

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 819 099**

51 Int. Cl.:

F03B 13/00 (2006.01)
B63B 35/44 (2006.01)
B63B 39/00 (2006.01)
B63B 39/03 (2006.01)
F03B 13/10 (2006.01)
F03B 15/06 (2006.01)
F03B 17/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.06.2014** **E 18203735 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.05.2020** **EP 3456954**

54 Título: **Turbina flotante**

30 Prioridad:

27.06.2013 GB 201311461

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

14.04.2021

73 Titular/es:

ABU AL-RUBB, KHALIL (100.0%)
Salwa Road, KBAS Co., P. O. Box 22599
Doha, QA

72 Inventor/es:

ABU AL-RUBB, KHALIL

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 819 099 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

Turbina flotante

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a una turbina flotante para la generación de electricidad, y a un sistema de generación que utiliza una turbina de este tipo.

Antecedentes de la invención

10 El agua de mar es 832 veces más densa que el aire, lo que significa que una corriente de 5 nudos tiene más energía cinética que un viento de 350 km/h. Se conocen esquemas que tienen turbinas submarinas situadas en las zonas costeras con altas corrientes de marea, tal como el régimen dirigido por Marine Current Turbines, de Bristol, Reino Unido en Strangford Lough en Irlanda del Norte. Aquí las palas de la turbina de 15 a 20 metros de diámetro se hacen girar a 10-20 revoluciones por minuto por la acción de las corrientes de marea. Un prototipo está operativo en Strangford Narrows, Irlanda del Norte, y utiliza rotores gemelos de 16 m de diámetro para desarrollar una potencia nominal de 1,2 MW a una velocidad actual de 2,4 m/s. Esto conduce a una eficiencia efectiva en la transformación de la energía cinética del agua en electricidad del 43 % para todo el sistema de turbina.

15 Sin embargo, la implementación de estos proyectos depende de las condiciones costeras locales que generan corrientes de marea adecuadas, y no es adecuado, por ejemplo, en aguas profundas, fuera de la costa. Por lo tanto, existe una necesidad de una solución de agua profunda para generar electricidad usando turbinas de agua conducidas, y que:

- 20 1) se pueda implementar en aguas sin corrientes naturales importantes; y
2) tenga una alta potencia de salida/m² de fondo marino utilizado.

Generadores de flotabilidad son conocidos en la técnica a partir de los documentos WO2009/026610, GB2456798, US2006/017292, GB507093 y US2005188691.

25 Además, el documento ES2401178 de la UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA se refiere en general a un dispositivo para generar electricidad que comprende un eje de guía vertical sumergido en el mar, un elemento helicoidal que se puede desplazar rotando con respecto al eje de guía debido al efecto de la acción gravitacional, medios electromagnéticos para transformar energía cinética desde el movimiento del elemento helicoidal en energía eléctrica, un cilindro parcialmente sumergido en la superficie, que comprende una válvula para entrada de aire, un pistón flotante dentro del cilindro que produce la salida de aire hacia una primera tubería que hace que el cilindro se comunique con un tanque en el que se almacena y comprime el aire, y una segunda tubería a través de la que el
30 aire almacenado en el tanque se libera cuando el elemento helicoidal se coloca en correspondencia con el extremo libre de la segunda tubería que activa la salida de aire, produciendo dicho aire la elevación del elemento helicoidal hacia la superficie.

35 Además, el documento GB2477532 de ROLLS ROYCE PLC se refiere en general a una turbina de agua bidireccional que comprende un rotor aguas arriba y un rotor aguas abajo que son de rotación contraria, comprendiendo cada rotor una pluralidad de palas en el que el montaje de las palas en los rotores puede permitir configuraciones de pala de paso variable.

Sumario de la invención

40 Un aspecto de la presente invención aborda el problema anterior mediante la provisión de una turbina flotante para almacenar y generar electricidad, que es móvil en una guía orientada sustancialmente vertical, de modo que la turbina puede moverse hacia abajo a lo largo de la guía bajo la fuerza gravitacional. El equipo de turbina es de flotabilidad negativa para facilitar que se hunda, pero está provisto además de medios de flotación ajustables para permitir que la disposición de turbina se imparta con una flotabilidad positiva cuando sea necesario. Cuando se imparte con flotabilidad positiva, el equipo de turbina flota de nuevo a la guía orientada verticalmente bajo la fuerza de flotación. Cuando se mueve hacia abajo, la guía bajo la gravedad, y el retorno de la guía bajo la flotabilidad, se
45 genera una corriente artificial efectiva por el movimiento relativo del agua a través de las palas de la turbina, girando las palas, que a su vez hacen que un generador produzca electricidad.

50 Para proporcionar la flotabilidad controlable en algunas realizaciones, se proporciona un compresor que suministra aire comprimido a una presión adecuada a los puertos de conexión proporcionados en el extremo inferior de la guía y a los que se conecta el equipo de turbina cuando llega al final de la guía. El equipo de turbina está provisto de tanques de lastre o medios de ajuste de la flotabilidad similares, tales como bolsas de flotación, en las que puede bombearse aire comprimido u otro gas, de manera que imparta la flotabilidad global positiva al equipo de turbina.

En una implementación preferida, un escenario múltiple, tal como unidades de turbina y de guía se despliegan como una "granja", con una sola unidad de compresor que suministra aire comprimido a las unidades. Los "ciclos de trabajo" arriba y abajo de las turbinas están escalonados en el tiempo, de tal forma que solo una, o un subconjunto

de las turbinas, están siendo alimentadas con aire comprimido en un momento dado, y el resto o la mayoría de las turbinas se dedican a sus ciclos de trabajo respectivos, y por lo tanto, están generando electricidad.

En una implementación típica se prevé que las palas de la turbina puedan estar en la región de 10 a 20 metros de diámetro, y el peso de los tanques de las turbinas y los equipos de generación asociados y de lastre sea del orden de 8 a 15 toneladas. La longitud de los medios de guía está prevista que esté en el rango de 100 a 1000 metros. Por ejemplo, una turbina de 10 toneladas en un medio de guía de 1000 m de longitud tiene una energía potencial de 98 MJ. Si fuera a hundirse a una velocidad de 2,4 m/s, entonces una energía potencial máxima de 235,5 kW estaría disponible, asumiendo una eficiencia del 100 %. Aunque tal eficiencia es imposible, incluso permitiendo una eficacia conservadora de solo el 30 %, entonces se produce una salida de potencia en exceso de 70 kW. Con la misma eficacia que la turbina de la técnica anterior (43 %), entonces se produce una energía en exceso de 100 kW, durante 416 segundos (el tiempo que tarda la turbina a caer los 1000 metros a lo largo de la guía).

A 1000 m, la presión del agua es de aproximadamente 100 atm (~1470 psi), sin embargo, los compresores de alta presión, tales como los disponibles en Hydro-Pac, Inc, son capaces de producir una presión de descarga de 1.500 psi (10 MPa), suministrando, por ejemplo, 111 metros cúbicos normales por hora a una presión tal como de la potencia de un motor de 45 kW (ver específicamente el número de modelo C1.56-70/140LX, a modo de ejemplo). Para elevar una masa de 10 toneladas del fondo del mar, entonces más de 10 m³ de agua tendrían que ser desplazados para producir una flotabilidad positiva, pero con este tipo de compresores este volumen de aire puede suministrarse a una presión adecuada en menos que la cantidad de tiempo que tarda la turbina en hundirse a lo largo de la guía. Específicamente, a una velocidad de 111 metros cúbicos normales por hora, entonces en 416 segundos, un total de 12,82 metros cúbicos de aire pueden ser suministrados a una presión mayor que la presión del agua circundante, que es más que suficiente para elevar la turbina.

En vista de lo anterior, desde un aspecto, la presente invención proporciona una turbina flotante que comprende un conjunto giratorio de palas de turbina acopladas comunicativamente a un sistema de generación eléctrico dispuesto para generar electricidad cuando las palas de la turbina giran, estando provista la turbina flotante además de un sistema de control de flotabilidad dispuesto para impartir de manera controlable una flotabilidad positiva a la turbina flotante, estando la turbina provista además de un seguidor de guía dispuesto para seguir una guía a lo largo de la cual se puede mover dicha turbina, siendo la turbina flotante para inmersión en agua, estando dispuestas las palas de la turbina para girar cuando la turbina se mueve a través del agua.

