

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 751 405**

51 Int. Cl.:

**F03D 7/06** (2006.01)

**F03D 3/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.11.2013 PCT/EP2013/074704**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.05.2014 WO14080030**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.11.2013 E 13814443 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.07.2019 EP 2923081**

54 Título: **Turbina de eje vertical**

30 Prioridad:

**26.11.2012 GB 201221260**

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

**31.03.2020**

73 Titular/es:

**SUPERVAWT LIMITED (100.0%)**

**1000 Quemerford**

**Calne, Wiltshire SN11 8UA , GB**

72 Inventor/es:

**WHINNEY, JAMES FREDERICK CARNAC**

74 Agente/Representante:

**SÁEZ MAESO, Ana**

ES 2 751 405 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 de eje vertical

5 La presente invención se refiere a una turbina para su uso como una turbina eólica. La invención se refiere a turbinas que tienen un rotor de turbina con un eje de rotación y que incluyen una pala separada del eje de rotación de la turbina y en la que el eje longitudinal de la pala es sustancialmente paralelo al eje de rotación del rotor. Las modalidades de la invención son particularmente ventajosas cuando se usan como parte de una turbina eólica de eje vertical, aunque la invención también se puede aplicar a turbinas que se accionan mediante el agua, tales como turbinas mareomotrices.

10 Las turbinas de viento y agua de eje vertical del tipo Darrieus se conocen bien (ver, por ejemplo, el documento US 2011/0006526). Tales turbinas tienen una serie de desventajas conocidas que incluyen baja eficiencia, falta de torsión de arranque y vibración excesiva. Para superar algunas de estas desventajas, se han propuesto una serie de disposiciones de turbina que tienen mecanismos para ajustar el paso de las palas de la turbina. Las turbinas Darrieus no han sido tan eficientes o efectivas como se esperaba. Se cree que esto se debe a los estreses físicos y las limitaciones que se imponen por un diseño práctico y las condiciones reales de viento (que es poco probable que sean consistentes). Además, es difícil hacer que una turbina Darrieus arranque automáticamente.

15 Se han propuesto varias disposiciones para mejorar el rendimiento de las turbinas eólicas Darrieus o de eje vertical.

20 El ángulo de ataque es el ángulo entre la dirección de un fluido que se aproxima y una línea de referencia en una sección aerodinámica como una pala de turbina. El ángulo del paso o el paso de una sección aerodinámica como una pala de turbina eólica es el ángulo que toma la sección aerodinámica con relación a una referencia fija, como la base de la turbina eólica o el horizonte. Para una turbina eólica con un viento cuya dirección no cambia, el paso es una medida del ángulo de ataque. El paso también se puede definir como una rotación angular que se aplica al origen de una pala. Se reconoce que el paso de una sección aerodinámica tiene un impacto en la torsión que se ejerce en la sección aerodinámica por un fluido que se aproxima (por ejemplo, el viento en una turbina eólica) y, por lo tanto, en la salida de una turbina que incluye palas de sección aerodinámica. Se conocen diversas disposiciones para controlar el paso de las palas de una turbina eólica de eje vertical. Las disposiciones como las que se describen en los documentos US 2011/0006526 A1, WO 2011/130797 A1, WO 2011/144830 A1, FR 2 924 182 A1, US 3,382,931 A1 y WO 201/0305569 A1 tienen como objetivo controlar el paso de las palas de una turbina eólica de eje vertical mediante el uso de una disposición de levas, de manera que se proporciona una leva que se sitúa en el centro y un seguidor de leva que se acopla a las palas sigue la leva y, de esta manera gira la pala a medida que se mueve alrededor del eje de rotación de la turbina.

25 El documento WO 2011/130797 describe una turbina eólica con medios de control del paso en forma de un anillo o guía que se ubican alrededor del eje y que se acoplan a través de conexiones o líneas al extremo trasero de cada pala para controlar el paso de cada pala durante la rotación del rotor de la turbina. El anillo o guía se monta de manera que se pueda mover a medida que la turbina gira. El mecanismo para permitir que el anillo o guía se mueva crea un sistema de control pasivo, de manera que la posición de las palas se determina parcialmente por la fuerza y la dirección del viento y, de esta manera, es al menos parcialmente autoajutable. Esta disposición es complicada de fabricar y propensa a fallar. Los sistemas de control pasivos como el del documento WO 2011/130797 tampoco pueden proporcionar control de la inclinación de la pala.

30 El documento FR 2 924 182 describe una turbina eólica con una disposición de levas para controlar el paso. Se proporciona un trayecto de leva irregular central alrededor del eje de rotación del rotor de la turbina y los seguidores de leva se conectan mediante brazos o conexiones a las palas. La disposición de un solo trayecto de leva central irregular con una serie de conexiones en los seguidores de leva resulta en una disposición complicada que vibra y se sacude, y es muy difícil de ajustar para diferentes condiciones de viento. Las barras de control o conexiones que conectan los seguidores de leva centrales a las respectivas palas se muestran paralelas a los respectivos brazos de soporte. Sin embargo, esas barras o conexiones necesitarían, durante el uso, tirar de las palas a ángulos que no son paralelos al brazo. Es probable que esto conduzca a altas fuerzas de fricción, vibración y sacudidas.

35 Todos los documentos US 3,382,931, US 2011/0006526, WO 2011/144830 y US 2011/0305569 describen disposiciones similares a la disposición original propuesta por Darrieus en la que el control del paso se logra por medio de proporcionar conexiones o barras que se conectan a una unidad central de control del paso, de manera que estas giran alrededor de un punto que se ubica excéntricamente con relación al eje de rotación del rotor de la turbina. Tales disposiciones también sufren de vibración excesiva y, por lo tanto, pérdidas.

40 El inventor de la solicitud en cuestión ha apreciado que las disposiciones con barras rígidas o conexiones que se conectan a un conector o eje central compartido producen tensiones y vibraciones como resultado del hecho de que los lados opuestos de la turbina se exponen a condiciones de viento muy diferentes y, por lo tanto, las conexiones o barras opuestas ejercen diferentes fuerzas y dan lugar a desequilibrios. Los dispositivos de control del paso para turbinas eólicas de eje vertical no han tenido éxito comercial. Ha habido muchos diseños y, de los datos de prueba disponibles, ninguno ha sido alentador. Ha habido problemas con la vibración, la fricción y el bajo rendimiento que las disposiciones que existen y se conocen no han resuelto adecuadamente.

45

50

55

60

65

5 Aunque el paso variable parece ser una respuesta a las grandes variaciones en el ángulo de ataque de una turbina eólica de eje vertical durante cada revolución de la turbina (y las fluctuaciones significativas resultantes en la carga dinámica que provocan fatiga y reducen el rendimiento de la turbina), no se ha logrado ningún diseño exitoso. Por lo tanto, las turbinas de eje vertical conocidas no son tan potentes como podrían ser y hay implicaciones de fatiga en los diseños actuales de eje vertical que no tienen control del paso.

10 Los documentos US 3,382,931, US 2011/0006526, FR 2 924 182, WO 2011/130797 y US 2011/0305569 describen turbinas eólicas en las que el ángulo del paso de las palas de una cantidad de palas se controla mediante barras que conectan cada pala a un trayecto de leva central o a un único aro central que gira alrededor de un eje que se desplaza del eje de rotación de la pala de la turbina. Como se discutió anteriormente, el inventor de la solicitud en cuestión es el primero en apreciar que esta disposición de barras que se extienden hacia una cantidad de palas desde un único trayecto central o aro da como resultado un bajo rendimiento. Las razones del bajo rendimiento no son del todo claras, pero se cree que es porque, en la práctica, las palas y las barras no son perfectamente rígidas, inevitablemente hay ligeros cambios en la distancia entre las palas a medida que las palas giran debido a las diferencias de las fuerzas en diferentes puntos en su rotación. Estas diferencias conducen a vibraciones. Mientras más rápida sea la rotación y/o la velocidad del viento o del fluido, mayores serán estos efectos, a medida que las diferencias en las fuerzas entre los diferentes puntos de la rotación sean mayores.

20 La inclinación de una sección aerodinámica como una pala de turbina es efectivamente la forma o curvatura de la sección aerodinámica. La inclinación de una sección aerodinámica se puede definir mediante una línea de inclinación, que es la curva que se encuentra a medio camino entre las superficies superior e inferior de la sección aerodinámica. El documento US 2010/0096854 A1 describe una turbina eólica de eje vertical que se puede controlar activamente. Cada pala tiene dos partes y el paso y la inclinación de cada pala se controla mediante motores que se disponen en o cerca de las palas, los cuales mueven de manera controlable las dos partes de cada pala y, de esta manera cambian el paso y la inclinación de la pala. Esta disposición requiere un procesamiento de datos complejo para controlar cada motor. Además, los motores deben ser potentes y es difícil controlarlos con precisión ya que se necesitan fuerzas significativas para mover las partes de pala a medida que giran.

