

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 582 785**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06 (2006.01)

F03D 15/00 (2006.01)

F03D 7/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.06.2009 E 09846732 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.04.2016 EP 2458199**

54 Título: **Turbina eólica de par motor compensado**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.09.2016

73 Titular/es:

TEMPERO 2000 S.L. (100.0%)
Carretera del Aeropuerto km. 6 8 - chalet A
50011 Zaragoza, ES

72 Inventor/es:

LAHUERTA ROMEO, MANUEL

74 Agente/Representante:

LÁZARO ZARRAUTE, Cristina

ES 2 582 785 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).

TURBINA EOLICA DE PAR MOTOR COMPENSADO

D E S C R I P C I O N

OBJETO DE LA INVENCION

5 La invención, tal como expresa el enunciado de la presente memoria descriptiva, se refiere a una turbina eólica de par motor compensado.

10 Mas en particular, el objeto de la invención se centra en una turbina eólica de par motor compensado gracias al péndulo inercial que incorpora, de tal forma que su innovador diseño estructural la hace capaz de captar la energía del viento con menor fatiga que las máquinas tradicionales, proporcionando energía más uniforme y de más calidad, por incorporar sistemas mecánicos pasivos que compensan, acumulan y restituyen los picos y valles de potencia provocados por las ráfagas del viento, así como las variaciones instantáneas de la carga en lugares aislados de la red.

15 Ello la convierte en una turbina más compatible con la red eléctrica, capaz de trabajar conectada a redes débiles, por ser una máquina más tolerante, que provoca menos perturbaciones en la red.

20 Así mismo resulta ventajosamente adecuada para trabajar sola o en paralelo con otras fuentes de energía a la hora de satisfacer las demandas energéticas en lugares aislados.

25 Básicamente la nueva turbina presenta la particularidad de que sitúa los elementos del tren de potencia (generador, disco de freno y multiplicador) de forma pendular, es decir, suspendidos en un rodamiento alineado con el eje del rotor de forma que les permite girar hasta equilibrar, en su desplazamiento, al par motor del rotor, liberando de este esfuerzo a la góndola, torre y zapata, siendo dicho principio

ES 2 582 785 T3

igualmente aplicable a otras máquinas motoras, tal como aviones y barcos monohélice.

5 Opcionalmente, la turbina eólica de par motor compensado, en una variante de realización para aplicaciones aisladas o donde se quiera mejorar la calidad del suministro, se modifica y complementa con un conjunto (kit) que mejora la estabilidad y calidad del suministro de energía.

10 Esta modificación consiste en intercalar una transmisión hidrostática entre el multiplicador y el generador, de tal manera que el generador, en versión eje pasante, se ubica sobre un gran volante de inercia, sitos ambos en la base de la torre y accionados por un servomotor hidráulico de cilindrada variable, a través de un
15 acoplador hidráulico.

Sobre el multiplicador y en el lugar del generador, se monta una central hidráulica con su bomba, filtros y accesorios de control.

20 Esta solución permite utilizar directamente generadores síncronos para conseguir el tipo de generación (activa o reactiva) que interese, dando al rotor la posibilidad de trabajar a Λ constante, manteniendo el generador a revoluciones constantes con la tolerancia que permita la frecuencia de la red.

25 Cuando se trate de bombeo eólico o desalación por ósmosis inversa, el generador, situado en la base de la torre, se sustituirá por una bomba que, solidaria al volante, producirá la energización del fluido más establemente.
30

Además por su reducido coste y mantenimiento, derivados de su sencillez, la turbina que se propone podrá ser

rentable en emplazamientos de menor potencial eólico, aumentando con ello su difusión.

5 Por otra parte, por tratarse de una estructura menos sobrecargada, la turbina de la invención resulta, así mismo, adecuada para sustituir antiguas turbinas, permitiendo aprovechar la torre, zapata e infraestructura eléctrica aumentando las áreas barridas por el rotor y conseguir más horas equivalentes en el mismo emplazamiento.

10

CAMPO DE APLICACIÓN DE LA INVENCION

15 El campo de aplicación de la presente invención se encuentra dentro del sector de la industria dedicado al diseño, fabricación e instalación de las turbinas eólicas, aplicadas a generación a red, generación aislada, bombeo eólico y desalación por ósmosis inversa.

15

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

20 Como es sabido, el viento es una energía que viene aprovechándose desde la antigüedad, en especial como ayuda a la navegación. Actualmente las modernas turbinas eólicas transforman esta energía en electricidad, vertiéndola a la red. Sin embargo, su falta de continuidad, y en especial su falta de uniformidad en
25 cuanto a la intensidad y dirección, provocan afecciones desfavorables, tanto para las propias turbinas como para la estabilidad del sistema eléctrico al que se conectan, cuya característica fundamental debe ser su continuidad en el suministro y la constancia de tensión y
30 frecuencia.

20

25

30

Así, como el viento se manifiesta, en la mayoría de las ocasiones, en forma de ráfagas de corta duración, éstas,

ES 2 582 785 T3

al interceptar con el rotor de la turbina eólica provocan esfuerzos que afectan tanto a la fatiga de la misma como a la cantidad y calidad de la energía generada.

5 En este sentido, es importante recordar que cualquier variación de la velocidad del viento afecta:

a) Al empuje (trust) sobre la turbina, que es proporcional al área barrida por el rotor y al cuadrado de la velocidad del viento,

10 b) Al par de rotación (torque) de la turbina que es proporcional al área barrida por el rotor y al cuadrado de la velocidad del viento.

c) A la velocidad de rotación del rotor que, en turbina con rotor a velocidad variable, es directamente
15 proporcional a la velocidad del viento.

Así pues, empuje, par y velocidad de rotación de la turbina y por tanto su potencia captada, quedan afectados ante cualquier variación de área barrida y de la velocidad del viento.

20 Estas variaciones generan cargas que son soportadas por la estructura de la propia turbina, a través de sus componentes mecánicos, y transmitidas hasta el suelo a través de la zapata.

Cuando los cambios son de la dirección del viento, se
25 provocan pares de fuerzas derivados de la desalineación del empuje axial, que deben ser soportados, en las máquinas clásicas (tripala a barlovento-modelo danés), por un conjunto de frenos y motorreductores con piñón atacando sobre la corona de timonación que sobrecargan y
30 fatigan toda la estructura y sus componentes mecánicos, hasta llegar al suelo a través de la zapata. Todo esto por no ser turbinas autotimonantes.

ES 2 582 785 T3

La tecnología actual de máquinas eólicas, cuyo diseño se basa en el modelo danés (tripala a barlovento) resuelve estos problemas dimensionando las estructuras para estos regímenes de cargas y gobernando las máquinas con servosistemas activos de regulación y de control, capaces de vencer a los fenómenos naturales, hasta los límites que la seguridad aconseje y la economía soporte.

En el estado actual de la técnica, es conocida la existencia de dos familias de turbinas, las de eje horizontal y las de eje vertical. Dentro de las primeras que son las que pudieran afectarnos podríamos hacer una primera clasificación entre las que tienen el rotor a barlovento y las que lo sitúan a sotavento de la torre.

Los modelos a barlovento son, en general, lo que conocemos como modelo danés, es decir, tripalas que incorporan generadores de diversas tecnologías con o sin multiplicadores de velocidad sólidamente amarrados a una Gondola (nacelle) gobernada por sistemas de orientación activos.

Los modelos a sotavento son por lo general bipalas o monopalas, que son rotores más rápidos que los anteriores con sistemas de orientación activos o pasivos.

En todos los casos conocidos, el par motor del rotor, es soportado por los elementos mecánicos que forman el tren de potencia y es transmitido a la estructura de la góndola hasta la torre, zapata y terreno. La rigidez con que cualquier variación del par es transmitida a los componentes del tren de potencia hasta el generador provoca picos de potencia que tienden a desestabilizar la red y a fatigar los componentes de la turbina.

Respecto de la variación del área barrida y de su influencia en los parámetros técnicos de la máquina, diremos que ningún fabricante conocido utiliza este

concepto como regulador de potencia, ya que todos ofrecen áreas barridas constantes (afectadas sólo por la flexión de las palas) a diferencia de la presente patente que considera el área barrida por el rotor como una variable de control de picos y/o valles de potencia y atenuación de empujes.

Así pues, uno de los principales objetivos de la presente invención es eliminarlas descritas rigideces mediante sistemas que puedan compensar, acumular y restituir esas variaciones, evitando que éstas afecten a la uniformidad de giro del generador, atenuando, como consecuencia, los picos de potencia y las sobrecargas estructurales.

Construir una máquina que se fatigue menos, concibiéndola mediante mecanismos que la doten de mayores grados de libertad de manera que las propias fuerzas del viento que la castigan, sirvan para protegerla, acomodándose a nuevas posiciones de trabajo en equilibrio (sistemas pasivos) es la filosofía del diseño objeto de la presente invención, debiendo señalarse que por parte del solicitante, no se tiene conocimiento de la existencia de ninguna otra invención que presente unas características técnicas estructurales y de configuración semejantes.