Otras características y aspectos de la invención serán evidentes a partir de las reivindicaciones adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

Otras características y ventajas de la presente invención serán más evidentes a partir de la siguiente descripción de realizaciones de la misma, presentada a modo de ejemplo solamente, y con referencia a los dibujos adjuntos, en los que los números de referencia se refieren a partes similares, y en los que:

La figura 1 es un diagrama de vista lateral esquemática de un equipo de turbina de una realización de la invención;

La figura 2 es un diagrama de vista en planta esquemática del equipo de turbina de la figura 1;

La figura 3 es un diagrama que muestra un escenario de implementación típica en una realización de la invención;

La figura 4 es un diagrama de una variación de la guía utilizada en una realización de la invención;

La figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra el método de funcionamiento de una realización de la invención;

La figura 6 es una vista lateral esquemática de un equipo de turbina de acuerdo con otra realización de la invención;

La figura 7a es una vista en sección transversal de un primer sistema de carril de guía;

La figura 7a es una vista en sección transversal de un segundo sistema de carril de guía;

La figura 8 es una vista esquemática de una parte inferior de una torre de aire;

La figura 9 es una vista lateral esquemática de un mecanismo de ajuste de paso del rotor;

La figura 10 es un diagrama de flujo para el control de válvulas de liberación de presión; y

La figura 11 es una vista lateral esquemática de una pala de rotor.

Descripción de las realizaciones

Las figuras 1 y 2 ilustran un ejemplo de la turbina flotante 10 que forma una realización de la invención. La turbina flotante 10 está provista de palas de turbina 12 que están conectadas a una carcasa de generador 14, que contiene equipos de generación eléctrica. Por ejemplo, la carcasa del generador 14 puede contener engranajes adecuados y un generador o alternador acoplado al engranaje y dispuesto para generar energía eléctrica cuando las palas de la turbina giran. La disposición de las palas de la turbina es tal que giran alrededor de la carcasa del generador 14 cuando la turbina flotante 10 se mueve hacia arriba y hacia abajo a través del agua.

La turbina flotante está dispuesta para moverse arriba y abajo en una guía 20, que en esta realización pasa a través del eje central de la turbina, alrededor del cual giran las palas. En otras realizaciones, la guía puede tomar una forma diferente, y no es necesario que esté en el eje central. Por ejemplo, en una realización alternativa, la guía puede

tomar la forma de una tubería perforada llena de agua o un cuerpo a modo tubería a través del cual se mueve la turbina flotante.

5 La turbina flotante 10 está provista de una caja de lastre 16, que en esta realización contiene tanques de lastre 18 dispuestos para recibir aire comprimido u otro gas cuando se desea impartir una flotabilidad positiva a la turbina flotante 10. En una realización, los tanques de lastre 18 son bolsas de elevación expandibles, como las que se pueden utilizar en las operaciones de salvamento. Preferiblemente, sin embargo, las bolsas están provistas de una válvula, de tal manera que una vez que han elevado la turbina flotante a una profundidad, el aire se libera de la misma, de tal manera que la turbina a continuación puede hundirse de nuevo al final de la guía por gravedad.

10 En otra realización, la caja de lastre 16 es un tanque de lastre 18 en forma de toro de anillo. El tanque de lastre 18 de toro de anillo rodea la guía 20 y la guía pasa a través del centro del anillo.

La turbina se pondera para ser una boya un poco negativa con respecto a la superficie del agua del mar cuando el tanque de lastre 18 se llena con agua de mar. Esto asegura que una cantidad mínima de aire puede hacer la turbina flotante cuando su flotabilidad se incrementa en la estación de acoplamiento 36, maximizando así la eficiencia de la turbina.

15 La turbina flotante 10 se utiliza como una unidad de almacenamiento de energía. La energía eléctrica se almacena como energía potencial, ya sea en una turbina flotante de boya positiva o negativamente mecánicamente sujeta bajo el agua. Mientras se sujeta la turbina, no tiene ni una entrada de energía ni una salida de energía. Sin embargo, una vez que la turbina se libera desde una posición retenida, su flotabilidad crea una fuerza hacia arriba o hacia abajo para la generación de energía eléctrica.

20 Se crea una fuerza hacia arriba cuando la turbina flotante 10 es positivamente boyante. La turbina flotante se puede mantener en su punto más bajo (es decir, una estación de acoplamiento se encuentra en el fondo del mar) y su caja de lastre llena de aire, haciéndola de flotabilidad positiva. Cuando se requiere energía eléctrica, la fuerza de sujeción aplicada mediante abrazaderas adecuadas, un electroimán o similar, se libera y la fuerza ascendente creada por la flotabilidad positiva genera un movimiento ascendente de la turbina a través del agua circundante y una fuerza de rotación a la turbina se proporciona por el movimiento de las palas 12 que pasan a través del agua circundante. La
25 turbina proporciona una salida de energía eléctrica hasta que alcanza un límite superior de movimiento. En este límite superior, la turbina flotante permanece con flotabilidad positiva en el agua, por lo que no hay movimiento de la turbina flotante dentro del agua y no se genera energía eléctrica.

30 La energía potencial gravitatoria se almacena mediante la turbina flotante 10 en esta posición, que puede ser liberada para generar energía eléctrica purgando la caja de lastre de aire y llenándola con agua para hacer la turbina flotante de flotabilidad negativa. La turbina flotante de flotabilidad negativa se hundirá a través del agua circundante y las palas 12 proporcionarán un movimiento de rotación para la turbina para convertir en energía eléctrica. La turbina flotante 10 continuará descendiendo a través de la producción de electricidad del agua circundante hasta que alcanza un rango inferior de movimiento en cuyo punto disminuye la generación eléctrica.

35 La guía 20 está conformada preferiblemente tal que no es posible que la turbina en su conjunto gire alrededor de la guía. La turbina 10 está provista de un orificio pasante de forma correspondiente, a través del cual se recibe la guía. Como se muestra en la figura 2, una guía de forma ovalada se puede utilizar, aunque otras formas, tales como rectangular, cuadrada, o cualquier forma excepto circular, son preferibles. Si se utiliza una guía de sección transversal circular, entonces un mecanismo tal como guías o ranuras o similares puede proporcionarse en la guía
40 en la que encajan salientes en el ajuste de la turbina, de manera que el equipo de turbina como un todo no se limita a girar alrededor de la guía cuando asciende y desciende. Por ejemplo, se puede usar un tubo circular con correderas o guías en forma de T que se proyectan desde el mismo.

45 En esta realización, la guía 20 se extiende desde la superficie del agua a la estación de acoplamiento que se encuentra en el fondo del mar. La implementación de una guía de este tipo significa que no se requieren cables para fijar la turbina a la estación de acoplamiento, o una plataforma opcional situada en la superficie del agua. La guía también significa que incluso en presencia de corrientes de aguas abiertas, la turbina asciende y desciende por la misma trayectoria, reduciendo problemas de seguridad en el caso de múltiples turbinas que operan en el mismo cuerpo de agua.

50 Opcionalmente, una bomba (no mostrada) puede proporcionarse como parte de la turbina 10 o en un muelle en el rango inferior del movimiento de la turbina 10 para expulsar el agua del tanque de lastre 18. Cuando el agua es bombeada fuera del tanque de lastre 18, se crea un vacío parcial dentro del tanque de lastre por la expansión del aire atrapado dentro del tanque de lastre. El vacío parcial dentro del tanque de lastre 18 aumenta la flotabilidad del tanque de lastre, haciendo la turbina 10 boyante.

55 La figura 3 muestra un escenario de implementación típica, donde se proporciona una "granja" que comprende varios conjuntos de turbinas flotantes 10A a 10E, cada una con sus propias guías 20 respectivas, mostradas en este caso extendiéndose desde el fondo del mar hasta la superficie. En el extremo inferior de cada guía 20 hay un puerto de acoplamiento 36, provisto de válvulas de conexión (no mostradas) acopladas comunicativamente a un compresor de gas 32, a través de respectivas mangueras de conexión 38. El compresor 32 está provisto de una entrada de aire

34 que se extiende hasta la superficie del mar. El compresor 32 puede ser un compresor de serie LX disponible por parte de Hydro-Pac, Inc., y en particular el compresor al que se hace referencia anteriormente.

5 En el despliegue de la figura 3, se muestran cinco turbinas flotantes 10A a 10E, cada uno en una etapa diferente de su ciclo de trabajo de descenso y ascenso. Por ejemplo, la turbina 10 A está aproximadamente a la mitad de la pata descendente de su ciclo de trabajo y, por lo tanto, producirá electricidad, ya que se mueve a través del agua bajo el efecto de la gravedad. Del mismo modo, la turbina 10B también está en la etapa de descenso de su ciclo de trabajo, pero está más alta en el agua que la turbina A, y por lo tanto está más temprana en la etapa de descenso de la turbina 10A. A este respecto, el ciclo de trabajo de la turbina 10B es escalonado para retrasar la turbina 10B.