30 Los documentos US 2010/0054936 y DE 20 2010 002 046 U también describen disposiciones para controlar la inclinación (y/o el paso) de palas individuales de turbinas eólicas mediante el uso de accionadores que se controlan mediante un ordenador que se ubica en o cerca de las palas de la turbina. Como se discutió anteriormente para el documento US 2010/0096854, durante el uso, las palas se mueven rápidamente y se encuentran sujetas a fuerzas significativas. Los accionadores o motores adecuados para controlar las palas deben, por lo tanto, ser capaces de proporcionar grandes fuerzas para cambiar el ángulo de ataque o el paso, y la forma o inclinación de las palas que se mueven. Por lo tanto, los accionadores o motores que se necesitan son caros y propensos al fallo. Además, la ubicación de los accionadores en o cerca de las palas hace que el mantenimiento o el reemplazo de los accionadores sea difícil, prolongado y costoso.

40 El documento WO 2004/079187 describe una turbina eólica con guía pasiva de la inclinación. Esto no permite un control preciso de la inclinación y, por lo tanto, tampoco la optimización de las propiedades de la inclinación en diferentes puntos en la rotación de la respectiva pala. Otro ejemplo se describe en el documento US 4,383,801.

45 La presente invención proporciona una turbina como se define en la reivindicación 1 a la que ahora se debe hacer referencia. Los elementos preferidos de las modalidades de la invención se definen en las reivindicaciones dependientes, a las cuales se debe hacer referencia también.

50 El inventor de la solicitud en cuestión es el primero en comprender que una solución al problema del control complejo y difícil que se asocia con los sistemas como el del documento US 2010/0096854 se puede lograr con la etapa contraria a la lógica de controlar la inclinación y el paso mediante el uso de un control físico o mecánico simple y fuerte en lugar de un control electrónico preciso y propenso al fallo. El inventor es el primero en comprender que se puede usar una disposición de control de tipo leva físico o mecánico para controlar efectivamente tanto el paso como la inclinación de una pala de turbina y que dicho control puede mejorar significativamente la eficiencia de una turbina eólica de eje vertical.

55 Las modalidades de la invención proporcionan un control activo tanto del paso como de la inclinación al asegurar que los ejes del paso y la inclinación sigan las trayectorias que se definen y establecen por los respectivos componentes físicos primero y segundo. Los componentes físicos primero y segundo que definen las trayectorias del paso y la inclinación respectivamente pueden ser componentes separados.

60 Una solución que se usa en las modalidades preferidas de la invención es separar el control de cada pala, pero mantener un posicionamiento preciso al proporcionar un componente físico para definir una trayectoria del eje del paso. Preferentemente, se proporcionan aros independientes excéntricos de desplazamiento para cada pala o el aro de desplazamiento se reemplaza por un riel guía de desplazamiento. Cuando se usa un riel guía de desplazamiento, ya no es necesario tener rieles guía separados para cada pala, ya que el mecanismo de guía para cada pala se puede separar durante la rotación de las palas alrededor de la guía.

65 Para reducir la vibración y mejorar el flujo laminar, la pala debe poder modificar su inclinación. Un segundo componente físico proporciona una trayectoria definida del eje de la inclinación para lograr esto y para mantener el flujo laminar

alrededor de una rotación. Preferentemente, un conjunto de aros excéntricos o rieles guía de desplazamiento proporciona la segunda trayectoria física.

5 Preferentemente, las trayectorias del paso y la inclinación son, cada una, sustancialmente circulares. El inventor ha comprendido que esto simplifica considerablemente la construcción de la turbina y hace que se controle con más facilidad sin pérdidas significativas de eficiencia y efectividad. Las disposiciones irregulares, como la del documento FR 2 924 182, que se adaptan con precisión para obtener la máxima eficiencia, no se pueden ajustar fácilmente a una disposición irregular diferente. También requieren un mecanismo de orientación giratorio para alinear la disposición irregular con la dirección del viento.

10 Preferentemente, la posición de los aros del paso y la inclinación, o los rieles guía del paso y la inclinación se ajusta de manera controlable.

15 Preferentemente, la posición de los aros del paso y la inclinación, o los rieles guía del paso y la inclinación se controla mediante accionadores lineales. Cuando los aros o guías excéntricos de desplazamiento se colocan en los accionadores lineales, la inclinación y el paso de la pala se pueden modificar fácilmente para que coincidan con la rotación y las velocidades del viento. Si se invierte el desplazamiento, este se puede usar para inducir la detención de la pala y así parar de manera segura una turbina.

20 Si los aros excéntricos o los rieles guía de desplazamiento se montan en accionadores lineales que los pueden mover en dos ejes, entonces pueden actuar juntos como un mecanismo de orientación al mover el desplazamiento de los aros o guías a cualquier posición útil.

25 Ahora se describirán las modalidades de la presente invención por medio de un ejemplo no limitante, con referencia a las figuras adjuntas, en donde:

la figura 1 ilustra una primera modalidad de la invención con tres palas de turbina y dos rieles guía de desplazamiento, un riel guía para controlar el paso de las palas y un riel guía para controlar la inclinación de las palas;

la figura 2 ilustra el eje vertical central y los brazos de soporte de las palas de la modalidad de la figura 1;

30 la figura 3 ilustra una estructura de palas y rieles guía para la modalidad de la figura 1;

la figura 4 es una vista detallada de la parte superior de las palas de la figura 1;

la figura 5 es una vista que muestra la parte inferior de las palas de la figura 1;

la figura 6 es una vista alternativa correspondiente a la figura 5, pero a una mayor altura;

la figura 7 es una ilustración esquemática del control de una pala y su paso e inclinación a medida que la pala gira;

35 la figura 8 es una vista detallada de una porción de la ilustración esquemática de la figura 7;

la figura 9 ilustra un mecanismo de orientación para la modalidad de las figuras de la 1 a la 8 que se describieron anteriormente;

la figura 10 es una vista alternativa del mecanismo de orientación de la figura 9 sin los rieles guía;

40 la figura 11 es una vista detallada de un anclaje del riel guía de desplazamiento con accionadores lineales para permitir que los rieles guía del paso y la inclinación se muevan en un eje;

la figura 12 es una vista de cerca alternativa de las disposiciones que se muestran en la figura 11;

la figura 13 es una disposición alternativa de los accionadores lineales del riel guía en la que no se requiere un mecanismo de paleta de orientación;

45 la figura 14 es una vista en planta superior que muestra la ubicación de los accionadores lineales de las modalidades de la figura 13;

la figura 15 es una vista lateral de la disposición del accionador lineal de la figura 14;

la figura 16 ilustra una segunda modalidad de la invención con tres palas ajustables y seis aros excéntricos de desplazamiento;

50 la figura 17 ilustra la estructura de la pala, los aros excéntricos y las barras de empuje de la modalidad de la figura 16;

la figura 18 es una vista de cerca inferior de la pala, los aros y las barras de empuje de la modalidad de la figura 16;

la figura 19 es una vista lateral de cerca de la pala, los aros excéntricos y las barras de empuje de la modalidad de la figura 16;

la figura 20 es una ilustración del anclaje de un aro excéntrico a un mecanismo de orientación en la modalidad de la figura 16;

55 la figura 21 es una vista del mecanismo de orientación de la figura 20 desde abajo;

la figura 22 ilustra la ubicación de los anclajes de los aros excéntricos de la modalidad de la figura 16;

la figura 23 ilustra los anclajes de los aros excéntricos de la modalidad de la figura 16 con los accionadores lineales para permitir que los aros excéntricos del paso y la inclinación se muevan en un eje;

60 la figura 24 es una disposición alternativa de anclaje del aro excéntrico en la que no se requiere un mecanismo de paleta de orientación;

la figura 25 ilustra una modalidad alternativa de la invención para usar como una turbina mareomotriz; y

la figura 26 es una vista lateral de la modalidad de la figura 25.

65 Cierta terminología se usará en la siguiente descripción solo por conveniencia y referencia, y no será limitante. Por ejemplo, las palabras "parte superior", "parte inferior", "inferior" y "superior" se referirán a las direcciones en los dibujos a

los cuales se hace referencia. Dicha terminología incluirá las palabras que se mencionan específicamente derivadas de estas y palabras de similar significado o que se entienden por el experto en la materia porque tienen la misma función.