EXPLICACION DE LA INVENCION

Así la turbina eólica de par compensado que la presente invención preconiza se configura por si misma como una destacable novedad dentro de su campo de aplicación, ya que alcanza satisfactoriamente los objetivos anteriormente señalados, cuyos detalles caracterizadores, técnicos, estructurales y de configuración, se exponen exhaustivamente a continuación, estando asimismo adecuadamente recogidos

en las reivindicaciones anexas que acompañan a la presente memoria descriptiva.

Así pues, en todo diseño mecánico se tiende a buscar que las estructuras que comprende estén equilibradas, bien con respecto a sus apoyos o bien, si rotan, con respecto a su eje de rotación. Las masas que forman sus componentes pueden, según su ubicación, pesar o contrapesar. Las ligaduras entre componentes pueden ser rígidas o con ciertos grados de libertad. Las primeras, ante una perturbación, se tensionan, mientras que las segundas, ante una perturbación, se acomodan cambiando de posición, evitando tensionarse.

Pues bien, el resultado de situar las masas de ciertos componentes de la turbina (generador, disco de freno y multiplicador) en forma pendular, suspendidos de un rodamiento alineado con el eje del rotor, que les permita girar hasta equilibrar en su desplazamiento al par motor del rotor, liberando de este esfuerzo a la góndola, torre y zapata, es uno de los principios mecánicos de la turbina objeto de la presente invención, siendo dicho principio, tal como se ha mencionado anteriormente, igualmente aplicable a máquinas motoras como aviones y barcos monohélice.

Con independencia de lo anterior, todos los componentes que forman el tren de potencia, tienen en sí mismos o en su interior elementos que están girando a diferentes velocidades y que acumulan energías cinéticas de rotación muy superiores a la del propio conjunto pendular. Entendiendo como inercia la propiedad de un cuerpo a oponerse a cualquier cambio de posición o de velocidad de rotación o translación, diremos, que cuando la suma de las inercias de las partes rotantes de los diversos elementos que forman el tren de potencia (ejes y engranajes y/o poleas, si fuese el caso, disco de freno y rotor del generador) sea superior a la inercia

del propio péndulo contrapesante (multiplicador, disco de freno, generador), ante cualquier perturbación del par motor, reaccionará antes el de menor inercia, es decir el péndulo, afectando mucho menos al de mayor inercia, las masas rotantes.

5

Para mejorar este efecto, el disco de freno se situará en el eje rápido y se acompañará de un volante de inercia dimensionado en función de cada aplicación para proporcionar la estabilidad de marcha deseada.

10

Este es otro objetivo que persigue la presente invención, es decir, que cualquier perturbación del par motor sea absorbida en su mayor parte por el conjunto pendular sin casi afectar a la uniformidad de rotación del generador. Aspecto, éste, íntimamente ligado a la calidad de la electricidad generada.

15

Por otra parte, el péndulo, no solo equilibrará el par motor, si no que en su desplazamiento acumulará energía potencial al elevarse y la cederá al descender. Por tanto se comportará como un regulador que tenderá a uniformizar la cantidad e energía inyectada a red, atenuando los picos y suavizando los valles de potencia.

20

Cuando el par motor aumente, debido a una ráfaga de viento, el péndulo, por tener menor inercia, reaccionará elevándose de inmediato, girando en el mismo sentido que el rotor de la turbina, por tanto sin movimiento relativo apreciable entre ambos, hasta una nueva posición de equilibrio, sin afectar sensiblemente a la uniformidad del generador.

25

Por el contrario cuando cese la ráfaga, al caer el par motor, el péndulo descenderá a ocupar una nueva posición de equilibrio, en su descenso irá en sentido contrario al de rotación de la turbina y restituirá su energía potencial al rotor del generador devolviendo una

30

cantidad de vueltas en función de la relación de desmultiplicación, que es fija, entre rotor y generador.

Si la relación de desmultiplicación fuese, a modo de ejemplo 1/32 significaría que cuando el péndulo de $\frac{1}{4}$ de vuelta (90°) el eje del rotor del generador, habrá girado $32/4=8$ resoluciones. Así pues, el péndulo en su descenso restituye, en forma de revoluciones del rotor del generador, la energía acumulada en su desplazamiento.

Por tanto, en máquinas concebidas al amparo de la presente invención, cuando se quiera maximizar este efecto, se tenderá a buscar altas relaciones de desmultiplicación entre rotor y generador, característica que se da en máquinas de gran potencia por los grandes diámetros del rotor.

En resumen, cualquier perturbación (ráfaga) que provoque un aumento del par motor, se empleará en:

- a) Acelerar el rotor y el eje lento incrementando su energía cinética.
- b) Incrementar la energía cinético-potencial del conjunto pendular elevándose hasta una nueva posición de equilibrio.
- c) Incrementar la energía cinética de las masas rotantes que forman el tren de potencia, incluyendo el rotor del generador, disco de freno y volante de inercia.

Repartiéndose estos incrementos de forma inversamente proporcional a sus respectivas inercias.

Por otra parte, para compensar el par motor se necesitarían grandes masas pendientes, o bien, grandes brazos del péndulo, tanto lo primero como lo segundo suponen altos costes y otros problemas. Lo más interesante es ir a diseños que se basen en rotores

rápidos, que capten la potencia a bajo par motriz (monopalas o bipalas) para tratar de que con los pesos propios (generador, disco de freno y multiplicador), convenientemente ubicados, lograr equilibrar dicho par motor. Estos pasos irán complementados con un volante de inercia, que, en nuestro diseño, podrá ir alojado en el eje rápido del multiplicador, dentro del mismo, o fuera, aumentando, así, la inercia de las partes rotantes y actuando de contrapeso.

5

10

Tal como se ha comentado en el apartado anterior, la potencia captada por una turbina eólica es función del área barrida por el rotor, siendo otro de los objetivos importantes de la presente invención conseguir varias el área barrida por el rotor ante cualquier aumento o disminución de la velocidad del viento, compensando los picos o valles del empuje axial, y por tanto, de la potencia captada.

15

20

Como el área barrida es función del seno del ángulo diedro, en nuestro caso este se proyectará próximo a 155° en condiciones de potencia nominal. A partir de este ángulo cualquier aumento o disminución del mismo provocado por el empuje axial modificará sensiblemente el área barrida y servirá como primer compensador de los picos o valles de potencia.

25

30

Esto se consigue al estar el rotor concebido como un rotor oscilante que adapta su ángulo diedro hasta encontrar el equilibrio dinámico provocado, de una parte, por el momento desestabilizante creado por el empuje axial y de otra, por el momento estabilizante creado para la desalineación de las fuerzas centrifugas de la pala y contrapeso. Este vaivén flotante de la pala es el primer amortiguador de ráfagas. Cuando viene la ráfaga, el diedro se hace menor disminuyendo el área, cuando cesa la ráfaga, el diedro de hace mayor

aumentando el área, este fenómeno de amortiguación contribuye a mejorar la estabilidad de la potencia.

5 En nuestro diseño, esta amortiguación se realiza por elastómeros, situados en la horquilla del rotor, que al comprimirse permiten variaciones de $\pm 10^\circ$ del diseño.

10 Por tratarse de un diseño a sotavento, deberemos distanciar adecuadamente la pala de la torre para evitar el efecto sombra derivado de la estela de la torre. En nuestro diseño esto se consigue dimensionando adecuadamente la longitud de la mangueta. Como resulta que el perfil del ancho de la estela para una torre circular es más reducido para ciertos números de Reynold (Re $< 10^3$ preferible o Re $> 5 \cdot 10^5$), buscaremos los diámetros más adecuados para minimizar el efecto estela en el rango de velocidades de viento de operación de la máquina.

15 Por otra parte, el rotor que mejor se adapta a las condiciones deseadas de bajo par motor es el monopala, que, además, presenta otras ventajas claras como es el de describir en su movimiento de rotación un ángulo diedro que tiende a distanciarse de la torre en función del radio, favoreciendo así, al conseguir un distanciamiento de la torre que minimice el efecto estela. En nuestro diseño pretendemos, por las razones que ya hemos explicado, que el ángulo de la pala con el plano vertical sea cercano a los 155° en condiciones de potencia nominal, lo cual aleja aún más la pala de la torre.