10 Las turbinas 10C y 10D están en las fases de ascenso de sus respectivos ciclos de trabajo, con la turbina 10D delante en el tiempo que la turbina 10C. Debe tenerse en cuenta que en este ejemplo las dos turbinas 10 C y 10D tienen las bolsas de elevación 18 previstas en tanques de lastre 16 inflados, para que tengan una flotabilidad positiva. En otras realizaciones, pueden usarse tanques de lastre con válvulas de regulación de presión. En aún otras realizaciones se puede usar una combinación de tanques de lastre y bolsas de elevación. Dependiendo de la fuerza proporcionada por las bolsas de elevación y/o los tanques de lastre, las turbinas 10C y 10D se mueven a través del agua a una cierta velocidad y, por lo tanto, producen electricidad cuando sus respectivas palas de la turbina giran con el movimiento. En una realización, la velocidad de elevación de las turbinas corresponde sustancialmente con la velocidad de hundimiento, de tal manera que se obtiene una fácil gestión de los respectivos ciclos de trabajo de las diferentes turbinas. Sin embargo, esto no es esencial, y es posible que la etapa de ascenso sea diferente, tal vez de una duración más larga que la etapa de descenso.

20 La turbina 10E ha terminado su etapa de descenso y se acopló con su respectivo puerto de acoplamiento 36. Como se señaló anteriormente, el puerto de acoplamiento 36 está provisto de válvulas de conexión o válvulas de acoplamiento rápido que conectan con entradas de válvula previstas en el cuerpo de la turbina para proporcionar gas comprimido desde el compresor hasta el tanque 16 y/o elevar las bolsas de lastre 18. Como se muestra, las bolsas de elevación 18 de la turbina 10E están solo parcialmente llenas, estando en el proceso de llenarse mediante el compresor. Una vez lleno a una cantidad suficiente, el mecanismo de acoplamiento se libera, y la turbina es libre de flotar hacia la superficie, generando electricidad a medida que avanza hacia arriba.

30 La estela creada por un movimiento de rotación de las palas de una primera turbina flotante dentro del agua crea corrientes parásitas en el agua circundante. Las corrientes parásitas se extienden hacia fuera de las palas de la primera turbina flotante y las palas de una segunda turbina que pasan a través de la misma agua circundante pueden pasar a través de las corrientes parásitas. Las palas de la turbina serán más eficientes cuando pasan a través de agua laminar, por lo tanto, las corrientes parásitas reducirán la eficiencia de la segunda turbina.

La separación relativa de una pluralidad de turbinas flotantes que forman una disposición de granja está prevista para minimizar la turbulencia entre la turbina causada por la estela de cualquier turbina flotante que afecte negativamente a la eficiencia de la otra turbina flotante.

35 Además, la turbulencia entre las turbinas puede reducirse solo operando una turbina, mientras que las turbinas adyacentes son estacionarias, o viceversa.

40 El ciclo de trabajo de una sola turbina se muestra en el diagrama de flujo de la figura 5. En primer lugar, supongamos que una turbina está en la parte superior de una etapa de ascenso. Aquí, una válvula se abre para liberar todo el gas desde el tanque de lastre y/o las bolsas de elevación, y la turbina a continuación se hunde bajo la gravedad (s.5.2). Mientras se hunden, las palas de la turbina giran, y se genera la electricidad (s.5.4). Una vez en la parte inferior de la etapa de ascenso, los muelles de turbina con la interfaz de acoplamiento inferior (s.5.6), y la interfaz inferior comienza entonces a inflar las bolsas de elevación y/o a llenar los tanques de lastre con gas comprimido (s.5.8). Una vez llenado con la cantidad deseada, la interfaz de acoplamiento libera la turbina, y la turbina comienza a subir bajo la flotabilidad positiva impartida de las bolsas de elevación y/o los tanques de lastre (s.5.10). Mientras se elevan, las turbinas giran (típicamente en la dirección opuesta a la descendente, si el paso es fijo), y se genera la electricidad. La etapa de ascenso continúa hasta que la turbina se acerca a la superficie, en cuyo caso el gas de elevación se libera de las bolsas de elevación/tanques de lastre (s.5.14), y el ciclo comienza de nuevo a continuación.

50 Como se ha señalado, preferentemente los ciclos de trabajo de las turbinas en la granja se deben escalonar, de tal manera que una sola turbina está acoplada y recibe aire comprimido desde el compresor en un momento dado, y otras turbinas están en fases de ascenso o descenso, tales que son capaces de suministrar energía para hacer funcionar el compresor. El escalonamiento exacto de los ciclos de trabajo dependerá principalmente de la longitud de las guías de la turbina, que determina el número de turbinas que se pueden ejecutar desde un único compresor de aire, utilizado al 100%. En una realización alternativa, la fase también puede ser controlada por varios sensores montados en la turbina y también controlarse mediante una CPU/PLC.

El conjunto de la turbina flotante de la figura 3 se puede utilizar para almacenar energía en una manera que permite una liberación controlada. Una o más turbinas flotantes 10A a 10E están sujetas mediante un mecanismo de acoplamiento mientras se llena con gas comprimido mediante un compresor accionado por energía eléctrica. Esas

turbinas almacenan energía potencial, mientras están sujetas, pero realizan la transducción de la energía potencial almacenada en energía eléctrica cuando son liberadas mediante el mecanismo de acoplamiento.

En cuanto a cómo la energía generada se suministra a la superficie, la figura 4 ilustra la guía 20 con más detalle. Aquí, se verá que una guía 20 puede comprender un anillo superior flotante 42, que flota en la superficie. El cuerpo de la guía se forma entonces a partir de un número de cables individuales 42 que cuelgan del anillo superior de flotación 42, y a lo largo del cual se mueve la turbina. La turbina está provista de contactos que hacen contacto con al menos uno de los cables para suministrar la corriente eléctrica generada al mismo, con el cable entonces transportando la corriente a la parte inferior o, alternativamente, a la superficie desde donde puede entonces golpearse en un sistema de distribución en red eléctrica en el mar.

- 5
- 10 Las turbinas están provistas de palas de paso variable. La ventaja de las palas de paso variable es que el paso puede controlarse para variar el arrastre sobre las palas de la turbina y, por lo tanto, la velocidad de descenso y de ascenso, y por lo tanto la potencia de salida. Además, por lo menos el paso de las palas se puede invertir entre las fases de ascenso y descenso, y viceversa, de tal manera que la turbina gira de la misma manera en ambas fases del ciclo. Esto elimina la necesidad de invertir los engranajes.
- 15 Además, cada turbina flotante puede estar provista de más de un conjunto de palas, por ejemplo, puede estar provista de conjuntos de palas de rotación contraria. Tales sistemas de tipo de propulsor de rotación contraria se han demostrado ser más eficaces que un único conjunto de palas.

La figura 9 muestra un mecanismo de control de paso de pala para su uso con una pala de turbina. Una cámara de engranajes 96 se forma en un tanque de lastre 16. Una cara frontal 90 está expuesta a un lado inferior y/o superior del tanque de lastre 16, de manera que un movimiento del tanque de lastre 16 hacia arriba y/o hacia abajo a través del agua circundante altera la presión sobre la cara frontal 90. La cara frontal 90 es móvil con respecto al tanque de lastre 16 y está acoplada a un pistón 91, que es móvil con la cara frontal 90. El pistón 91 está conectado mediante un engranaje lineal 92 para unos medios de empuje, por ejemplo, un resorte mecánico. Los medios de empuje proporcionan una fuerza para resistir el movimiento causado por la presión sobre la cara frontal 90. Un engranaje 94 está acoplado al engranaje lineal 92 y gira con el movimiento del engranaje lineal (y del pistón). En una realización, una pala de turbina (no mostrada) está acoplada directamente a la rueda dentada 94 alrededor de su eje de rotación. En otra realización, la pala se acopla a la rueda dentada mediante componentes intermedios, que pueden incluir engranajes. En ambas realizaciones anteriores, la rotación de la rueda 94 mediante el movimiento del pistón 91 altera el paso de la pala de la turbina.

- 20
- 25
- 30 Un único mecanismo de control de paso de las palas puede controlar el paso de una sola pala de turbina o, alternativamente, el mecanismo único puede controlar el paso de una pluralidad de palas mediante uniones mecánicas.

En otra realización, una unidad de control electrónico monitoriza la velocidad de ascenso y/o descenso y controla el ángulo de la pala de la turbina usando la torsión creada por el mecanismo de control del paso de pala.

- 35 La figura 11 muestra una pala de turbina 12a giratoria desde una perspectiva a lo largo del eje de rotación 12r de la pala. Tres flechas huecas paralelas representan el movimiento del agua respecto a la pala y una flecha de bloque único sombreada representa el movimiento deseado de la pala para los propósitos de generación de energía.

La pala 12a se muestra en una primera orientación dibujada usando una línea sólida. La pala 12b se muestra en una segunda orientación dibujada usando una línea quebrada, en el que la pala se ha girado un ángulo α alrededor del eje de rotación 12r para llegar a la segunda orientación desde la primera orientación.