Con referencia a las figuras 1 y 2, una turbina eólica 1 de eje vertical comprende tres palas 2 de turbina que giran alrededor de una barra vertical central 3 que define un eje vertical. Esta barra vertical se acopla a las palas de la turbina mediante pares de brazos 4 que se conectan a las partes superiores y las partes inferiores de cada pala 2 de la turbina. Los brazos de soporte horizontales 4 se conectan rígidamente a la barra vertical central 3 y la barra vertical central 3 puede girar sobre un soporte 5 en su base 6. La barra vertical central 3, los brazos de soporte horizontales 4 y las palas 2 forman juntos el rotor de la turbina eólica 1 de eje vertical.

Cada pala tiene dos porciones (ver figura 5); una porción de pala delantera 7 y una porción de pala trasera 8.

La parte inferior de cada pala 9 se acopla a un par de rieles guía 10, 11 que se soportan por la base 6 de la turbina eólica 1, o se soportan y se mantienen de cualquier otra manera en la parte inferior de la turbina eólica de eje vertical.

Con referencia a las figuras 4, 5 y 6, la primera porción de pala delantera 7 contiene una barra 65 que se proyecta desde los extremos superior 12 e inferior 13 de la porción de pala delantera, que se acopla mediante una disposición de cojinete 14 a los brazos de soporte horizontales de la pala. La segunda porción de pala trasera 8 se dispone de manera que pueda girar con relación a la porción de pala delantera 7 en la dirección 'A' que se muestra en la figura 4. Una barra 15 atraviesa y se acopla a la parte frontal de la porción de pala trasera 8 desde la parte superior 16 hasta la parte inferior 17. El extremo superior 18 de esta barra 15 se acopla de manera giratoria a través de un cojinete 19 a la parte frontal de la porción de pala delantera 7, y en su extremo inferior 20 se acopla de manera giratoria tanto a la porción de pala delantera 7 de una manera similar a la que se describió anteriormente para el extremo superior a través de un cojinete 21, como a la disposición de seguidor de leva 23, a través de un cojinete seguidor 24, la cual se acopla a y sigue un riel guía de control del paso o un trayecto de leva 10. El seguidor de leva 23 comprende dicho cojinete central 24 al cual se unen cuatro cojinetes giratorios 25. Los cuatro cojinetes se colocan alrededor del riel guía 10 que comprende un elemento circular en forma de placa. Esta disposición significa que el paso o el ángulo de la porción de pala delantera 7 varía con la distancia radial entre los extremos de los brazos de soporte horizontales 4 y la porción respectiva del riel guía de control del paso 10.

Un brazo 29 en forma de U se conecta rígidamente a un brazo de conexión 28 que, a su vez, se conecta rígidamente al extremo inferior 20 de la barra 15. Esta disposición del brazo 28, 29 se usa para acoplar de manera giratoria el extremo inferior 20 de la barra 15, a través del cojinete 27, a un segundo seguidor de leva 30 que se acopla a un riel guía de control de inclinación o trayecto de leva 11. El seguidor de leva de la inclinación es similar al seguidor de leva del paso en que comprende dicho único cojinete central 27, al cual se unen cuatro cojinetes 26, como se describió anteriormente para el seguidor de leva del paso 23. Los cuatro cojinetes 26 se colocan alrededor de un riel guía circular 11 en forma de placa que define el riel guía de la inclinación o trayecto de leva. El seguidor de leva 30 se monta en la parte inferior de la disposición del brazo 28, 29 mediante dicho cojinete central 27. El brazo 28, 29 se forma de manera que hay espacio para que los rieles guía 10, 11 se crucen y los seguidores de leva del paso y la inclinación 23, 30 no interfieran entre sí.

El riel guía de la inclinación 11 y su interacción con el cojinete seguidor 30 de la inclinación da como resultado el control del giro de la porción de pala trasera 8 con respecto a la porción de pala delantera 7 y, de esta manera, cambia de manera controlable la inclinación de la pala 2.

Como se muestra en la figura 9, los rieles guía 10, 11 y las palas 2 se disponen en un mecanismo de orientación 31 para girar el mecanismo a medida que cambia la dirección del viento incidente. El mecanismo de orientación 31 comprende una placa circular 32 que se acopla de manera giratoria a la base de la turbina. La placa 32 tiene una paleta de orientación 33 con el fin de alinear la paleta con el viento incidente. Los anclajes 34 se colocan en la placa, en los que se ubican los rieles guía, como se puede ver en la figura 10.

En una modalidad alternativa de la invención, como se muestra en las figuras de la 11 a la 15, los anclajes del riel guía se ubican en accionadores lineales 35 que pueden mover de manera controlable los rieles guía del paso y la inclinación 10, 11. Los accionadores lineales 35 se pueden usar para mover de manera controlable los rieles del paso y la inclinación y, de esta manera, ajustar el paso y la inclinación para diferentes condiciones. Los accionadores lineales se pueden usar para optimizar la velocidad, ya que la velocidad de rotación aumenta el viento aparente y, por lo tanto, el paso debe cambiar y la inclinación se puede optimizar para la velocidad del viento. En condiciones de poco viento, esto sería maximizar la velocidad de rotación.

La modalidad que se muestra en la figura 13 incluye una paleta de dirección del viento 60 y un anemómetro 61. La dirección y la velocidad del viento que se detecta por estos se usan para controlar los accionadores lineales 35.

Como las turbinas o los generadores eólicos también tienen rangos de operación óptimos, puede ser que la velocidad se deba reducir en condiciones de viento fuerte y esto se puede lograr mediante el cambio del paso y/o la inclinación.

En condiciones de viento extremo, también es posible parar o detener la turbina mediante el movimiento del desplazamiento del paso y la inclinación a puntos en el otro lado del radio del eje del paso.

- 5 En una modalidad alternativa de la invención que se ilustra en las figuras 16, 17, 18 y 19, los rieles guía circulares del paso y la inclinación se reemplazan con disposiciones individuales y separadas de control del paso y la inclinación para cada pala 2. Cada control comprende un aro excéntrico de desplazamiento 36 y una barra de empuje 39 que se conecta a la estructura de la barra del eje. El resto de su estructura es similar a la estructura que se describió anteriormente en relación con las figuras 12 y 15. Ya sea un punto del eje del paso 40 en la porción de pala delantera 7 o un punto del eje de la inclinación 41 en la porción de pala trasera 8 de una pala repetitiva. La turbina de eje vertical 1 comprende tres palas 2 de turbina que giran alrededor de una barra vertical central 3 que define un eje vertical. Esta barra vertical se acopla a las palas de la turbina por unos pares de brazos 4 que se conectan a las partes superior e inferior de cada pala de la turbina. Los brazos de soporte horizontales 4 se conectan de manera rígida a la barra de soporte central 3 y la barra de soporte central puede girar sobre un soporte en su base. La barra de soporte central, los brazos de soporte horizontales y las palas juntas forman el rotor de la turbina eólica de eje vertical.
- 10
- 15 Con referencia a las figuras 17, 18 y 19, la porción de pala delantera 7 se acopla en sus extremos superior e inferior mediante disposiciones de cojinetes 42 repetitivas a los brazos de soporte de palas horizontales 4. La porción de pala trasera se dispone de manera que pueda girar con relación a la porción de pala delantera 7.
- 20 Una barra 43 pasa a través de la parte frontal de la porción de pala trasera 8 desde la parte superior hasta la parte inferior. El extremo superior de esta barra 43 se acopla a través de un cojinete (que no se muestra) a la porción de pala delantera o frontal, y en su extremo inferior se acopla a través de un cojinete 44 a la porción de pala delantera 7 o frontal. La parte inferior de la barra 43 se acopla a través de la barra 46 y un cojinete a una barra 39 que se conecta de manera rígida al aro excéntrico 36 que controla el paso de la pala. Un brazo 47 en forma de L se conecta de manera rígida a la barra 43 de la porción de pala trasera horizontalmente en la dirección de la parte trasera de la porción de pala trasera, esto se acopla a través de un cojinete a la barra de empuje del segundo aro excéntrico 37 que controla la inclinación de la pala.
- 25
- 30 Con referencia a las figuras 20, 21 y 22, los aros excéntricos se disponen en un mecanismo de orientación 31 para rotar el mecanismo a medida que cambia la dirección del viento incidente. El mecanismo de orientación comprende una placa circular 32 que se acopla de manera giratoria a la base de la turbina. La placa tiene una paleta de orientación 33 para alinear la paleta con el viento incidente. Los anclajes 34 se colocan en la placa en los que se ubican los aros excéntricos.
- 35 Con referencia a la figura 23 en una modalidad alternativa de la invención, los aros excéntricos se ubican en los accionadores lineales 35 que pueden mover de manera controlable en un eje los aros excéntricos del paso y la inclinación.
- 40 Con referencia a la figura 24 en una modalidad alternativa de la invención, los aros excéntricos se ubican en los accionadores lineales 48 que pueden mover de manera controlable en dos ejes los aros excéntricos del paso y la inclinación y así reemplazar la necesidad de un mecanismo de paletas de orientación giratorio.
- 45 Con referencia a las figuras 25 y 26, la turbina de eje vertical se dispone con un flotador de agua 50 para que sea adecuada como una turbina de agua flotante 49. La barra de conexión en la parte superior de la pala se extiende para que los brazos de soporte horizontales superiores y los rieles guía de control y los accionadores lineales no estén en contacto con el agua. La construcción de la turbina es, de cualquier otra manera, la misma que se describió para las modalidades que se mostraron en las figuras de la 1 a la 23 pero invertida o al revés.
- 50 Las modalidades de la invención son adecuadas para extraer energía de cualquier fluido en movimiento. Los fluidos y entornos adecuados incluyen, entre otros, el aire en movimiento o viento y las mareas. Todas las modalidades de la invención que se describieron anteriormente con referencia a las figuras de la 1 a la 26 tienen un eje de rotación del rotor de la turbina que es sustancialmente vertical. Sin embargo, la invención es igualmente aplicable para su uso en situaciones en las que el eje de rotación del rotor no es vertical: por ejemplo, en un dispositivo con impulsor cicloidal o en un dispositivo de corriente de marea de aguas poco profundas en el cual el eje de rotación sería sustancialmente horizontal. El experto apreciará fácilmente que la estructura de una turbina de este tipo sería similar a la que se describió anteriormente en relación con las figuras de la 1 a la 26.

