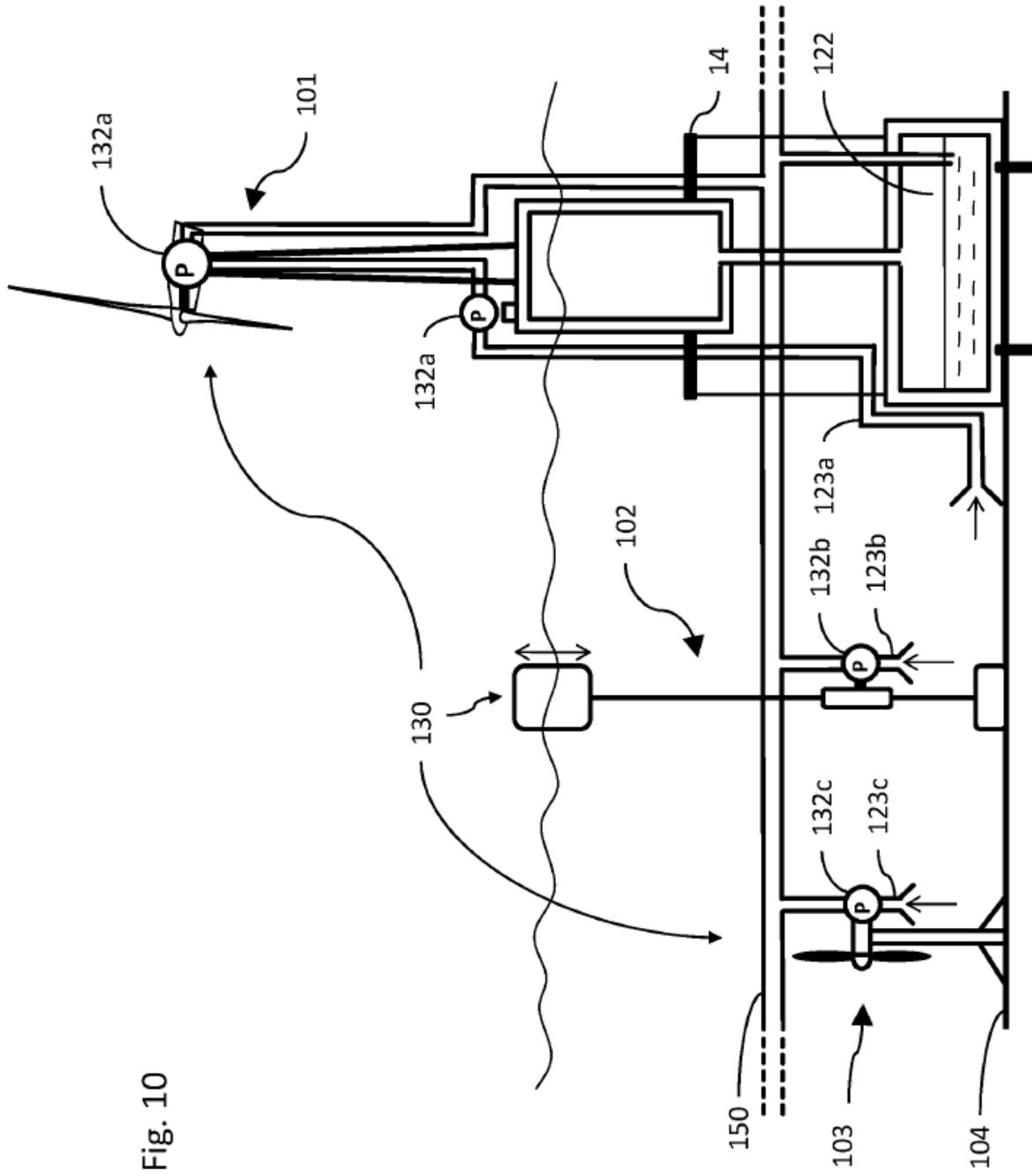


Fig. 10