- 40 La pala proporciona i. una resistencia mínima para el ascenso y/o descenso cuando la pala 12a de la turbina se coloca con el ángulo α igual a 0 grados (mostrado en la figura 11 con la pala de la turbina dibujada usando una línea continua); y ii. Una resistencia máxima para el ascenso y/o descenso cuando la pala de la turbina está situada con un ángulo igual a 90 grados (no mostrado en la figura 11).

- 45 El paso de las palas más eficiente para la generación de electricidad usando la invención se refiere a las características del alternador utilizado en la turbina y el número, tamaño, forma e inclinación de las palas de la turbina. El ángulo de paso (α) puede calcularse a partir del paso (paso) y el radio (r) de las palas utilizando la fórmula:

$$\tan \alpha = \text{paso} / 2 \pi r \quad [\text{Fórmula 1}].$$

- 50 En una realización, el ángulo medio a lo largo de la longitud de la pala de la turbina es de entre 45 y 60 grados. En otra realización, el ángulo medio a lo largo de la longitud de la pala de la turbina es de entre 55 y 60 grados.

En la figura 9, el mecanismo de control de paso de las palas se muestra parcialmente contenido dentro de la cámara de engranaje 96 dentro del tanque de lastre 16. Alternativamente, el mecanismo de control de paso de la pala está dispuesto dentro de otras estructuras de la turbina.

En otra modificación, el compresor no tiene que colocarse en el fondo del mar, pero en su lugar podría estar flotando en la superficie o en tierra al lado de una granja de tanques de aire comprimido, con mangueras de suministro que se extienden entonces a los muelles de la interfaz en la parte inferior de las guías.

5 En una modificación adicional, en lugar de proporcionar el compresor en la granja de turbinas, se puede proporcionar un suministro de gas comprimido tal como un tanque de gas comprimido, ya sea en el lecho marino, o en la superficie. Esto elimina la necesidad de alimentar un compresor localmente. Sin embargo, todavía habrá una necesidad para alimentar un compresor en alguna parte para comprimir gas para poner en el tanque.

10 En otra modificación, el compresor puede ser alimentado por medio de energías renovables, tal como energía eólica o energía solar. De esta manera, cuando una red de generación de energía está funcionando con un excedente, la energía se puede almacenar en aire comprimido, y posteriormente se utiliza para ser impartida a la turbina flotante para alterar su flotabilidad. Esto quiere decir que, mediante la implementación de la turbina flotante de la presente invención en una red dependiente de las fuentes renovables de energía, la producción de la red puede equilibrarse y ajustarse fácilmente en función de las necesidades de los consumidores.

15 En una modificación adicional, en lugar de proporcionar un tanque de lastre o bolsas de elevación, alguna otra parte de la turbina puede en cambio ser llenada con líquido de flotación para iniciar una fase de ascenso. Por ejemplo, las palas de la turbina pueden ser huecas, y llenarse con agua en una fase de descenso, que luego se bombea y se reemplaza con un fluido antes de una etapa de flotación de ascenso.

20 En otra modificación, la turbina puede ser de autoguía, por ejemplo, estando siempre provista de electrónica de control de orientación, y de pequeños propulsores de dirección, de tal manera que es posible, entonces, acabar con la guía 20. En tal caso, la turbina puede ascender y descender libremente, pero el control de su posición lateral a través de los propulsores de dirección (por ejemplo, pequeños propulsores accionados por motores eléctricos montados en el cuerpo de la turbina), para permitir que la turbina se acople con la interfaz del fondo.

25 La figura 6 ilustra una realización adicional del equipo 10 de la turbina. Aquí, los tanques de lastre 16 son de forma hidrodinámica para reducir la resistencia cuando la turbina pasa a través del agua, en cualquier dirección. Además, se verá que los tanques de lastre 16 se proporcionan por encima y por debajo del sistema de generación eléctrica 14.

30 Además, las palas de la turbina están provistas de una cubierta, que comprende unos escudos izquierdo y derecho 62 y 64, cada uno unido al cuerpo de la turbina central mediante unos puntales 66. Los escudos 62 y 64 son curvados, para actuar como un venturi para guiar el agua hacia las palas de la turbina a una velocidad mayor que la velocidad de movimiento de la turbina a lo largo de la guía. Esto debería aumentar la velocidad de flujo del agua a través de la turbina, pero sin aumentar la velocidad de la turbina a lo largo de la guía, y puede proporcionar un aumento de la potencia obtenida.

35 Los escudos 62 y 64 pueden deslizarse de manera controlable hacia arriba y hacia abajo en soportes de los escudos unidos al extremo proximal de los puntales 66 a los escudos, de tal manera que la anchura efectiva del orificio de entrada del venturi formado por los escudos puede variarse para aumentarse o disminuirse.

40 Los escudos 62 y 64 también pueden estar hechos de un material rígido que puede flexionar. Esto permitiría crear un venturi de autoexpansión en la dirección de desplazamiento de la turbina, mientras se mantiene el otro extremo del escudo comprimido y más estrecho. Esto se puede lograr la ventaja del venturi requerido sin consumo de energía. Este mecanismo también puede ser controlado de manera electromecánica, eléctrica o electrohidráulica mediante la ECU para variar la velocidad de descenso/ascenso de la turbina.

45 La figura 7a muestra una guía esférica 20 rodeada por la carcasa 14 del generador. Cuatro pares de ruedas 70 están unidas giratoriamente a una superficie interior de la carcasa 14 del generador mediante cuatro pares de ejes 72. Los pares de ruedas 70 están igualmente espaciados alrededor de la superficie interior de la carcasa 14 del generador. Cada rueda 70 se extiende en su propio carril de guía 74 en forma de U, que está unido a una pared exterior de la guía esférica 20 mediante un primer brazo del carril de guía 74 en forma de U, que se extiende más allá de un segundo brazo. Alternativamente, la guía 20 puede ser no esférica, posiblemente elíptica, y/o puede haber más o menos pares de ruedas.

50 La Figura 7b muestra un sistema de guía elíptica 20 rodeado por una carcasa 14 del generador esférica. El sistema de guía comprende dos pares de carriles de guía 76 que se extienden hacia dentro a lo largo de la longitud del sistema de guía, con los pares que se extienden a lo largo de lados opuestos. Un solo carril de guía 78 está montado en el interior de dos lados de la carcasa 14 del generador y se extienden hacia fuera. Cada carril de guía 78 único se extiende entre un único par de carriles de guía 76 y es deslizable a lo largo de la longitud del par de carriles de guía 76. Por otra parte, el sistema de guía 76, 78 puede incluir otros conjuntos de carriles de guía y/o el único carril de guía 78 puede ser reemplazado por un carril de guía 76 doble, y viceversa.

55 La figura 8 muestra una sección de una entrada de aire, que puede ser la entrada de aire 34 de la figura 3 o una realización separada a la mostrada en la figura 3. La sección de la entrada de aire 34 que se muestra en la figura 8 es una extremidad inferior; sin embargo, las características mostradas en la figura 8 se pueden proporcionar más

arriba en la entrada de aire 34 y no en las posiciones relativas ilustradas.

5 La entrada de aire 34 llena de aire llega a la superficie, donde el aire es a la vez cálido y húmedo. Cerca de la superficie, el agua también es relativamente caliente; sin embargo, la temperatura del agua disminuye a medida que aumenta la profundidad del agua. El cuerpo de la entrada de aire 34 se enfría mediante el agua circundante en mayor medida, cuando la profundidad del agua aumenta. El aire cálido y húmedo desde la superficie se enfría mediante el cuerpo de la entrada de aire 34 y el vapor de agua se condensa fuera del aire dentro de la entrada de aire sobre la superficie más fría dentro de la entrada de aire.

10 El aire más frío es el que está dentro de la entrada de aire 34 en la parte inferior, donde la temperatura del mar es más baja. Por debajo de la termoclina, la temperatura del agua de mar cae hacia 0 °C. Dado que este sistema está diseñado para tomar ventaja de profundidades significativas del océano, este diferencial de temperatura significa que el presente sistema es efectivo en el enfriamiento del aire en la columna de aire. En esta región inferior, hay un puerto de extracción de aire 80 dentro de la pared de la entrada de aire 34. El puerto de extracción de aire 80 aspira el aire frío de la entrada de aire 34 a través de un tubo de aire frío con aislamiento térmico 81. El tubo de aire frío 81 transporta el aire frío a las estructuras residencial o comercial donde se utiliza para fines de refrigeración de distrito.

15 El aire frío se desplaza a lo largo de la tubería de aire frío usando una bomba de aire 82. En la figura 8, la bomba de aire se muestra en una posición a lo largo de la tubería de aire frío 81 cerca de la entrada de aire 34; sin embargo, la bomba de aire 82 pueden estar situada dentro de la entrada de aire 34, o más a lo largo del tubo de aire frío 81 e incluso en tierra.