25 Cabe señalar que el rotor en versión monopala se contrapesa para su equilibrio tanto estático como dinámico. Por su parte, la distribución de masas a lo largo de la pala, así como la colocación del contrapeso son objeto de un detallado estudio para lograr el ángulo deseado de equilibrio dinámico de rotación que se

ES 2 582 785 T3

pretende. Pala y contrapeso se unen, a través del buje, a la horquilla de rotor mediante una ligadura oscilante, formada por horquilla y cruz cardan que le permite transmitir el par motor y el empuje axial para cada ángulo de equilibrio dotando al conjunto de un grado de libertad que evite los momentos de cabeceo derivados de las diferentes velocidades del viento incidente al pasar la pala a diferentes alturas del suelo. En nuestro diseño, la cruz se integra sobre el aro exterior de un rodamiento que aloja un tornillo sinfín cuya corona tallada la forma el aro interior de dicho rodamiento donde se embrida el buje del rotor.

El buje sirve de nexo de unión de la pala y contrapeso. En nuestro diseño, la pala se une al buje mediante brida elíptica y el contrapeso, generalmente de plomo fundido, se une mediante brida cilíndrica de menor diámetro por tener el buje troncocónica. El buje se une por su parte central al aro móvil de la cruz, al que atraviesa mediante brida exterior. Contrapeso, buje y pala forman el rotor.

El control de potencia se realizará por cambio de paso de la pala, mediante un tornillo sinfín, que ubicado en la cruz, actúa sobre la corona tallada en el aro interior del rodamiento, al que se embrida el rotor. Su posición se controla por encóder. Este mecanismo servirá también como freno aerodinámico, poniendo la pala en bandera.

Otro defecto buscado en estos rotores rápidos es la eliminación de fatiga alternante en las palas. Mediante una velocidad de rotación adecuada y una correcta distribución de masas, que sitúa el centro de gravedad de la pala donde nos interese (próximo al 50% de su longitud) conseguiremos que para cualquier ángulo de

ES 2 582 785 T3

rotación dominen las fuerzas centrífugas sobre las flectoras, de tal manera que el esfuerzo dominante sea la traición, para así eliminar el cambio de signo provocado por la componente flectora, contribuyendo así a que toda el área de la pala soporte el esfuerzo. El rotor monopala por ser más rápido, favorece este efecto.

5

Por tratarse de un monopala dispondremos de un bajo par de arranque en la turbina, por lo tanto, en el caso de tratarse de una aplicación en isla, se dispondrá de un conjunto de baterías para iniciar el arranque de la turbina. Y en caso de conectarse a red se provocará el arranque absorbiendo energía de la misma según una rampa de aceleración controlada.

10

La góndola de la turbina es un elemento claramente diferenciador con respecto a las clásicas turbinas eólicas. Formada por dos semifondos directamente soldados, a modo de lenteja, tiene forma aerodinámica para minimizar el empuje del viento y que su estela no influya negativamente en el rendimiento del rotor. Dentro del espacio ocupado por los semifondos se alojan componentes hidráulicos, armarios de control y motorreductores encargados de orientar la turbina. A diferencia de todas las máquinas conocidas, en nuestro diseño, multiplicador, disco-freno y generador no están en el interior de la góndola.

15

20

25

De la góndola, formando parte de la misma, arranca un brazo acodado en cuyo extremo sostiene una mangueta, atravesada por el eje lento, que alineará el rotor con el conjunto pendular que forma el tren de potencia, a través de dos rodamientos, uno será el rodamiento del rotor, situado a sotavento de la mangueta y otro rodamiento que sostiene el péndulo situado a barlovento de la mangueta.

30

ES 2 582 785 T3

Para la orientación con máquina parada, la turbina de la invención prevé disponer de un motorreductor-freno de ejecución reversible, que engranado a través de un piñón, sobre el aro interior del rodamiento que sostiene la góndola, gobierna la posición de ésta hasta que la máquina conecta a la red. Una vez que la máquina está conectada, se desbloquea el freno del motor, dejando libre el conjunto de la góndola, por tratarse de una turbina autotimonante. Este motorreductor-freno, sirve para desenrollar, cuando sea necesario, los cables que forman el bucle dentro de la torre, o para posicionar la góndola donde interese, por ejemplo en operaciones de mantenimiento.

Conseguir equilibrar estáticamente, con respecto al eje de timonación, el conjunto de la góndola es condición conveniente para lograr una correcta autotimonación de la máquina. La garantía de la autotimonación en marcha es total, ya que la fuerza timonante (el empuje axial) se aplica, en ejecución sotavento, a gran distancia del eje de timonación, por estar aplicado en la bisectriz del diedro que abarca el rotor, lo que garantiza la estabilidad en marcha.

En el diseño del conjunto pendular se ha buscado un multiplicador de ejes paralelos, de ejecución extralarga, para conseguir que el centro de gravedad del péndulo se distancie lo suficiente como para que en su desplazamiento angular y con las masas propias del generador y volante, pueda compensar el par motor a unos 55° y así conseguir el efecto buscado. El singular diseño del multiplicador de ejes paralelos en ejecución extralarga parte de un diseño en dos etapas, la primera la del eje lento formada por un tren epicicloidal y la segunda la del eje rápido, con transmisión por cadena para conseguir la distancia entre ejes buscada. En el eje rápido del multiplicador y dentro del mismo se ubica un volante de inercia que además de contrapesar dotará

ES 2 582 785 T3

al conjunto de una gran estabilidad en marcha y así lograr que las inercias de las partes rotantes superen con creces la inercia del propio péndulo. El resto hasta los 90°, queda como reserva de seguridad ante frenadas de emergencia.

5

En nuestro diseño se ha presentado especial atención a la longitud de la mangueta ya que interesa, de una parte, separar la pala para minimizar el efecto sombra de la torre, y por otra interesa, de una parte, aproximar el centro de gravedad del péndulo al eje de timonación de la torre para evitar que en su movimiento se generen efectos giroscópicos destimonantes no deseados.

10

En la opción con transmisión hidrostática, el generador se separará del péndulo para montarse, en ejecución de doble eje, sobre un gran volante de inercia, sito en la base de la torre, a nivel del suelo. En el lugar que ocupaba el generador, en el péndulo, se montará una central oleohidráulica que impulsará el aceite a presión hasta un motor de cilindrada variable servocontrolada, pasando sus conductos a través de un racor rotativo, sito en la góndola, que permitirá orientarse a la turbina, sin retorcer los conductos hidráulicos. El retorno del fluido hidráulico, volverá a la central atravesando un segundo paso de racor rotativo.

15

20

25

La flexibilidad que nos proporciona el servomotor oleohidráulico, permitirá ajustar, en todo momento, su cilindrada a la necesaria para aportar par variable a revoluciones constantes, condición exigida por la gran inercia del volante que se opondrá a variar su velocidad. Volante y rotor del generador girarán estables y solidarios, permitiendo al rotor de la turbina acelerarse y decelerarse para trabajar a λ (lambda) constante, lo que mejorará su rendimiento (el del rotor). Por tratarse de generadores que pueden ser

30

35

síncronos (fuentes) nos permitirá ajustar el cosφ al deseado generando la calidad de energía que interese.

5 En el caso de aplicaciones aisladas con generación a la demanda, la gran inercia acumulada en el volante nos permitirá ganar el tiempo necesario para ajustar el paso de la hélice (pitch) y captar más fácilmente la potencia demandada sin necesidad de emplear electrónica de potencia, ni resistencias disipadoras de la energía sobrante.

10 Al objeto de que el rotor de la turbina pueda arrancar con facilidad, se intercalará un acoplador hidráulico de par entre el eje del servomotor olehidráulico y el eje del generador. Cuando se trate de bombear o desalar por ósmosis inversa se instalará en el lugar del generador
15 una bomba acoplada al volante provocando un flujo más uniforme que eludirá la formación de golpes de ariete. Si se tratase de bombear desde pozos profundos, la bomba iría sumergida en profundidad y su eje accionado a través del volante, mediante transmisión cardán. Para
20 ello la torre se instalará directamente sobre el pozo.

La descrita turbina eólica de par motor compensado, representa, por consiguiente, una solución innovadora de características y funcionamiento desconocidos, hasta
25 ahora para tal fin, razones que unidas a su utilidad práctica, la dotan de fundamento suficiente para obtener el privilegio de exclusividad que se solicita.

DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

30 Para cumplimentar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención. Se acompaña a la presente memoria descriptiva, como parte integrante de la misma, de un juego de planos en los que con carácter

ES 2 582 785 T3

ilustrativo y no limitativo se ha representado lo siguiente:

5 La Figura número 1.- Muestra una vista esquemática en alzado lateral, de la turbina eólica de par motor compensado, objeto de la invención, en un ejemplo de realización preferida de ejecución monopala a sotavento, apreciándose en ella las principales partes y elementos de que consta.

10 La Figura número 2.- Muestra una vista esquemática en alzado lateral de una variante de realización de la turbina según la invención, en un ejemplo alternativo de ejecución con transmisión hidrostática, generador y gran volante de inercia en la base de la torre.

15 La Figura número 3.- Muestra una vista en alzado frontal de la turbina mostrada en la figura 1, en funcionamiento, pudiéndose apreciar en ella el sentido de rotación y el efecto compensador del péndulo.