**REIVINDICACIONES**

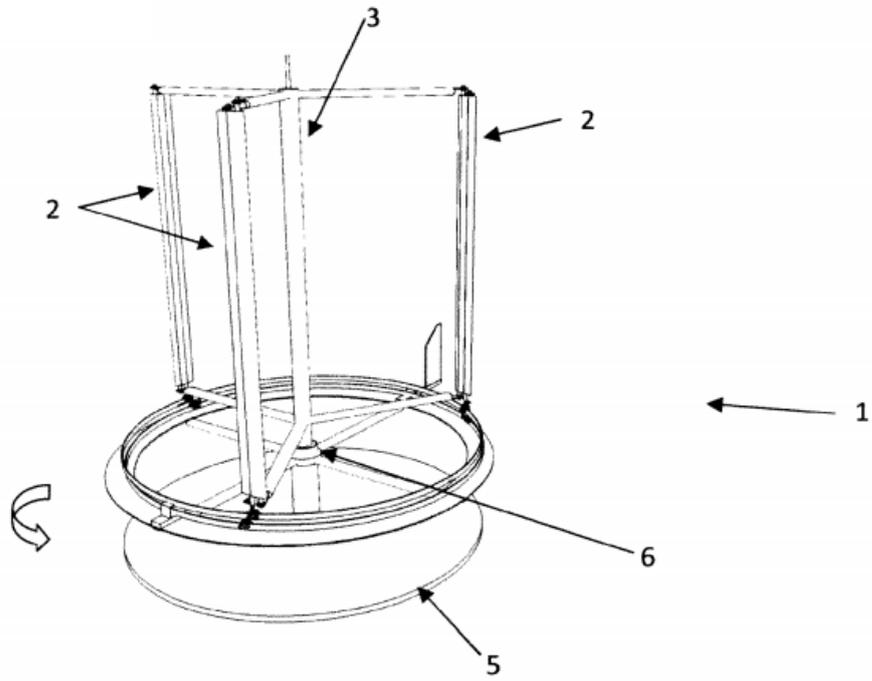
1. Una turbina (1) que comprende un rotor de turbina que tiene un eje de rotación y al menos una pala (2) que se separa de y se monta para la rotación alrededor del eje de rotación de la turbina, la pala que tiene al menos una superficie longitudinal sustancialmente paralela al eje de rotación y para el acoplamiento, durante el uso, con el fluido incidente en el rotor de la turbina, y la pala que es una pala de dos partes con una porción de pala delantera (7) que se conecta de manera giratoria a una porción de pala trasera (8), la turbina que comprende además medios de control del paso activos y medios de control de la inclinación activos para controlar el paso y la inclinación de la pala, los medios de control del paso activos que comprenden un eje del paso (24, 41), la primera porción de pala delantera que se dispone para girar alrededor del eje del paso y el eje del paso que se guía a lo largo una trayectoria del paso que se define mediante un primer componente de trayectoria físico (10), y los medios de control de la inclinación activos que comprenden un eje de la inclinación (27,65), la segunda porción de pala trasera que se dispone para girar alrededor del eje de la inclinación y el eje de la inclinación que se guía a lo largo de una trayectoria de inclinación que se define mediante un segundo componente de trayectoria físico (11).
2. Una turbina de acuerdo con la reivindicación 1, en donde las trayectorias del paso y la inclinación son, cada una, sustancialmente circulares.
3. Una turbina de acuerdo con la reivindicación 2, en donde la trayectoria o las trayectorias del paso y/o la inclinación definen, cada una, una trayectoria sustancialmente circular y los centros de las trayectorias circulares se desplazan entre sí y con respecto al eje de rotación del rotor de la turbina.
4. Una turbina de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde la trayectoria del paso se define por el extremo distal de una barra (39) que se conecta a un aro del paso (36) que gira alrededor de un eje que se desplaza del eje de rotación del rotor de la turbina, y la trayectoria de la inclinación se define por el extremo distal de una barra (39) que se conecta a un aro de la inclinación (37) que gira alrededor de un eje que se desplaza del eje de rotación del rotor de la turbina, los extremos distales de las barras del paso y la inclinación que se acoplan de manera giratoria a los ejes del paso y la inclinación (41,65) respectivamente.
5. Una turbina de acuerdo con la reivindicación 4, en donde los ejes del paso y la inclinación (41,65) de la pala (2) de la turbina se acoplan a barras separadas (39), y cada barra se acopla a un aro del paso o la inclinación (36, 37).
6. Una turbina de acuerdo con la reivindicación 5 que comprende al menos dos palas (2) de turbina y en donde los ejes del paso y la inclinación (24, 27) de cada pala de la turbina se acopla, cada uno, a barras separadas (39), y cada barra se acopla a un aro del paso o la inclinación separado (36, 37).
7. Una turbina de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de la 1 a la 3, en donde la trayectoria del paso se define mediante un primer riel guía del paso (10), y la trayectoria de la inclinación se define mediante un segundo riel guía de la inclinación.
8. Una turbina de acuerdo con la reivindicación 7 que comprende al menos dos palas (2) y en donde los ejes del paso y la inclinación (24, 27) de dichas al menos dos palas se acoplan, respectivamente, a un único paso (10) y a un único riel guía de la inclinación (11).
9. Una turbina de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de la 1 a la 3, en donde una de las trayectorias del paso o la inclinación se define por el extremo distal de una barra (39) que se conecta a un aro (36, 37) que gira alrededor de un eje que se desplaza del eje de rotación de la turbina, el extremo distal de la barra que se acopla de manera giratoria al eje del paso o de la inclinación (24, 27), y en donde la otra de las trayectorias del paso o la inclinación se define por un riel guía del paso o la inclinación (10,11) respectivamente.
10. Una turbina de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde, durante el uso, se fija la posición de los aros del paso y/o la inclinación (36, 37), o el riel guía del paso y/o la inclinación (10,11).
11. Una turbina de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de la 1 a la 9, en donde la posición de los aros del paso y/o la inclinación (36, 37), o el riel guía del paso y/o la inclinación (10,11) se ajusta de manera controlable.
12. Una turbina de acuerdo con la reivindicación 11, en donde la posición de los aros del paso y/o la inclinación (36, 37), o el riel guía del paso y/o la inclinación (10, 11) se controla mediante accionadores lineales.
13. Una turbina de acuerdo con la reivindicación 11 o la reivindicación 12 en donde el ajuste es posible en uno o dos ejes.
14. Una turbina de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde cada porción de pala (2) incluye superficies transversales opuestas primera (12,16) y segunda (13,17) sustancialmente transversales al eje longitudinal de la pala y en donde una de la porción de pala delantera (7) o la porción de pala trasera (8) incluye las barras del eje primera (18) y segunda (20) que se proyectan desde, respectivamente, las superficies transversales primera y

segunda de la porción de pala delantera o la porción de pala trasera, la primera barra del eje que se acopla a una de la porción de pala delantera o la porción de pala trasera para formar uno de los ejes del paso o la inclinación (24, 27) y la segunda barra del eje que se acopla a un mecanismo seguidor (23, 30) que se dispone para seguir uno del, o el, riel guía del paso o la inclinación (10,11), o a una barra (39) que se conecta a uno de los aros del paso o la inclinación (36,37).