20 La entrada de aire 34 se muestra en la figura 3 para separarse de las turbinas flotantes presentes en el sistema. En una realización, (que no se muestra en la figura 3) la entrada de aire puede estar alojada dentro de los medios de guía 20. La entrada de aire 30 forma una torre de aire que se extiende desde la superficie del agua, donde el aire a la temperatura de la superficie se introduce en la torre. La torre de aire tiene una pista que coopera con los medios de guía que está instalado en la turbina flotante.

25 El uso de aire enfriado del mar en estructuras residenciales o comerciales elimina o reduce la necesidad de aire acondicionado, lo cual es un proceso intensivo de energía.

30 El agua que se condensa desde el aire húmedo extraído de la superficie se mueve por gravedad a la parte inferior de la entrada de aire, donde se recoge y se extrae a través de un puerto de extracción de agua 84. El agua se bombea a lo largo de una tubería de agua 86 mediante una bomba de agua 85. La bomba de agua 85 se muestra situada cerca de la entrada de aire 34; sin embargo, puede estar situada dentro de la entrada de aire, o en un punto también a lo largo del tubo de agua 86.

El agua condensada es no salina y se puede utilizar como agua potable. El proceso de condensación y bombeo requiere mucha menos energía que los métodos de purificación de agua convencionales.

35 Un sistema de intercambio de calor 87 se proporciona dentro de la entrada de aire 34. El sistema de intercambio de calor se muestra como un radiador con agua salina fría que se introduce en la entrada de aire a través de una abertura inferior del radiador. El agua salina fría se extrae a través de la entrada de aire 34 enfriando el aire dentro de la entrada de aire 34. El efecto de enfriamiento del radiador incrementará la condensación de agua dentro de la entrada de aire 34. A medida que el agua salina fría se calienta indirectamente mediante el aire dentro de la entrada de aire 34, disminuye su densidad y la solución salina caliente fluye hacia arriba dentro del radiador antes de salir a través de una abertura superior del radiador. Una bomba (no mostrada) puede ser utilizada para bombear agua a través del sistema de intercambio de calor 87, que aumenta su efecto de enfriamiento.

40

De manera ventajosa, cuando el vapor de agua se condensa en agua líquida, su volumen disminuye, reduciendo así la presión de aire dentro de la entrada de aire 34, que aspira aire por la entrada de aire 34 que forma la superficie. Por lo tanto, se ahorra la necesidad de un compresor de aire para bombear aire atmosférico en el eje.

En una realización, el compresor de gas 32 de la figura 3 se utiliza como la bomba de aire 82 de la figura 8.

45 La figura 6 muestra un conjunto de válvulas de liberación de presión superior e inferior 68, 69. Cuando la turbina asciende, el aire contenido dentro de las cajas de lastre 16 se expandirá y reducirá su densidad (aumentando la flotabilidad del dispositivo aumentando la velocidad de ascenso). El aire que se expande es liberable selectivamente a través de la parte superior o de las válvulas de liberación de presión más baja.

50 Las válvulas de liberación de presión inferior 68, cuando se abren, libera un chorro de aire que se expande desde el tanque de lastre de la turbina y proporciona una fuerza hacia arriba, acelerando la turbina para aumentar la velocidad de ascenso. Las válvulas de liberación de presión superior 69 dirigen el chorro de expansión del aire hacia arriba para reducir la velocidad de ascenso de la turbina.

55 El número y el posicionamiento de las válvulas de liberación de presión superior e inferior se pueden alterar para ajustar las propiedades hidrodinámicas de la turbina. En algunas realizaciones, la turbina comprende una o más válvulas de liberación de presión superior 69 o una o más válvulas de liberación de presión inferior 68.

El fluido liberado a través de la(s) válvula(s) de liberación de presión 68 puede ser un fluido distinto del aire, por ejemplo, podría ser agua, o cualquier otro gas abundante.

5 La figura 10 muestra un método para controlar las válvulas de liberación de presión de la figura 6. El método controla la velocidad de ascenso abriendo y cerrando selectivamente las válvulas para aumentar o disminuir la velocidad de ascenso de la turbina.

10 En la etapa s.10.0, el método se inicia y se pasa a la etapa s.10.1. En la etapa s.10.1, el método comprueba si la turbina ha llegado a un límite superior del desplazamiento a lo largo de su guía asociada. Si se alcanza el límite superior, el método pasa a la etapa s.10.2, donde termina. Si no se ha alcanzado el límite superior, el método pasa a la etapa s.10.3 donde se mide una velocidad instantánea del ascenso de la turbina. Si la velocidad de subida está por debajo de una primera velocidad predeterminada, las válvulas ascendentes se cierran (etapa s.10.4) y las válvulas descendentes se abren (etapa s.10.5) y el método avanza hasta la etapa s.10.6. Esto aumentará la velocidad de ascenso. Si la velocidad de ascenso instantáneo medida es superior o igual a la primera velocidad predeterminada, el método pasa a la etapa s.10.6 y las válvulas superior e inferior no se alteran. En s.10.6, si la velocidad de ascenso es superior a una segunda velocidad predeterminada (mayor o igual a la primera velocidad predeterminada), las válvulas descendentes se cierran (s.10.7) y las válvulas ascendentes se abren (s.10.8) y el método vuelve a la etapa s.10.1. Esto disminuirá la velocidad de ascenso. Si la velocidad de ascenso instantáneo medido es inferior o igual a la segunda velocidad predeterminada, el método vuelve a la etapa s.10.1.

20 El método de la figura 10 puede estar adaptado de tal manera que la medición es de la profundidad bajo el agua de la turbina, en lugar de la velocidad de ascenso, ya que se conoce la presión a una profundidad dada. El control de las válvulas depende, por lo tanto, de lo lejos que la turbina se haya desplazado desde la superficie del agua. La altitud por encima de un punto fijo también puede ser usada para controlar las válvulas, siendo el punto fijo el suelo de la masa de agua, o el límite inferior del movimiento de la turbina flotante, definido por la guía 20.

REIVINDICACIONES

1. Una turbina flotante (10) que comprende:

un conjunto giratorio de palas de turbina (12) operables para girar alrededor de un eje común y acopladas comunicativamente a un sistema de generación eléctrica dispuesto para generar electricidad cuando las palas de turbina (12) giran;

un sistema de control de flotabilidad dispuesto para impartir de manera controlable flotabilidad positiva a la turbina flotante (10); un medio de ajuste de palas de turbina para ajustar un ángulo de paso de una o más de las palas de turbina (12); y un medio de guía (20) para guiar la turbina a lo largo del eje común cuando se mueve; en el que la turbina flotante (10) es adecuada para sumergirse en agua, el medio de ajuste de pala de turbina comprende un dispositivo mecánico operable para convertir una presión de agua en control de paso de las una o más palas de rotor y disponiendo las palas de turbina (20) para girar cuando la turbina se mueve por el agua.

2. Una turbina de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además

unos medios de detección de velocidad para detectar la velocidad a la que el dispositivo se mueve a través del agua; en la que el ángulo de paso de la una o más palas de la turbina depende de la velocidad detectada por los medios de detección de velocidad.

3. Una turbina de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el dispositivo mecánico comprende una placa acoplada a un engranaje lineal (92) que se empuja hasta su posición; y

un engranaje (94) montado de forma giratoria en acoplamiento con el engranaje lineal (92), en la que la rueda dentada (94) está acoplada a la una o más palas de la turbina (12); y en la que la placa puede moverse con la aplicación de una presión de agua a la placa para provocar una rotación correspondiente de las una o más palas de turbina (12).

4. Una turbina de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en la que los medios de ajuste de las palas de la turbina comprenden

unos medios de detección electrónicos dispuestos para detectar una velocidad de ascenso;

un procesador acoplado a los medios de detección electrónicos; y

un accionador acoplado a la una o más palas de la turbina (12), en la que el accionador está controlado por el procesador, y es operable para ajustar el paso de la una o más palas de la turbina (12).

5. Una turbina de acuerdo con la reivindicación 4, en la que los medios de detección electrónicos comprenden un sensor de presión electrónico, y el procesador está dispuesto para interpretar los datos recogidos por el sensor de presión electrónico.

6. Una turbina de acuerdo con la reivindicación 4 o la reivindicación 5, en la que el procesador está dispuesto además para calcular una velocidad óptima de ascenso y para ajustar el paso de la una o más palas del rotor para proporcionar la velocidad de ascenso óptima calculada.

7. Una turbina de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en la que

el conjunto giratorio de palas de la turbina es un primer conjunto de palas; y

la turbina comprende además un segundo conjunto giratorio de palas de la turbina operables para girar alrededor del eje común y acopladas comunicativamente al sistema de generación eléctrico dispuesto para generar electricidad cuando las palas de la turbina giran; en la que

el segundo conjunto de palas está dispuesto para girar en una dirección opuesta al primer conjunto de palas de la turbina.