20 La Figura número 4.- Muestra sendas vistas esquemáticas, en sección lateral, de los elementos que conforman el conjunto pendular, en el caso de que este incorpore el generador, apreciándose en detalle la configuración y disposición de los mismos.

25 La Figura número 5.- Muestra una vista en perspectiva de la turbina eólica pendular en ejecución monopala a sotavento, tal como la mostrada en la figura 1, en la que, en detalle ampliado, se muestran los elementos que constituyen el rotor y los que integran el accionamiento del paso de la hélice.

30 La Figura número 6.- Muestra una vista ampliada en sección lateral donde se aprecia la disposición del conjunto pendular y del conjunto de rotor sobre la góndola y torre.

La Figura número 7.- Muestra una vista ampliada en sección lateral donde se aprecia la disposición del kit de estabilización en la base de la torre.

5

La Figura número 8.- Muestra una vista ampliada en sección lateral donde se aprecia el conjunto pendular con la central oleohidráulica y los conductos hasta el racor rotativo, sito en la góndola.

10

La Figura número 9.- Muestra una vista, ampliada, en sección lateral donde se aprecia la disposición del kit de estabilización, en su versión para aplicación de bombeo, en la base de la torre.

REALIZACION PREFERENTE DE LA INVENCION

15

A la vista de las mencionadas figuras, y de acuerdo con la numeración adoptada, se puede apreciar en ellas un ejemplo de realización preferida de la invención así como una variante alternativa de la misma, las cuales comprenden las partes y elementos que se detallan y describen a continuación, habiéndose utilizado para designarlas en las figuras las siguientes referencias numéricas:

20

1. Rotor
2. Mangueta
3. Eje lento
- 25 4. Primer rodamiento (conjunto pendular)
5. Multiplicador
6. Generador
7. Rodamiento de timonación
8. Torre
- 30 9. Góndola
10. Elastómero
11. Volante de inercia
12. Pala

- 13. Disco de freno
- 14. Motorreductor-freno
- 15. Brazo acodado
- 16. Horquilla
- 5 17. Buje
- 18. Contrapeso
- 19. Cruz
- 20. Sinfín
- 21. Aro móvil
- 10 22. Segundo volante de inercia
- 23. Servomotor oleohidráulico
- 24. Acoplador hidráulico
- 25. Central oleodinámica
- 26. Racor rotativo
- 15 27. Bomba
- 28. Conjunto pendular
- 29. Eje rápido

Así, tal como se aprecia en dichas figuras la turbina eólica de par motor compensado, se preconiza consiste en una turbina autotimonante con rotor (1) monopala, dispuesto preferentemente a sotavento de la torre (8) tal como el representado en la figura 1, pudiendo alternativamente estar situado a barlovento, mediante las adecuadas variaciones de su estructura, por ejemplo mediante un diseño de la misma en forma de boomerang.

Dicho rotor (1) es oscilante, amortiguado por elastómeros (10) situados en la periferia de la horquilla (16), acoplada a un eje lento (3) que atraviesa una mangueta (2) la cual sostiene un multiplicador (5), un generador (6) y un disco de freno (13), a través de un primer rodamiento (4) que les permite pendular hasta compensar en su desplazamiento angular al par motor liberando de este esfuerzo a la góndola (9).

ES 2 582 785 T3

El conjunto multiplicador (5), generador (6) y disco de freno (13) forman el péndulo o conjunto pendular (28).

5 La góndola (9) formada por dos semifondos a modo de lenteja en cuyo interior se alojan los componentes hidráulicos, armarios de control y motorreductores (14) encargados de orientar la turbina, en la fase de arranque mediante engrane con el aro interior de otro rodamiento de timonación (7), embridado al extremo de la torre (8).

10 De la góndola (9), formando parte de la misma arranca un brazo acodado (15), a cuyo extremo superior se amarra la mangueta (2) atravesada por el eje lento (3), que alinea el rotor (1) con el conjunto pendular (28), a través de dos rodamientos, uno es el rodamiento de rotor (18) y el
15 otro es el rodamiento (4) que sostiene el péndulo (28).

Por su parte el rotor oscilante (1) lo forman la pala (12) unida al contrapeso (18), a través del buje (17), mediante bridas. A su vez el buje (17) se une por su parte central al aro móvil de la cruz (19), a la que
20 atraviesa, mediante brida exterior.

En un ejemplo práctico de realización de la invención se toma como ejemplo una turbina de 28m de diámetro de rotor (1) en ejecución monopala capaz de captar 200Kw- a
25 11 m/s, cuando gire 64,8 rpm con un par motor de 2947 daNm.

A partir de estos datos (par motor 2947 daNm), se determina y dimensiona el conjunto pendular, que lo va a compensar buscando la adecuada disposición de masas (multiplicador (5), generador (6), y discofreno (13)) de
30 forma que situados a una distancia (brazo de péndulo) conveniente, se consiga equilibrar el par motor a un ángulo determinado.

ES 2 582 785 T3

A continuación generamos una tabla con pesos y distancias de los centros de gravedad con respecto al eje x-x del péndulo para cada componente y así comprobar que para un brazo de 1,4 m y un ángulo próximo de 55° se consigue equilibrar el par motor de la turbina.

5

COMPONENTE	MASA Kg.	DIST CG m	BRAZO 55°	MOMENTO EQUILIBRANTE m*kg
MULTIPLICADOR	2.830,80	0,78	0,64	1.808,71
CARCASA DISCO FRENO	70,00	1,46	1,20	83,72
DISCO FRENO	106,55	1,40	1,15	122,20
GENERADOR	1.300,00	1,40	1,15	1.490,86
TOTAL	4.307,35			3.505,48

Vemos que el momento equilibrante (3.505,48 mKg) es ligeramente superior que el par motor (2.947 daNm) y que por lo tanto lo equilibrará para un desplazamiento angular inferior a 55°.

10

En la siguiente tabla comprobaremos que los momentos de inercia con respecto al eje de las partes rotantes que forman el conjunto pendular, superan en 5,93 veces a los del propio péndulo.

15

PARTES ROTANTES	MASA Kg.	MOMENTO INERCIA Kg.*m ²	Relación al eje lento	Omega Rad./s	Reducción al eje lento I _{xx} Kg.*m ²
EJE LENTO MULTIP	279,20	14,89	1,00	6,59	14,89
EJE INTERMEDIO MULTIP	180,80	4,10	4,00	26,36	65,60
EJE REENVIO MULTIP	204,00	6,76	4,00	26,36	108,16
EJE RAPIDO MULTIP	102,40	0,95	23,50	154,87	524,64
VOLANTE INERCIA INTERNO	649,20	54,70	23,50	154,87	30.208,08
DISCO DE FRENO	106,55	7,00	23,50	154,87	3.865.75

ES 2 582 785 T3

ROTOR DEL GENERADOR	300,00	3,60	23,50	154,87	1.988,10
---------------------	--------	------	-------	--------	----------

MASA TOTAL PARTES ROTANTES 1822,15

MOMENTO DE INERCIA REDUCIDO AL EJE LENTO

(Partes rotantes del péndulo (A) 36.775,21

5

MOMENTO DE INERCIA DEL ROTOR DEL

AEROGENERADOR 26.000,00

MOMENTO DE INERCIA TOTAL DE LAS PARTES

ROTANTES DEL TREN DE POTENCIA 62.775,21

PENDULO	MASA Kg.	MOMENTO DE INERCIA AXIAL Kg. * m ²	DISTANCIA INTEREJE AL LENTO m	Reducción al Eje lento I xx Kg. * m ²
CARCASA MULTIP	1.415,20	817,00	0,65	1.414,92
EJE LENTO MULTIP	279,20	14,89	0,00	14,89
EJE INTERMEDIO MULTIP	180,80	4,10	0,50	49,30
EJE REENVIO MULTIP	204,00	6,76	1,00	210,76
EJE RAPIDO MULTIP	102,40	0,95	1,40	201,65
VOLANTE INERCIA INTERNO	649,20	43,40	1,40	1.315,83
CARCASA DISCO FRENO	70,00	9,30	1,46	158,51
DISCO FRENO	106,55	7,00	1,40	215,84
GENERADOR	1.300,00	67,00	1,40	2.615,00

10

MASA TOTAL PENDULO

4.307,35

MOMENTO DE INERCIA DEL PENDULO

CON RESPECTO AL EJE LENTO (B) 6.196,71

15

RELACION A / B = 5,93

5 El resultado obtenido garantiza que ante una ráfaga que provoque una variación del par motor reaccionará antes el de menor inercia (péndulo) sin casi afectar al rotor del generador. Condición, esta, que garantiza generar energía más uniforme y por tanto de más calidad.

10 Para aclarar como el rotor (1) adapta el diedro en función de las ráfagas del viento, modificando así su área barrida y amortiguando los empujes del viento sobre una turbina, se reproduce la ecuación que rige en equilibrio dinámico en la que para un rotor a revoluciones constantes y turbina enfrentada al viento se cumplirá.