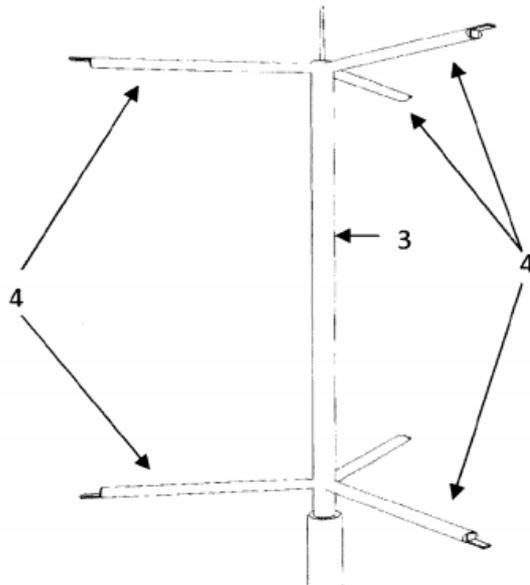
5

15. Una turbina de acuerdo con la reivindicación 14, en donde la primera barra del eje (18) se proyecta de una de la porción de pala delantera (7) o de la porción de pala trasera (8) y se acopla a la otra de la porción de pala delantera o la porción de pala trasera.

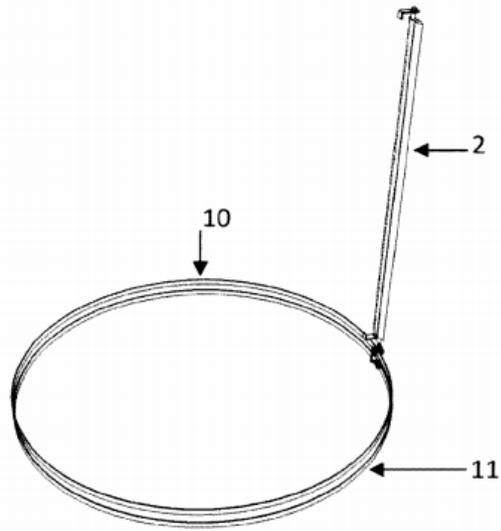
**FIGURA 1**



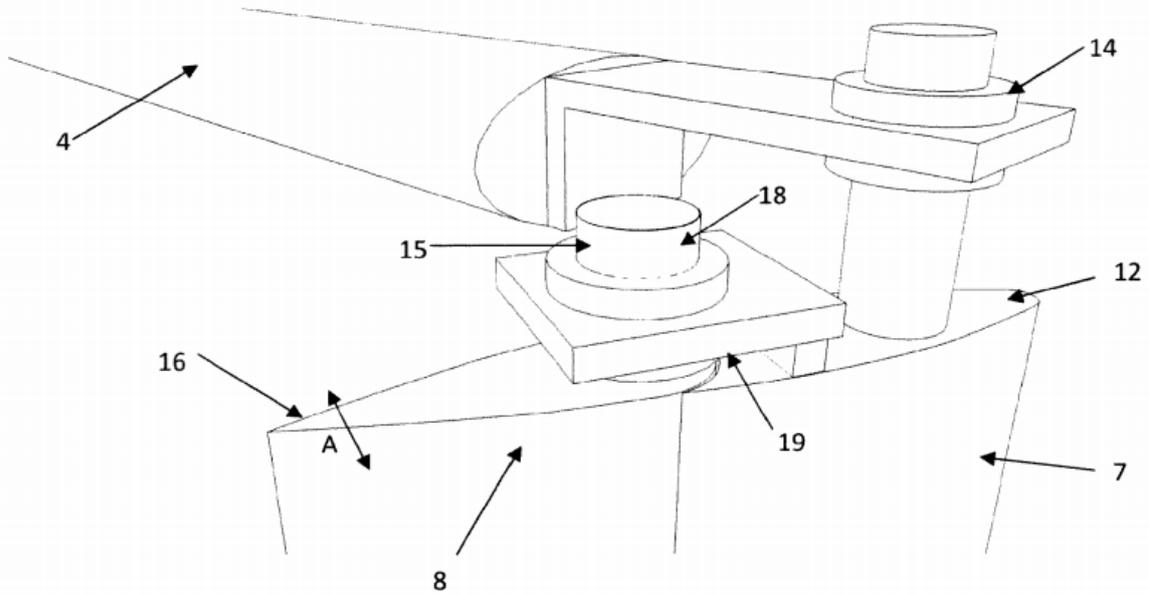