8. Una turbina de acuerdo con la reivindicación 7, en la que el ángulo de paso del primer conjunto de palas de la turbina giratoria y el ángulo de paso del segundo conjunto de palas de la turbina giratoria son ambos ajustables usando el medio de ajuste de las palas de la turbina.

9. Un sistema para el almacenamiento de energía, que comprende una turbina flotante (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8; en el que

la turbina flotante (10) es de flotabilidad negativa en un límite inferior de movimiento y está dispuesta para mantenerse en su posición mediante un muelle;

el sistema de control de la flotabilidad de la turbina flotante (10) está dispuesto para permitir la entrada de aire, impartiendo así flotabilidad positiva a la turbina flotante (10) y almacenando energía dentro del sistema; y

la turbina flotante (10) es operable para ser liberada del muelle cuando se requiere energía desde el sistema.

10. Un sistema para el almacenamiento de energía, de acuerdo con la reivindicación 9, que comprende además una torre de aire, en el que la torre comprende una tubería que se extiende desde encima de una superficie del agua a una profundidad bajo la superficie del agua, en el que la tubería está abierta y llena de aire desde arriba de la superficie del agua, y la tubería define una cavidad de la torre.

11. Un sistema para almacenar energía de acuerdo con la reivindicación 10, en el que el sistema de control de flotabilidad está dispuesto para recibir aire bombeado mediante la bomba de aire de la torre de aire.

12. Un sistema para el almacenamiento de energía, de acuerdo con la reivindicación 10 o la reivindicación 11, en el que la torre de aire comprende una pista fija, y los medios de guía (20) de la turbina flotante (10) cooperan con la pista fija.