15 Variación del momento cinético del rotor (1) según el w (momento equilibrante = momento del empuje (trust) de la parte activa de la pala (12) (momento desequilibrante).

$$HGw = \omega^2 (I_{uz} (\text{sen}^2\theta - \text{cos}^2\theta) + (I_{uu} - I_{zz}) \text{sen } \theta * \text{cos } \theta)$$

A su vez, $HGw = \Gamma_{th} \text{cos } \theta * \text{trust}$ (zona activa)

20 De donde, $\Gamma_{th} \text{cos } \theta * \text{trust} = \omega^2 (I_{uz} (\text{sen}^2 \theta - \text{cos}^2 \theta) + (I_{uu} - I_{zz}) \text{sen } \theta * \text{cos } \theta)$

Siendo:

u : eje normal al eje de oscilación pala (w) y normal al eje longitudinal de la pala (z)

Γ_{th} : el brazo de trust

25 θ : ángulo diedro con el plano de rotación

ω : velocidad angular de rotor (constante)

I_{uz} : el producto de inercia del plano $u-z$

I_{uu} : momento de inercia según eje u

I_{zz} : momento de inercia según eje z (eje long.pala)

ES 2 582 785 T3

A partir de aquí se puede determinar el ángulo de equilibrio del diedro en función de la velocidad del viento y su correspondiente variación del área barrida.

Vm/s	5	6	7	8	9	
θ	6,24	7,48	8,86	9,85	10,97	
%área	98,8	98,0	97,6	97,0	96,2	
Vm/s	10	11	12	13	14	15
θ	12,04	13,04	13,96	14,79	15,53	16,16
% área	95,6	94,8	94,1	93,3	92,7	92,0

5

En la tabla anterior vemos como afecta la velocidad del viento sobre la variación del diedro y del área barrida y por tanto su efecto amortiguador de ráfagas.

10

En resumen, la invención preconiza una turbina eólica de par motor compensado que presenta la particularidad de disponer los elementos que forman el tren de potencia, es decir, el multiplicador (5), el generador (6) y el disco-freno (13) de forma pendular, estando suspendidos de la mangueta (2), mediante un primer rodamiento (4) alineado con el eje (3) del rotor (1) de forma que les permite girar, compensando en su desplazamiento angular al par motor entregado por el rotor (1) hasta equilibrarlo, evitando que dicho par sea transmitido a góndola (9), torre (8) y zapata que quedan descargados.

15

20

Este conjunto pendular acumula energía potencial al elevarse en su desplazamiento angular y la cede al cesar la ráfaga y descender girando en sentido contrario al de rotación del rotor (1) de la turbina restituyendo vueltas al rotor del generador (6), sirviendo este efecto como regulador de potencia que tenderá a uniformizar la cantidad de energía entregada la red, suavizando los picos y valles mediante sistemas mecánicos pasivos.

25

Ante cualquier perturbación del par motor, provocado por una ráfaga de viento, ésta afectará, en primer lugar, al conjunto pendular (28) que se adaptará automáticamente a su nueva posición de equilibrio, sin afectar sensiblemente a la uniformidad de giro del rotor del generador (6), por ser las inercias de las partes rotantes de los componentes que forman el tren de potencia, superiores a las inercias de las masas del propio conjunto pendular (28), lo que se traducirá en generar energía más uniforme y de más calidad mediante sistemas mecánicos pasivos.

Además, ante cualquier ráfaga de viento, que modifique el empuje axial sobre el rotor (1), este adaptará el ángulo diedro que genera la pala (12), en su movimiento de rotación modificando su área barrida, al diedro de unos 155° en condiciones nominales y estar en equilibrio dinámico, de una parte del momento estabilizante creado por la desalineación de las masas de pala (12) y contrapeso (18), y de la otra, el momento desestabilizante creado por la resultante del empuje axial del viento. Esta adaptación del área barrida, inversamente proporcional a la velocidad del viento, supone el primer sistema pasivo de amortiguación de picos y valles de potencia y de empujes sobre la estructura de la turbina.

Para mejorar la uniformidad de giro del rotor del generador (6) la turbina cuenta con un volante de gran inercia (11) ubicado en línea con el eje del generador (6) que puede estar situado tanto en el interior del multiplicador (5) como en el exterior del mismo, haciendo las veces de disco de freno (13) y en cualquier caso, siempre en el eje rápido (29).

Por su parte la transmisión de potencia entre el rotor (1) y eje lento (3) se realiza mediante ligaduras oscilantes a través de horquillas (16) y cruz (19), La

oscilación de la cruz está limitada a $\pm 10^\circ$, mediante un conjunto de elastómeros (10) al eje de oscilación (w-w) del rotor (1).

5 El conjunto horquilla (16) y cruz (19), permite transmitir el par motor y el empuje axial para cada de ángulo de equilibrio dotando al conjunto de un grado de libertad que evite la transmisión de momentos de cabeceo derivados de la diferencia de velocidades del viento incidente, al pasar la pala (12) a diferentes alturas
10 del suelo en su movimiento de rotación.

Cabe señalar que para controlar el paso de la hélice se contempla un mecanismo corona y tornillo sinfín, integrado en la cruz (19), en el que la corona constituye el aro móvil (21) de un rodamiento de doble hilera de bolas o rodillos, tallado en su parte central y el tornillo sinfín (20) se integra en el aro exterior, fijo, del rodamiento que forma la cruz (19), tal como se observa en la Figura 4.
15

Sobre el aro móvil (21) se embrida el buje (17) del rotor (1). Este mecanismo permite controlar el paso de la hélice para ajustar la potencia captada por la turbina cuando es accionado por un motor hidráulico o eléctrico.
20

El buje (17) sirve de nexo de unión entre pala (12) y contrapeso (18). Estos tres elementos constituyen el rotor (1).
25

Cabe señalar también que, para la orientación con máquina parada, la turbina de la invención prevé disponer de un motorreductor-freno (14) de ejecución reversible, que engranado a través de un piñón, sobre el aro interior tallado de rodamiento (7) que sostiene la góndola (9), gobierna la posición de ésta hasta que la máquina conecta a la red. Una vez que la máquina está conectada, se desbloquea el freno del motor, dejando
30

ES 2 582 785 T3

libre el conjunto de la góndola (9). Este motorreductor-freno (14) sirve para desarrollar, cuando sea necesario, los cables que forman el bucle dentro de la torre (8), o para posicionar la góndola (9) donde interese, por ejemplo en operaciones de mantenimiento.

Finalmente debe mencionarse que el sistema descrito de turbina pendular de par motor compensado en el que los elementos que forman el tren de potencia (multiplicador (5), generador (6), freno (13) están suspendidos mediante un rodamiento (4), alineado con el eje (3) del rotor (1), de forma que les permite pendular, compensando en su desplazamiento angular el par motor del rotor (1) hasta equilibrarlo, es igualmente aplicable, con las correspondientes modificaciones, a otras motrices monohélice, como pueden ser barcos y aviones, en los que el generador (5) se sustituya por un motor y el chasis, se sustituya por una mangueta.

En la variante de realización alternativa de la turbina con transmisión hidrostática se instalará una central oleohidráulica (25) sobre el multiplicador (5), en el lugar que antes se instalaba el generador (6), quedando la central (25) formando parte, junto con el multiplicador (5), del conjunto pendular (28) en sustitución del generador (6) que se única en la base de la torre.

Por su parte el generador (6) se ubicará a pie de torre (8), donde formará parte del kit de estabilización compuesto por un segundo volante de inercia (22) solidario al eje pasante del generador (6), estando accionados ambos mediante servomotor oleohidráulico (23) de cilindrada variable, a través de un acoplador hidráulico (24).

Este kit estabilizador, será opcional y se embridará entre la base de la zapata y la base de la torre (8),

ES 2 582 785 T3

ambas bases con bridas de las mismas dimensiones proporcionando mayor altura al eje del rotor (1).

En esta aplicación la potencia mecánica a la salida del multiplicador (5), se transformará en potencia oleohidráulica en forma de caudal x presión de aceite, en la bomba sita en la central oleohidráulica (25) transmitida hasta el servomotor oleohidráulico (23) mediante conductos a presión, que atravesando un racor rotativo (26), sito en la góndola (9), formarán un circuito cerrado.

La flexibilidad proporcionada por la variación de la cilindrada del servomotor (23) permitirá mantener revoluciones casi constantes en el conjunto generador (6) + volante (22) con independencia de las revoluciones del roto (1) que trabajará λ (lambda) constante, mejorando el rendimiento del rotor.

Esta aplicación será de interés cuando se trate de generar energía de forma más uniforme, en especial, en aplicaciones aisladas o cuando el generador (6) se conecte a redes débiles.