**FIGURA 2**



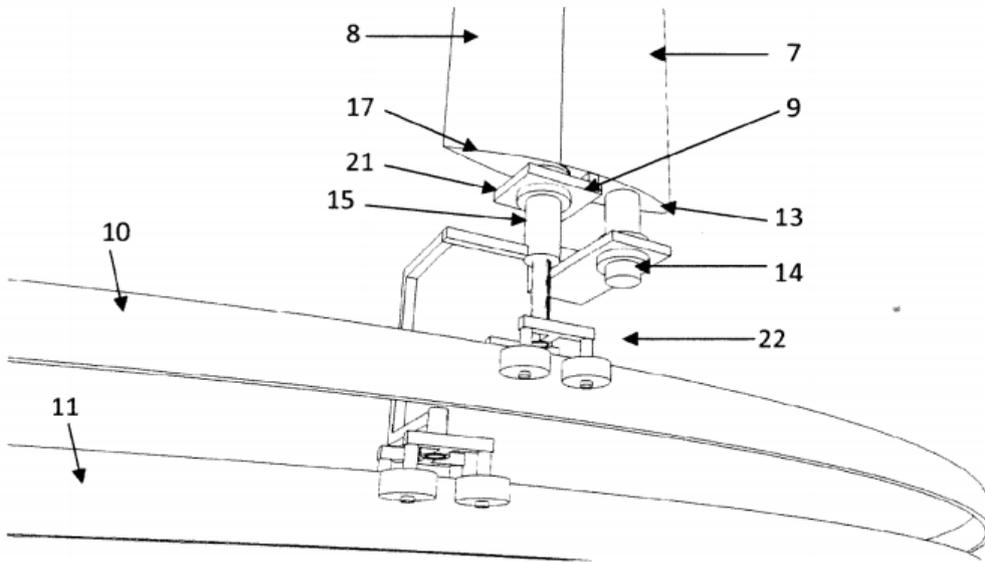
**FIGURA 3**



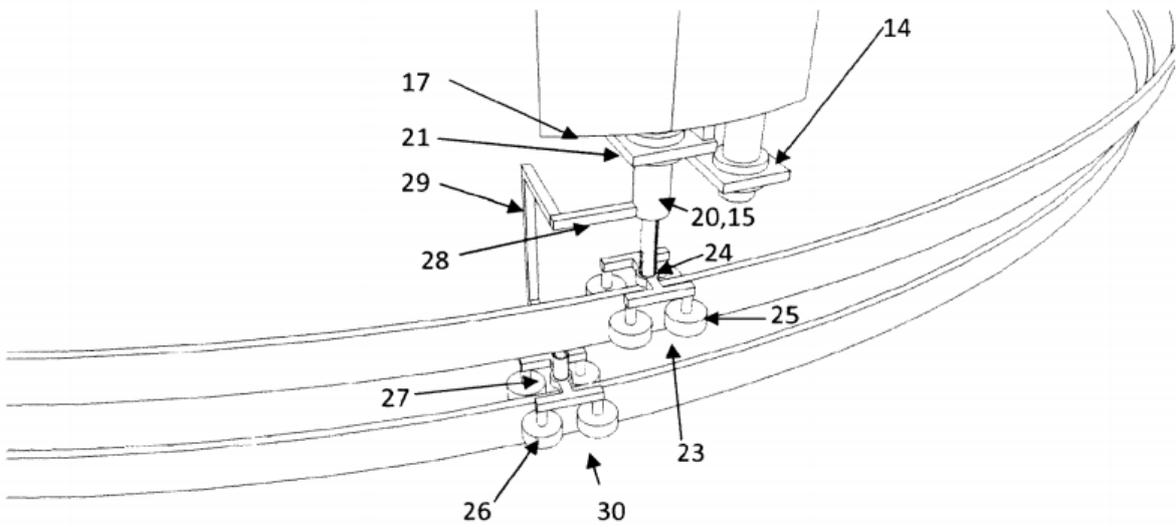
**FIGURA 4**



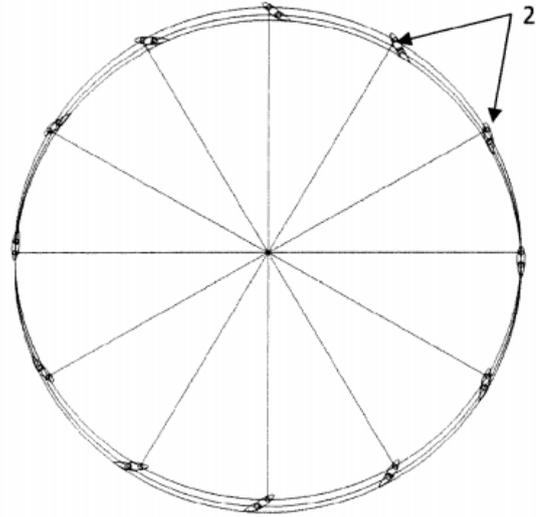
**FIGURA 5**



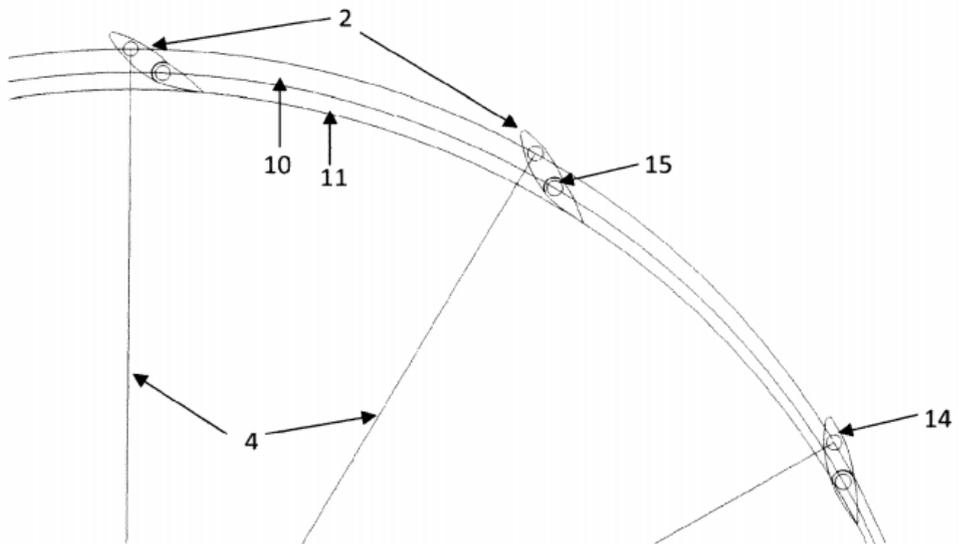
**FIGURA 6**



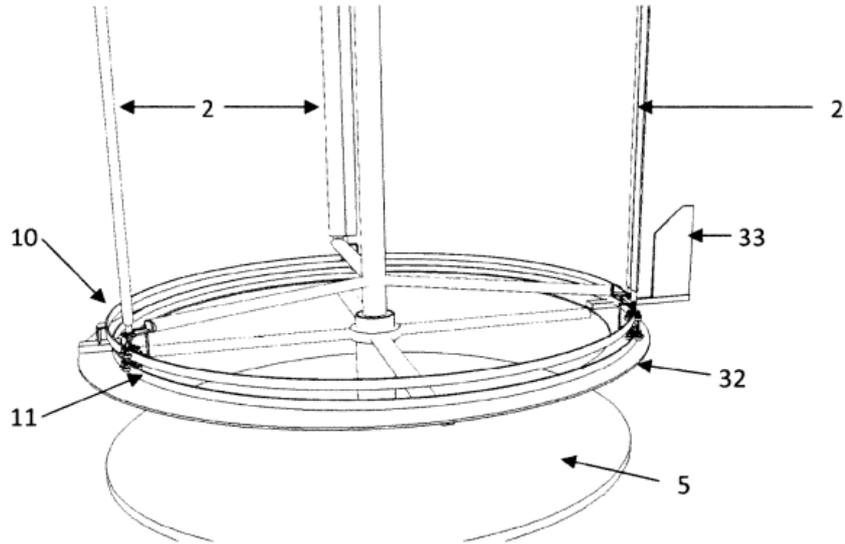
**FIGURA 7**



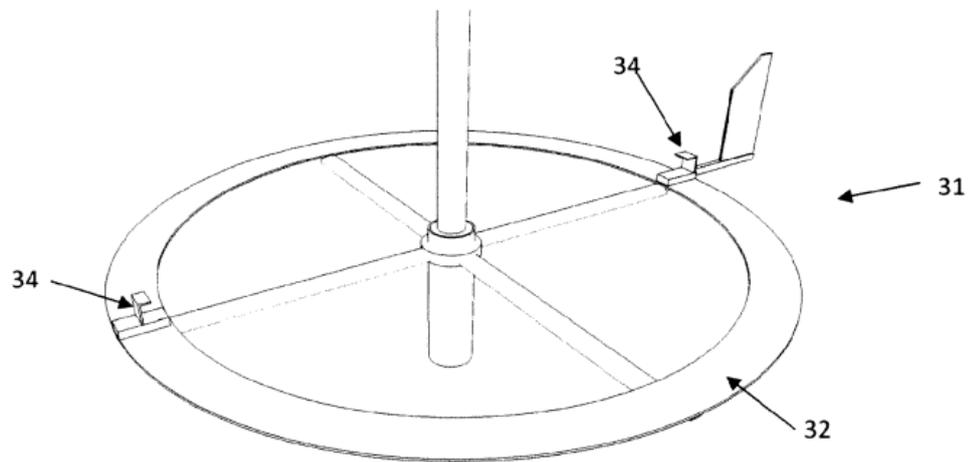
**FIGURA 8**



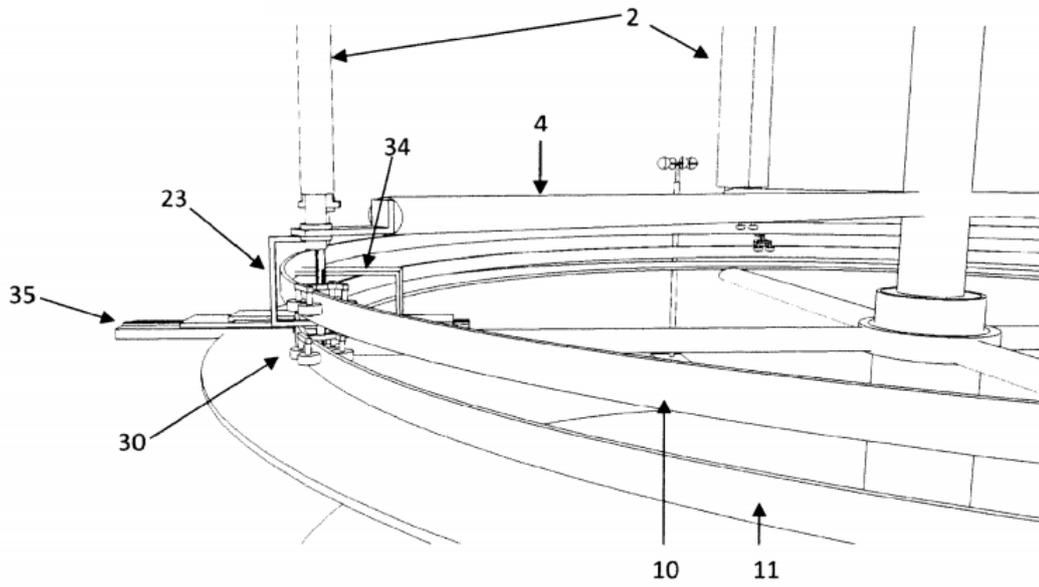
**FIGURA 9**



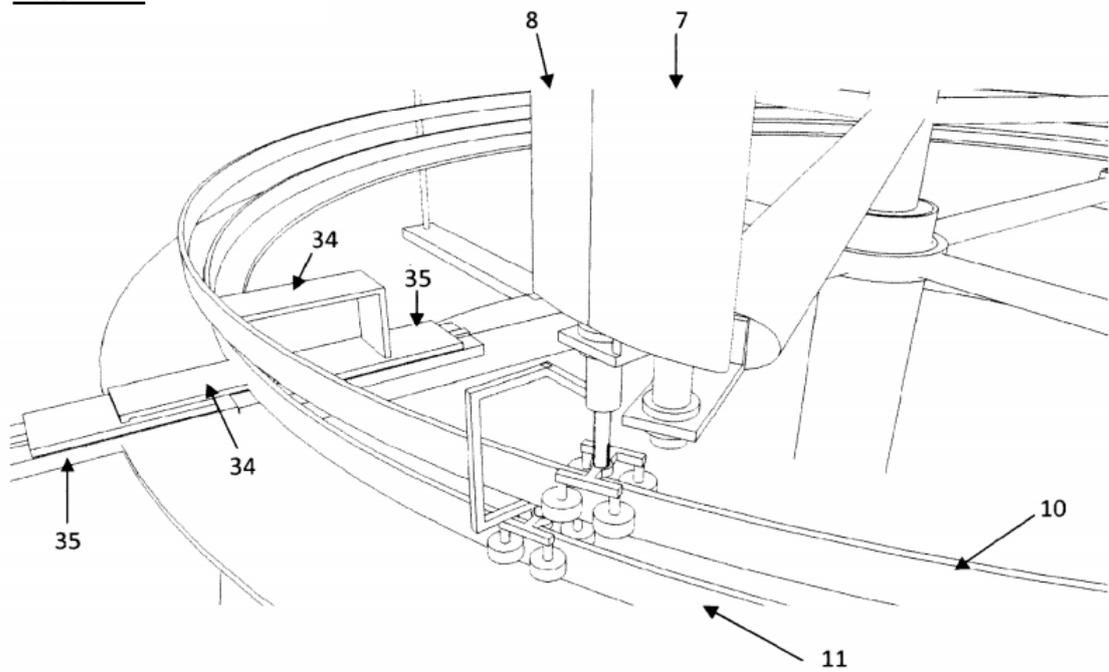