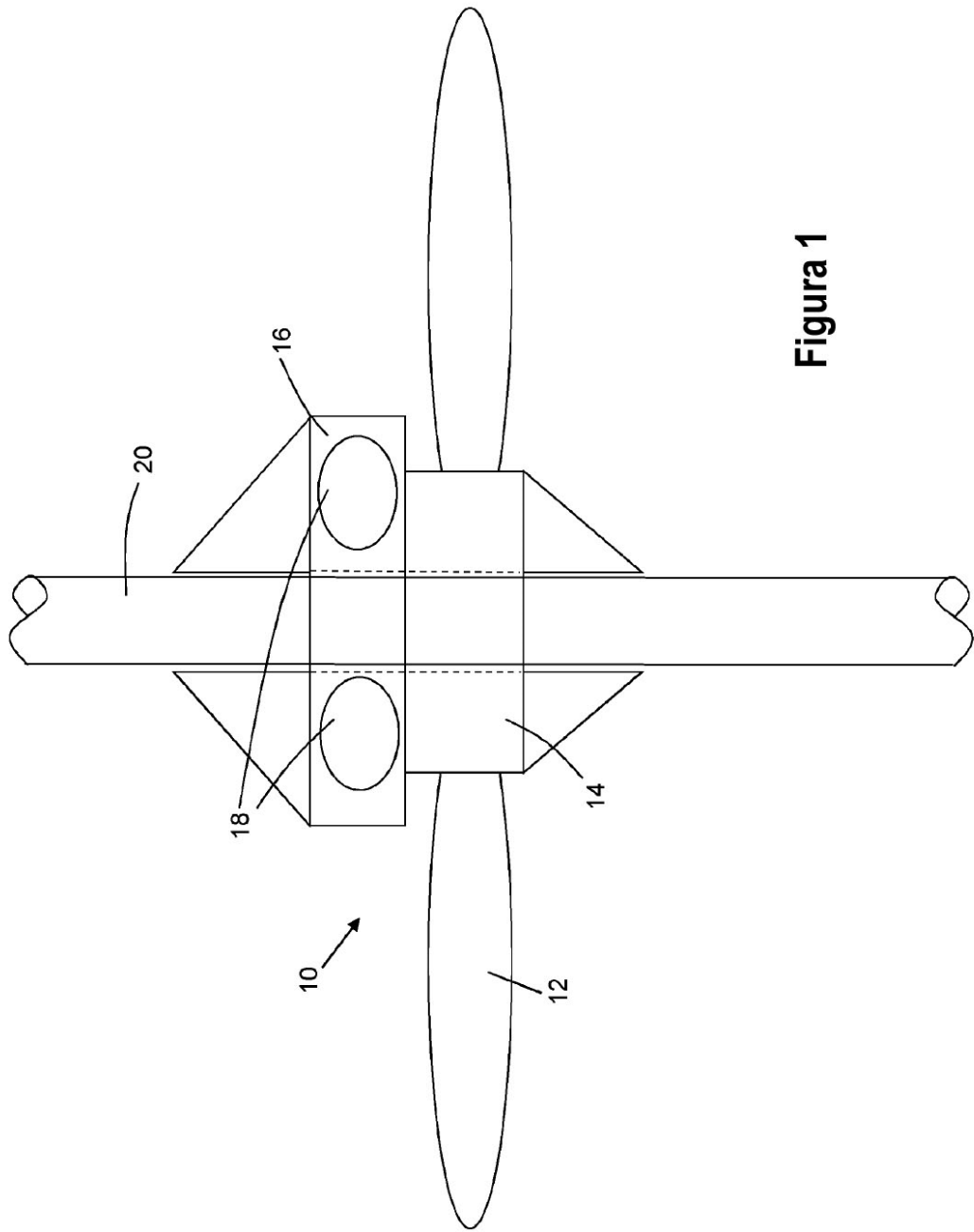


Figura 1

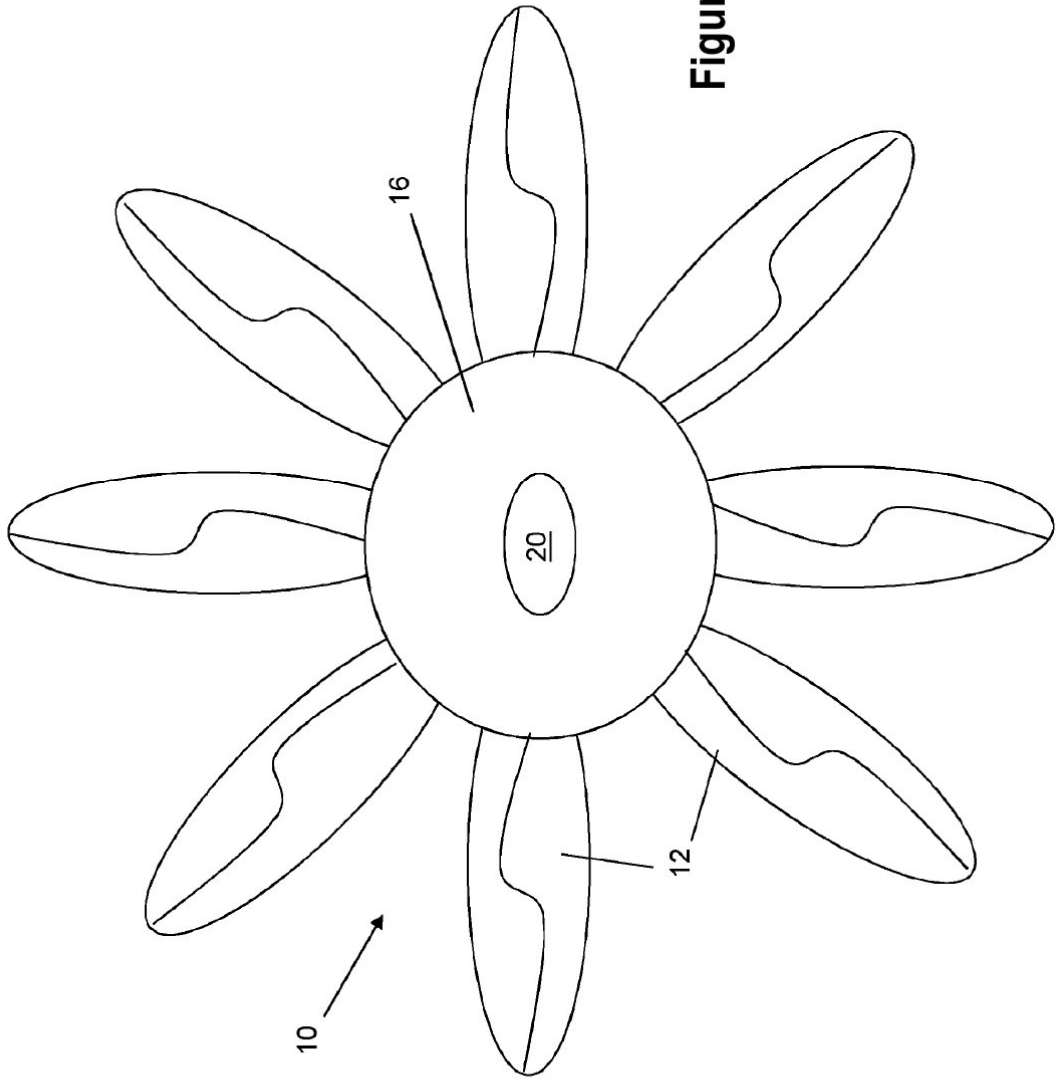
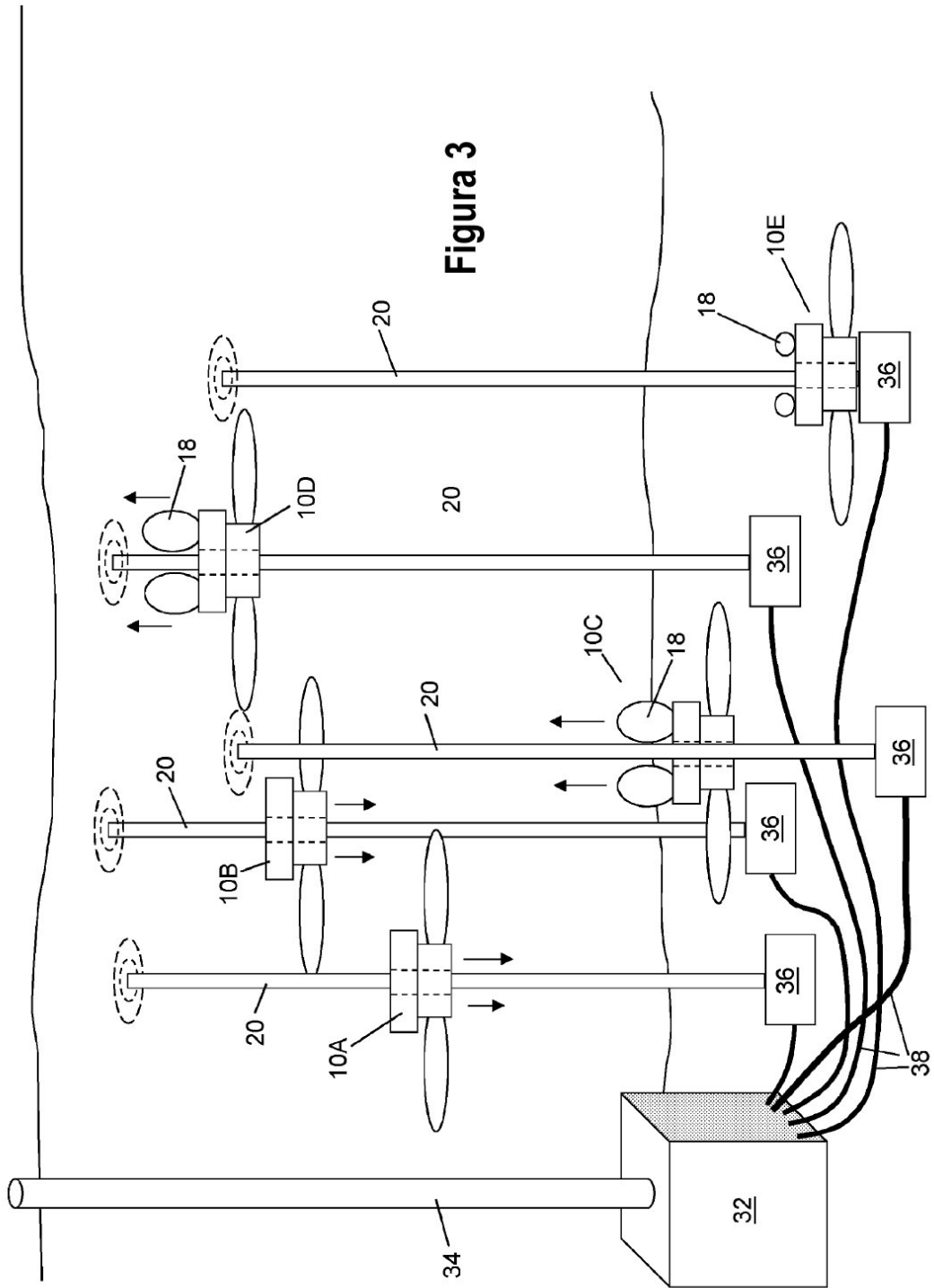