Si la aplicación fuese el bombeo eólico o desalación por ósmosis inversa en este kit de estabilización se sustituirá el generador (6) por una bomba (27) que, solidaria al segundo volante (22), aspirará e impulsará el fluido provocando un flujo más uniforme. Bomba (27) y volante (22) serán accionados por el servomotor (23) a través de acoplador hidráulico (24).

Además, en este caso de bombeo desde pozo, la bomba (27) se ubicará en profundidad y su eje será accionado a través una transmisión cardan a partir del segundo volante de inercia (22).

Queremos destacar que el diseño del multiplicador (5) es vital para conseguir el objetivo buscado de compensación

par motor y de amortiguación, almacenamiento y cesión de energía.

5 Para obtener el primer objetivo, la compensación del par motor se diseñará con multiplicador (5) de ejes paralelos distanciados que nos permitirán aumentar el brazo de palanca, para que las masas compensadoras (generador (6)+volante (11) no sean excesivas.

10 Para obtener el segundo objetivo (amortiguación, almacenamiento y cesión de energía) se buscará que las inercias de las partes rotantes superen con creces la inercia del propio conjunto pendular, de ahí la ubicación de un volante de inercia (11) en el eje rápido (29) (más alejado) que además de actuar de contrapeso sirva para aumentar las inercias de las partes rotantes, de forma que ante una perturbación del par motor, ésta, lo afecte lo menos posible a la uniformidad de giro del rotor del generador.

15 Así pues, este multiplicador (5) (ver figura 4) sostenido desde un rodamiento concéntrico con el eje motor que le permite pendular compensando en su desplazamiento angular dicho par motor, se diseña con dos etapas de multiplicación, la primera compuesta por un multiplicador de diseño epicicloidal de tres o más satélites, idóneo para soportar los altos pares de entrada y una segunda etapa formada por una transmisión de cadena, adecuada para separar la distancia entre ejes.

20 Sobre el eje rápido (29) y dentro del propio multiplicador (5), se colocará dicho volante de inercia (11), que además de actuar de contrapeso, uniformizará la velocidad de giro del mismo y por tanto del eje del generador al que se acopla de forma directa. En otro extremo del eje rápido (29) se sitúa el disco de freno (13).

ES 2 582 785 T3

Descrita suficientemente la naturaleza de la presente invención, así como la manera de ponerla en práctica, no se considera necesario hacer más extensa su explicación para que cualquier experto en la materia comprenda su alcance y las ventajas que de ella se derivan, haciendo constar que, dentro de su esencialidad, podrá ser llevada a la práctica en otras formas de realización que difiera en detalle de la indicada a título de ejemplo, y a las cuales alcanzará igualmente la protección que se recaba siempre que no se altere, cambie o modifique su principio fundamental.

5

10

15

20

25

R E I V I N D I C A C I O N E S

1.- TURBINA EOLICA DE PAR MOTOR COMPENSADO, del tipo
constituido por un rotor (1) monopala contando con una
5 única pala (12) acoplado a un eje lento (3) que
atraviesa una mangueta (2) sostenida de una góndola (9),
dispuesta sobre un rodamiento de timonación (7), situado
en el extremo superior de la torre (8), fijada mediante
la correspondiente zapata, **caracterizada** por el hecho de
10 disponer los elementos que forman el tren de potencia,
es decir, multiplicador (5), generador (6) y freno (13)
suspendidos de la góndola (9) mediante un primer
rodamiento (4) alineado con el eje lento (3) del rotor
(1), formando un conjunto pendular (28) que les permite
15 girar, compensando en su desplazamiento angular el par
motor del rotor (1), hasta equilibrarlo, evitando que
dicho par sea transmitido a la góndola (9), a la
torre (8) y a la zapata; en que dicho conjunto pendular
(28) acumula energía potencial al elevarse en su
20 desplazamiento angular y la cede al cesar la ráfaga y
descender girando en sentido contrario al de rotación
del rotor (1) de la turbina, restituyendo vueltas al
rotor del generador (6), sirviendo este efecto como
regulador de potencia que suaviza los picos y valles
25 mediante sistemas mecánicos pasivos.

2.- TURBINA EOLICA DE PAR MOTOR COMPENSADO, según la
reivindicación 1, **caracterizada** por el hecho de que la
estructura y configuración del conjunto pendular (28) es
30 tal que las inercias de las partes rotantes de los
componentes que forman el tren de potencia son muy
superiores a las inercias de las masas del propio
conjunto pendular (28).

3.- TURBINA EOLICA DE PAR MOTOR COMPENSADO, según las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizada** por que el multiplicador (5) es de ejes paralelos de ejecución extralarga, formado por dos o más etapas de de multiplicación, en el que la etapa lenta, es de diseño epicicloidal, con tres o más satélites, adecuada para transmitir el par motor y la etapa rápida es una transmisión por cadena adecuada para conseguir la ejecución extralarga, y porque sobre su eje rápido (29) se ubica un volante de inercia (11) que da estabilidad de marcha y aumenta la inercia de las partes rotantes, para que ante una perturbación del par motor, está repercute sobre el conjunto pendular (28) sin perturbar la uniformidad de marcha del eje del generador (6).

4.- TURBINA EOLICA DE PAR MOTOR COMPENSADO, según las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada** por el hecho de que el rotor (1) es un rotor monopala oscilante, amortiguado por elastómeros (10), ubicados entre horquilla (16) y cruz (19), con diedro de 155° en condiciones normales al estar en equilibrio dinámico, de una parte el momento estabilizante creado por la desalineación de las masas de la pala (12), contrapeso (18) y de la otra, el momento desestabilizante creado por la resultante del empuje axial del viento.

5.- TURBINA EOLICA DE PAR MOTOR COMPENSADO, según reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada** por el hecho de que para controlar el paso de la hélice, se contempla la incorporación de un mecanismo corona y tornillo sinfín, integrado en la cruz (19), en el que la corona constituye el aro móvil (21) de un rodamiento de doble hilera de bolas o rodillos, tallado en su parte central y el tornillo sinfín (20) se integra en el aro

exterior, fijo, del rodamiento que forma la cruz (19); en que sobre dicho aro móvil (21) se embrida el buje (17) del rotor (1).

5 6.- TURBINA EOLICA DE PAR MOTOR COMPENSADO, según reivindicaciones 1 a 5, **caracterizada** por el hecho de que la góndola (9) es de sección elíptica, estando formada por dos semifondos soldados, a modo de lenteja, en cuyo interior aloja los sistemas hidráulicos,
10 armarios eléctricos y motorreductores; y porque la góndola (9), formando parte de la misma, arranca a sotavento, un brazo acodado (15) que sostiene la mangueta (2), el rotor (1) y el conjunto pendular (28).

15 7.- TURBINA EOLICA DE PAR MOTOR COMPENSADO, según reivindicaciones 1,2,3,5 y 6, **caracterizada** porque en una variante de realización, con mayor uniformidad y calidad en el suministro de energía, se intercala una transmisión hidrostática entre el multiplicador (5) y el
20 generador (6), de manera que el generador (6) en versión eje pasante, se ubica solidario a un segundo volante (22), sitos ambos en la base de la torre (8) siendo accionadas por un servomotor oleohidráulico (23) de cilindrada variable a través de un acoplador hidráulico
25 (24), en que dicho conjunto forma un kit de estabilización y en el que sobre el multiplicador (5) se monta una central hidráulica (25), formando esta, parte del conjunto pendular (28) en sustitución del generador (6) que se ubica en la base de la torre.