**FIGURA 10**



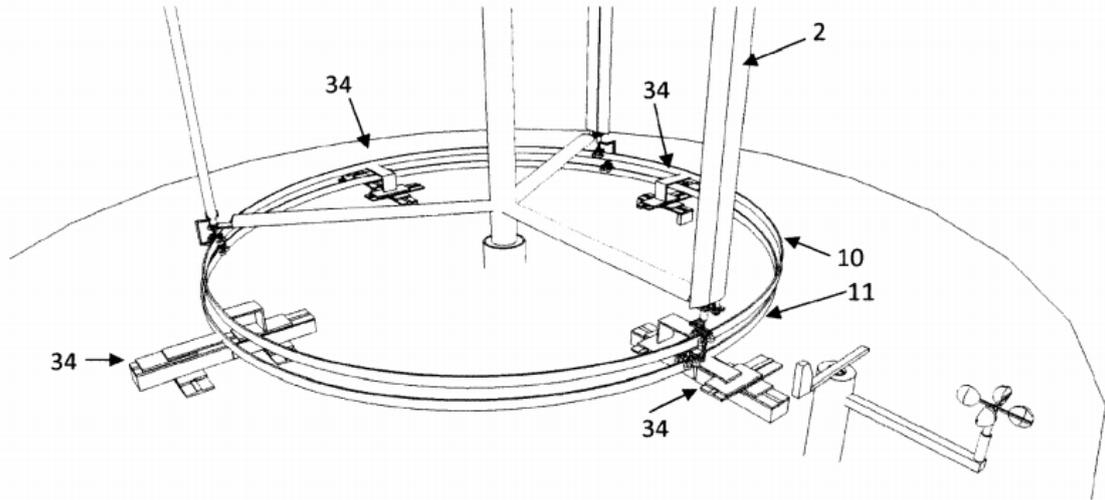
**FIGURA 11**



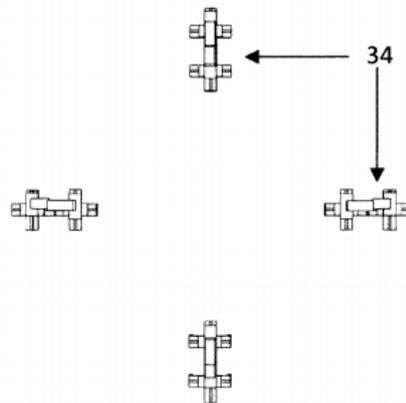
**FIGURA 12**



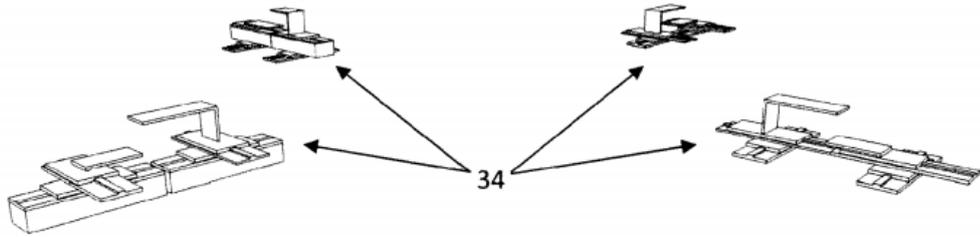
**FIGURA 13**



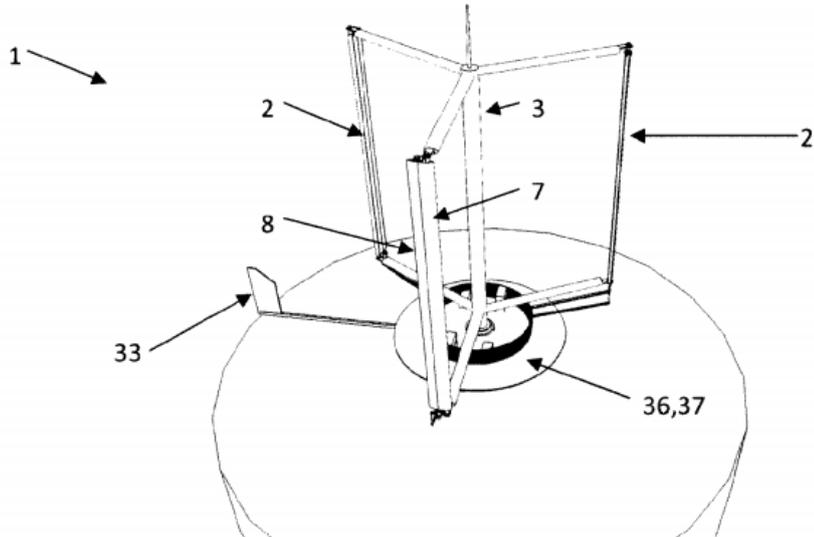
**FIGURA 14**



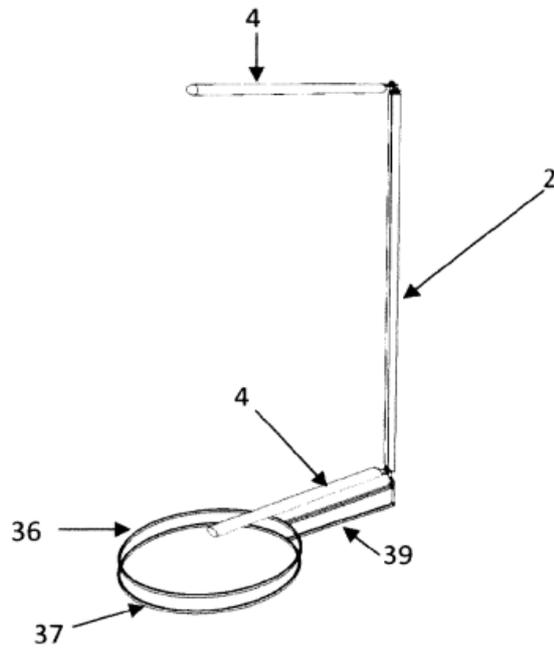
**FIGURA 15**



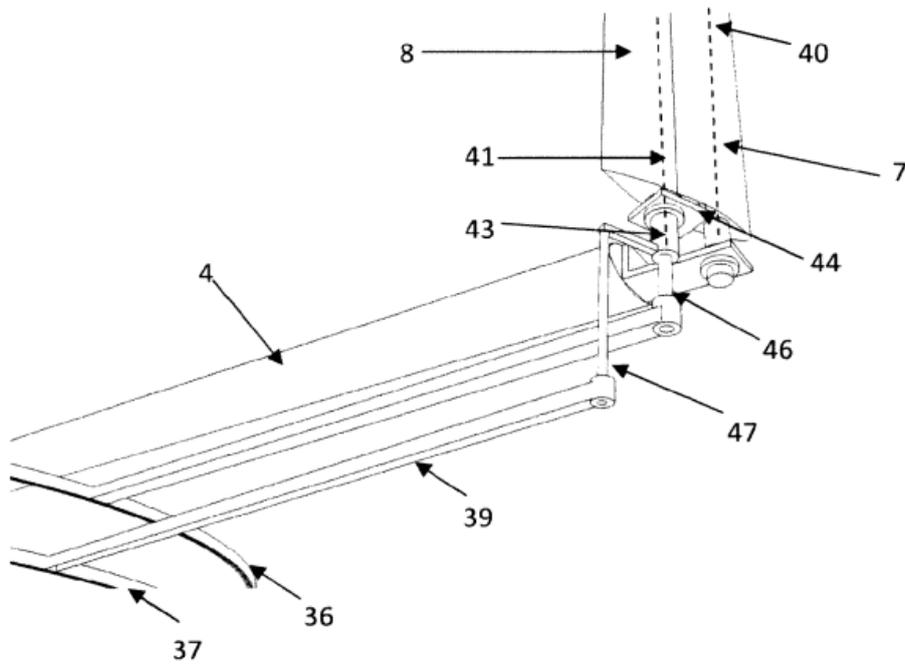
**FIGURA 16**



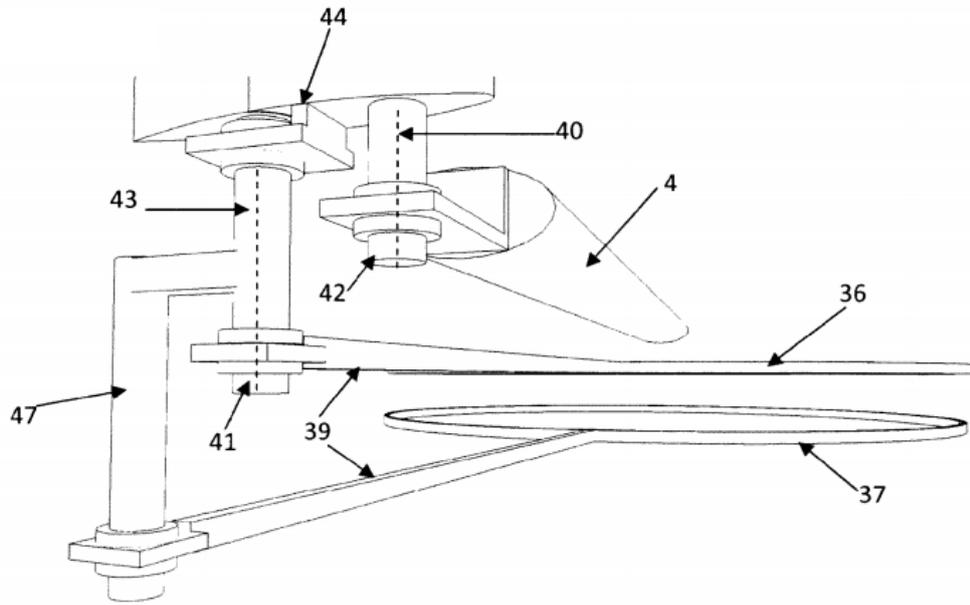