Figura 2



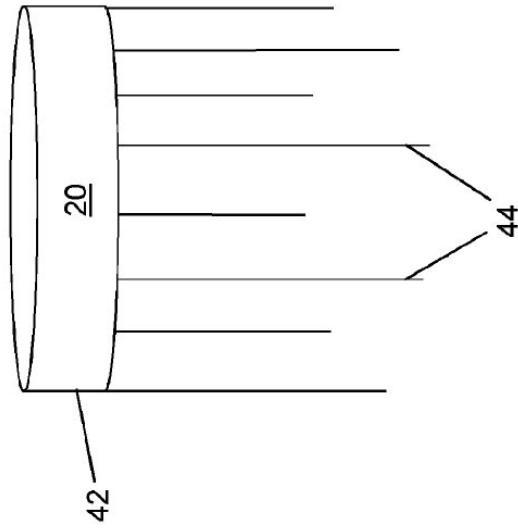


Figura 4

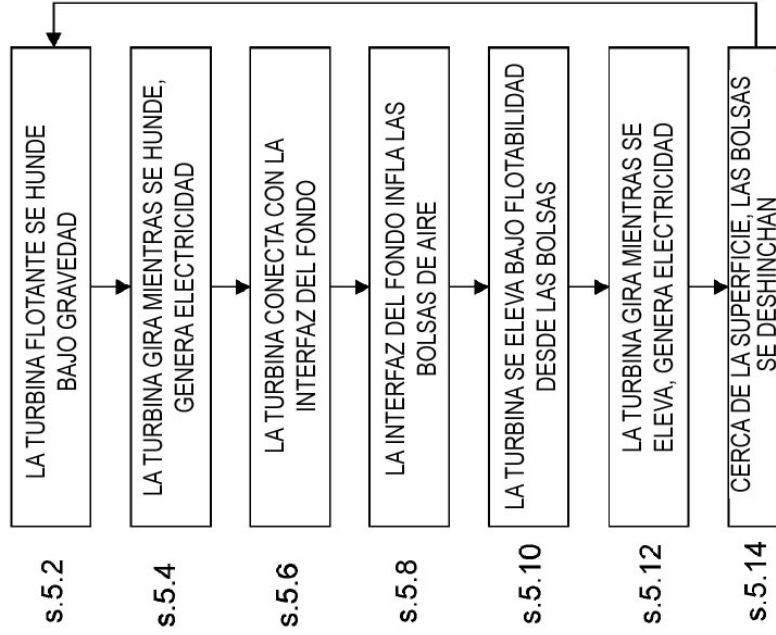


Figura 5

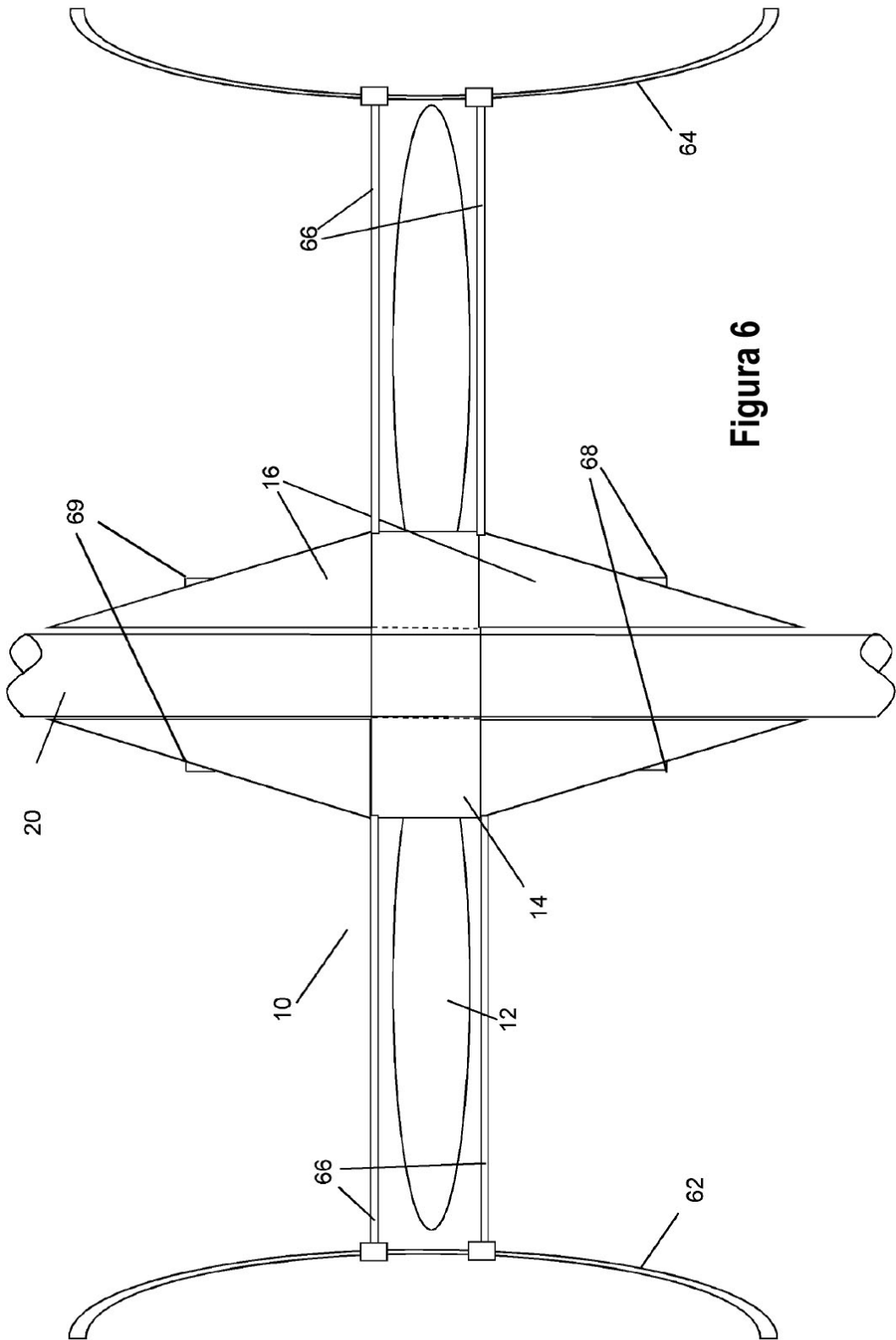


Figura 6

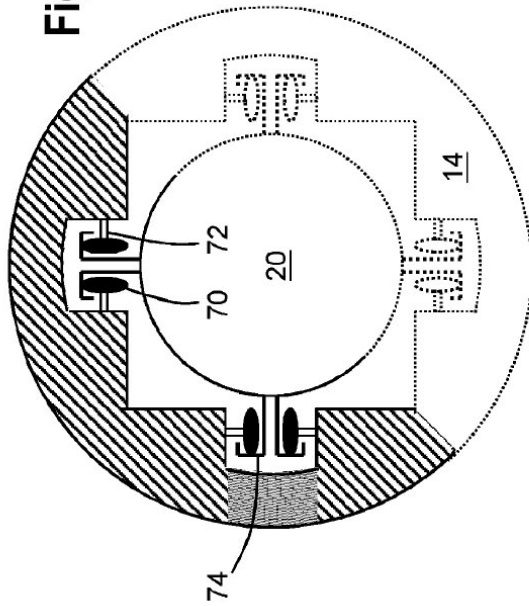


Figura 7a

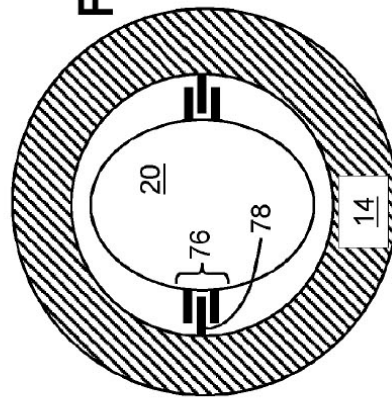


Figura 7b

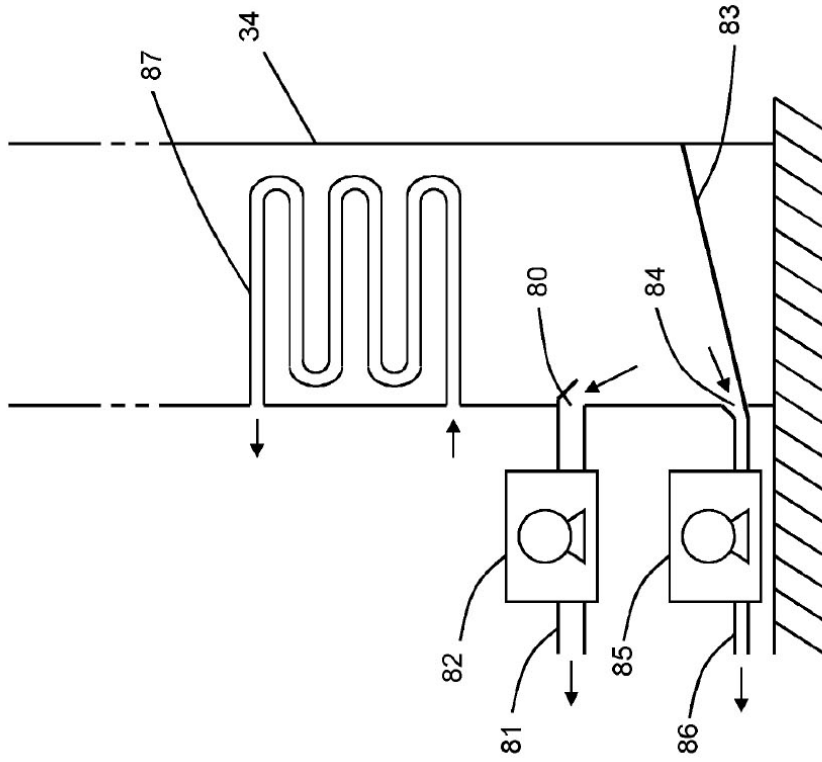


Figura 8

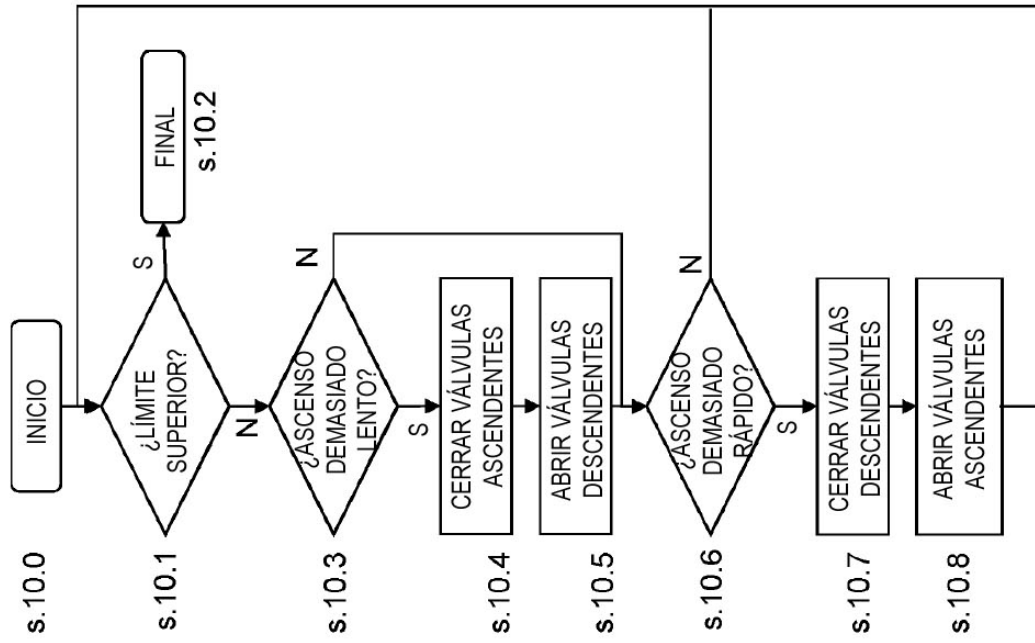


Figura 10

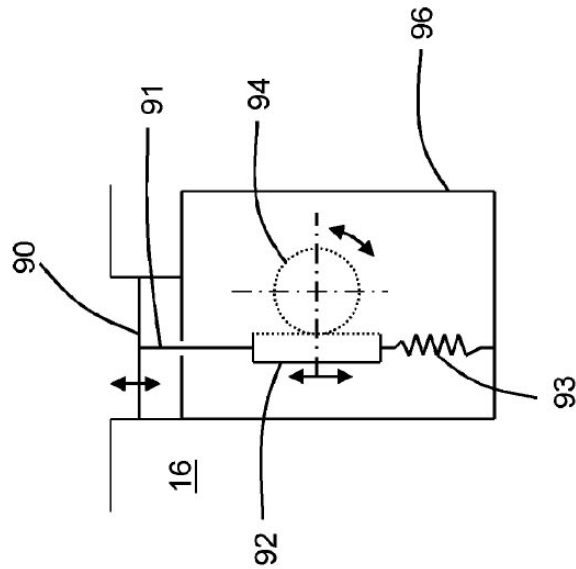


Figura 9