30

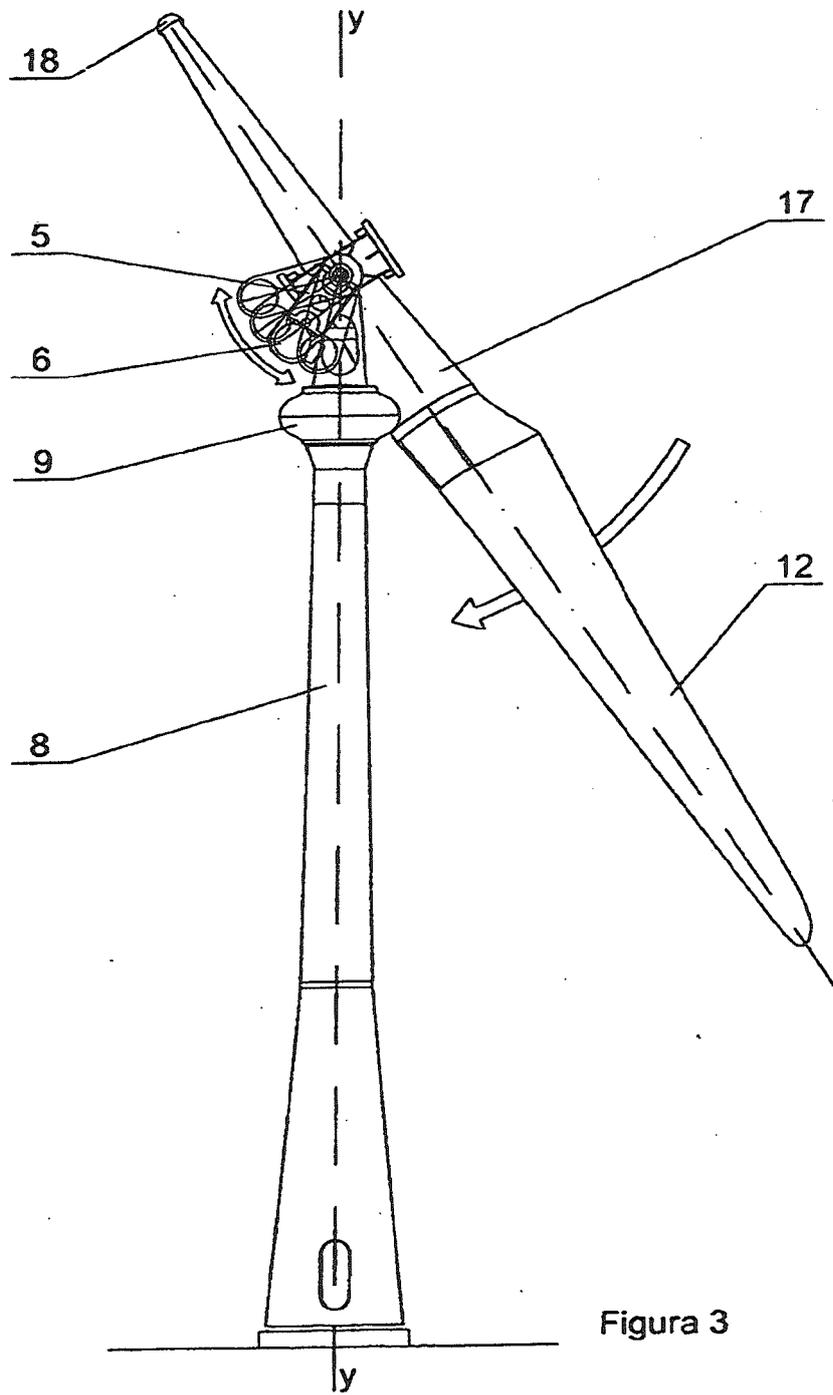


Figura 3

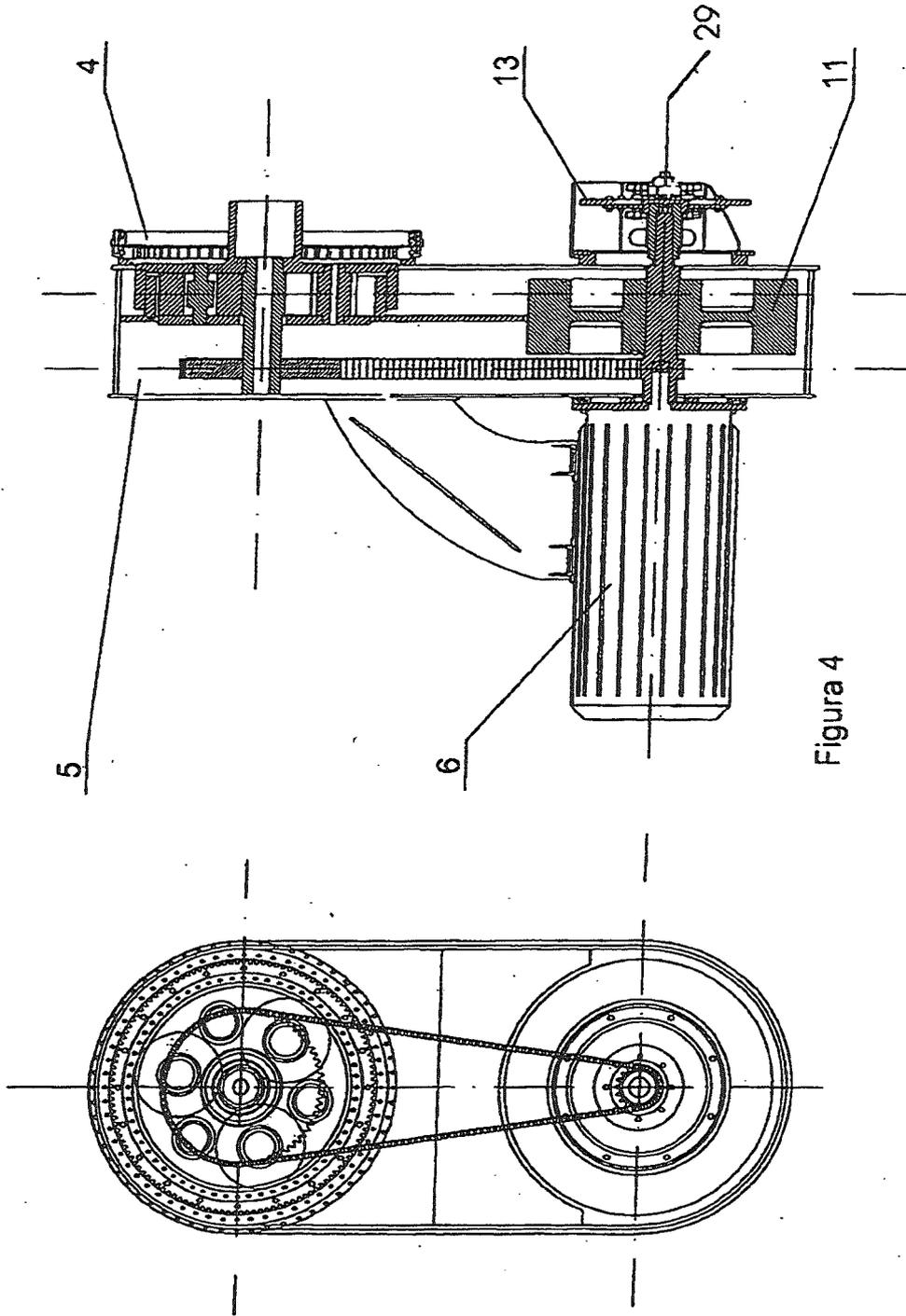


Figure 4

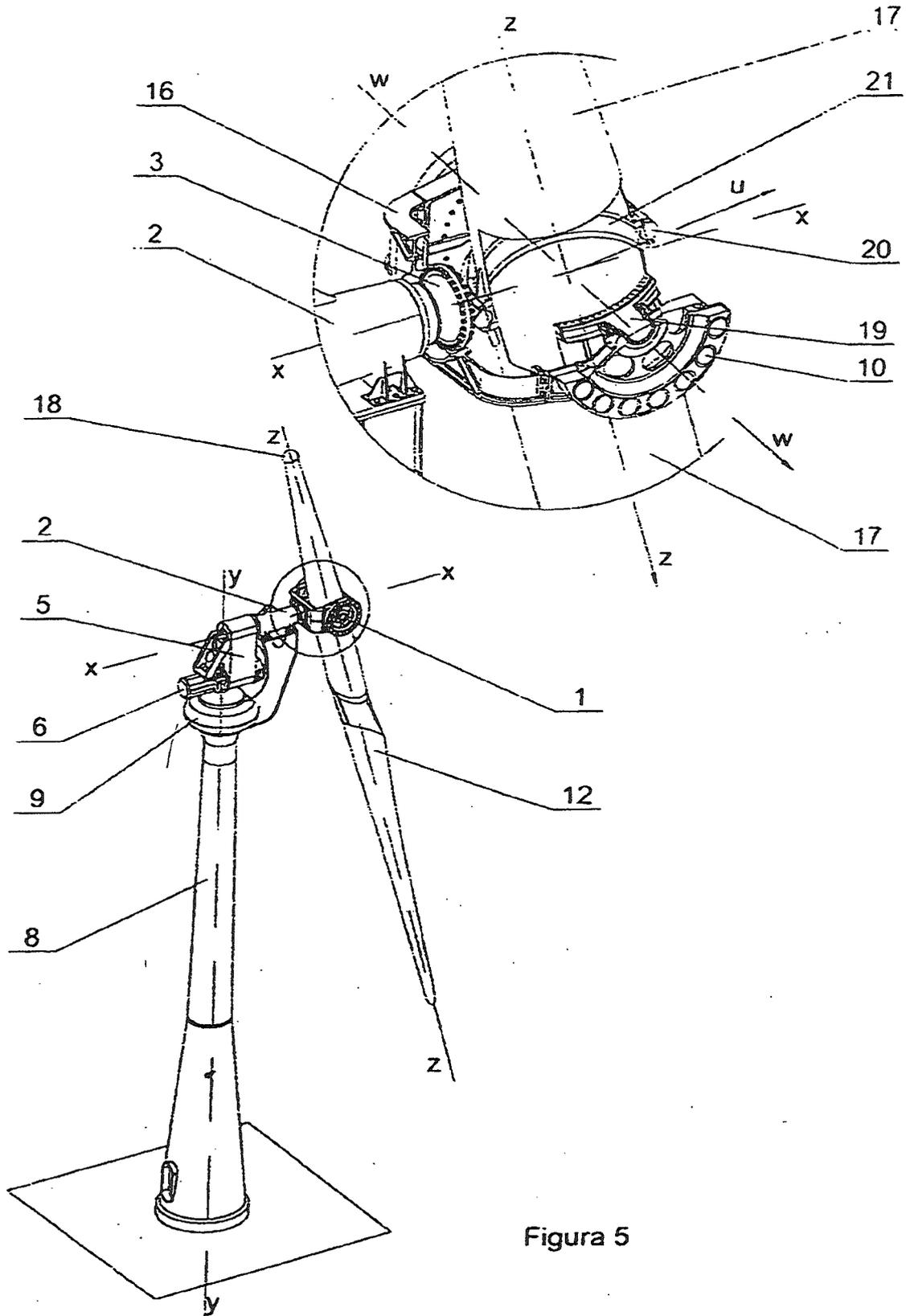