**FIGURA 17**



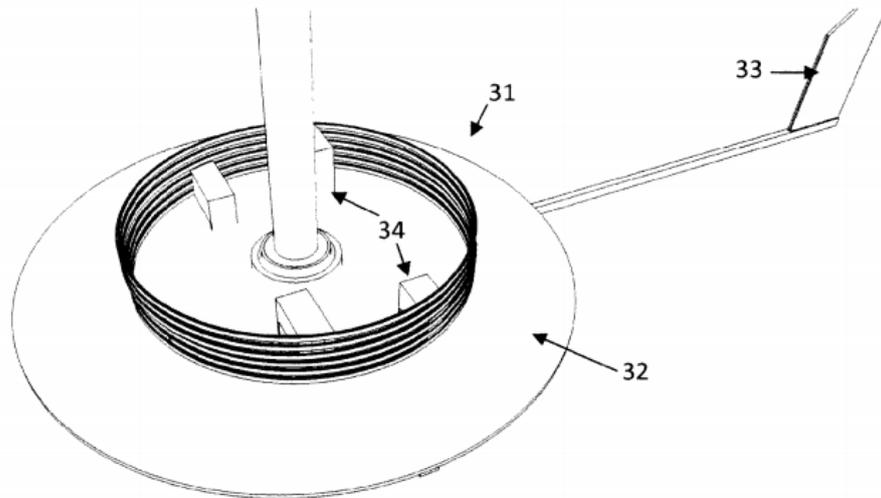
**FIGURA 18**



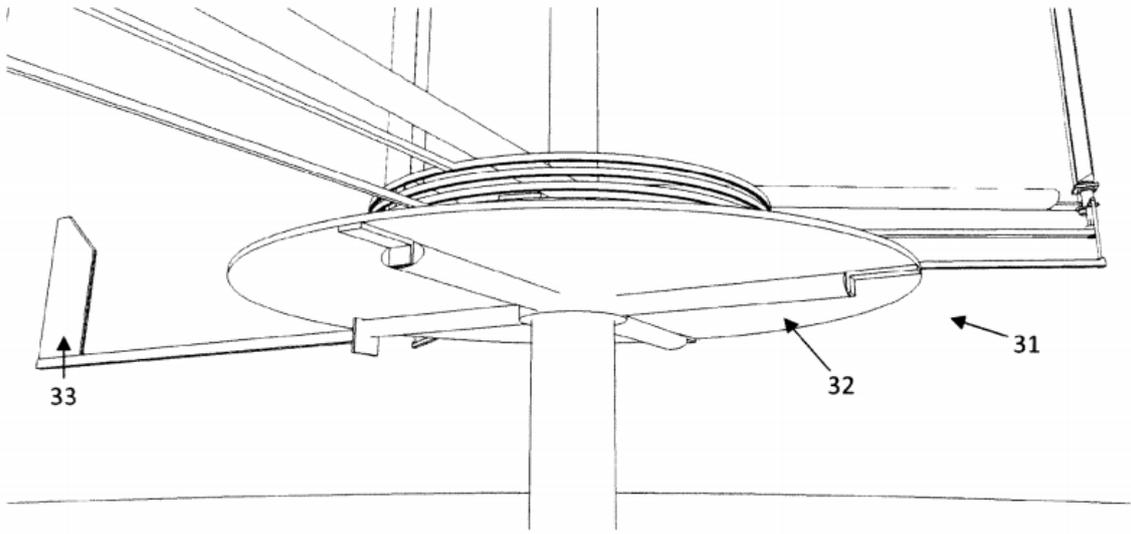
**FIGURA 19**



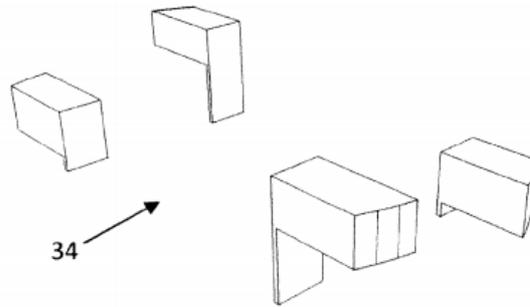
**FIGURA 20**



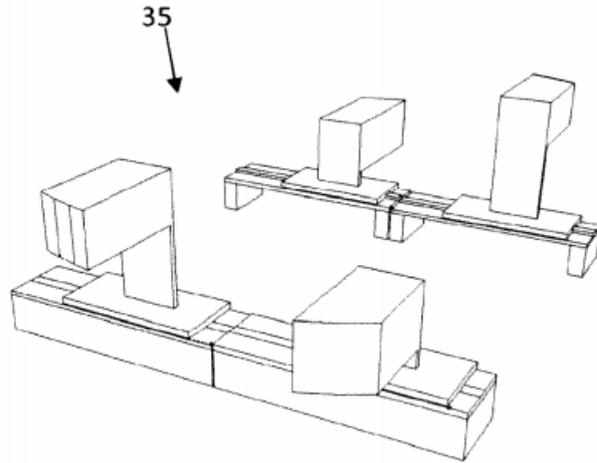
**FIGURA 21**



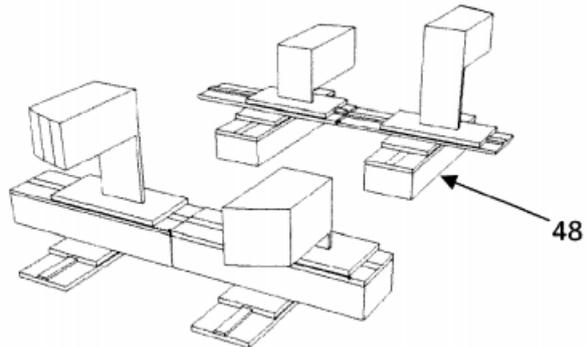
**FIGURA 22**



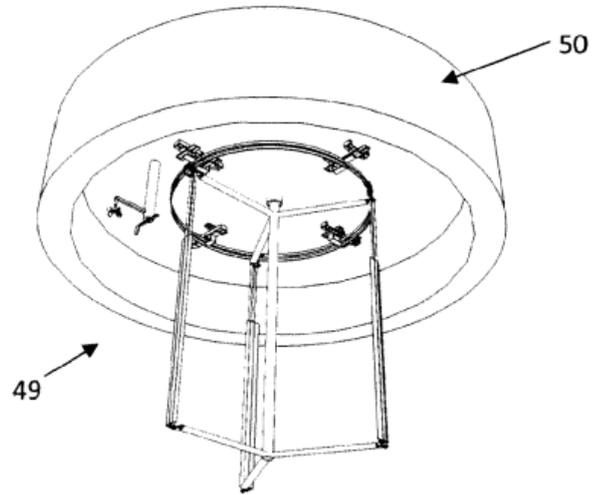
**FIGURA 23**



**FIGURA 24**



**FIGURA 25**



**FIGURA 26**