Figura 5

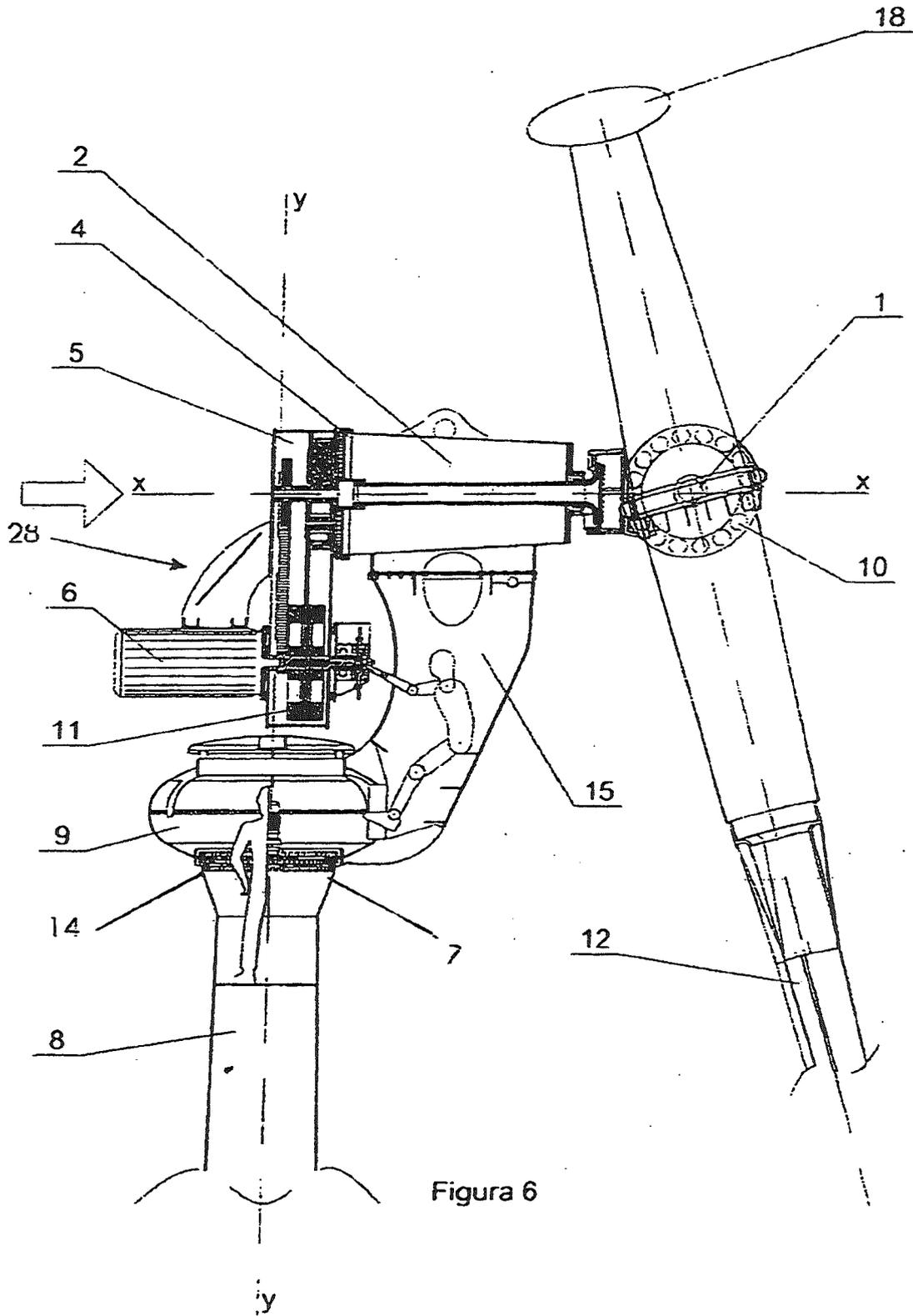


Figura 6

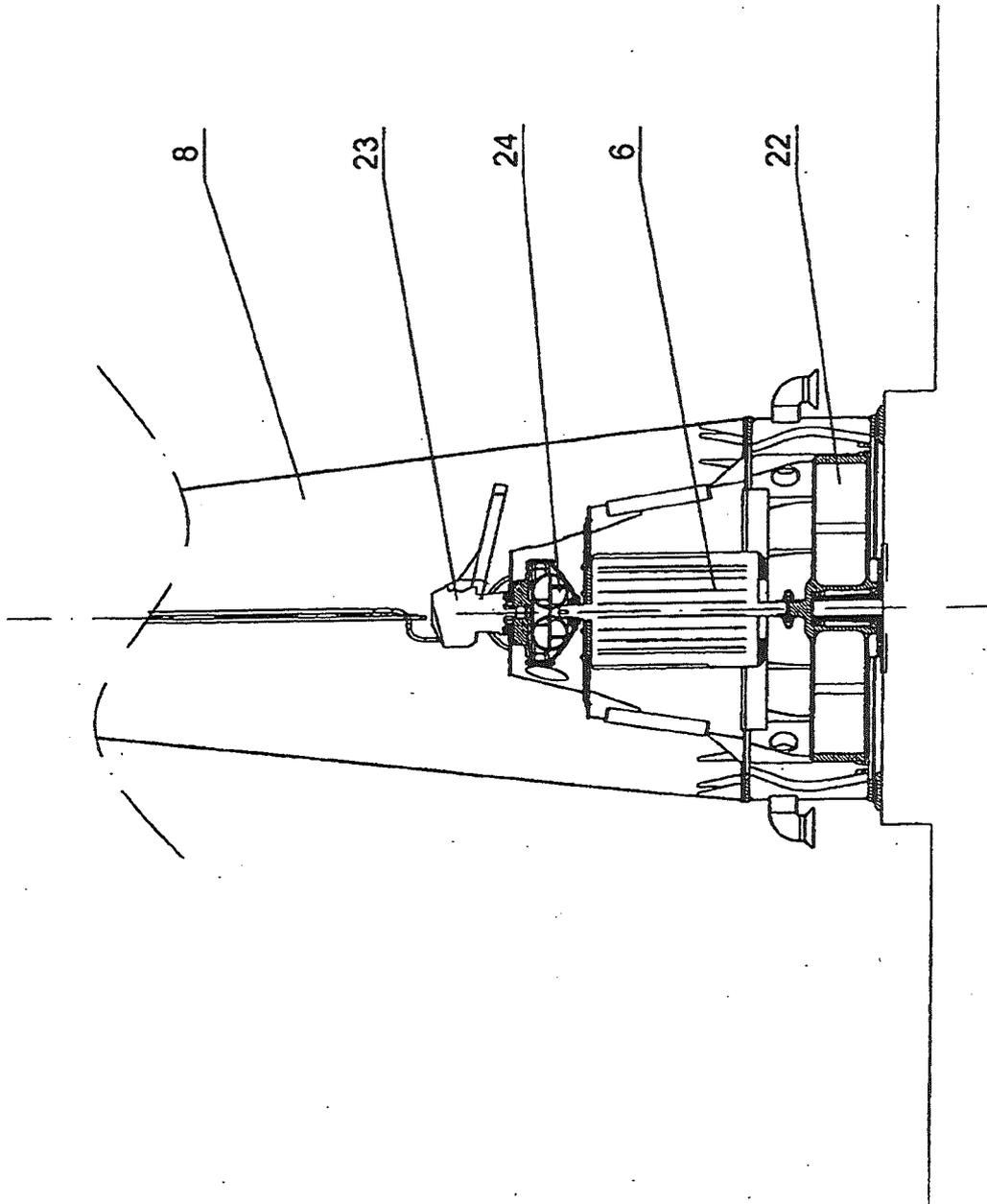


Figura 7

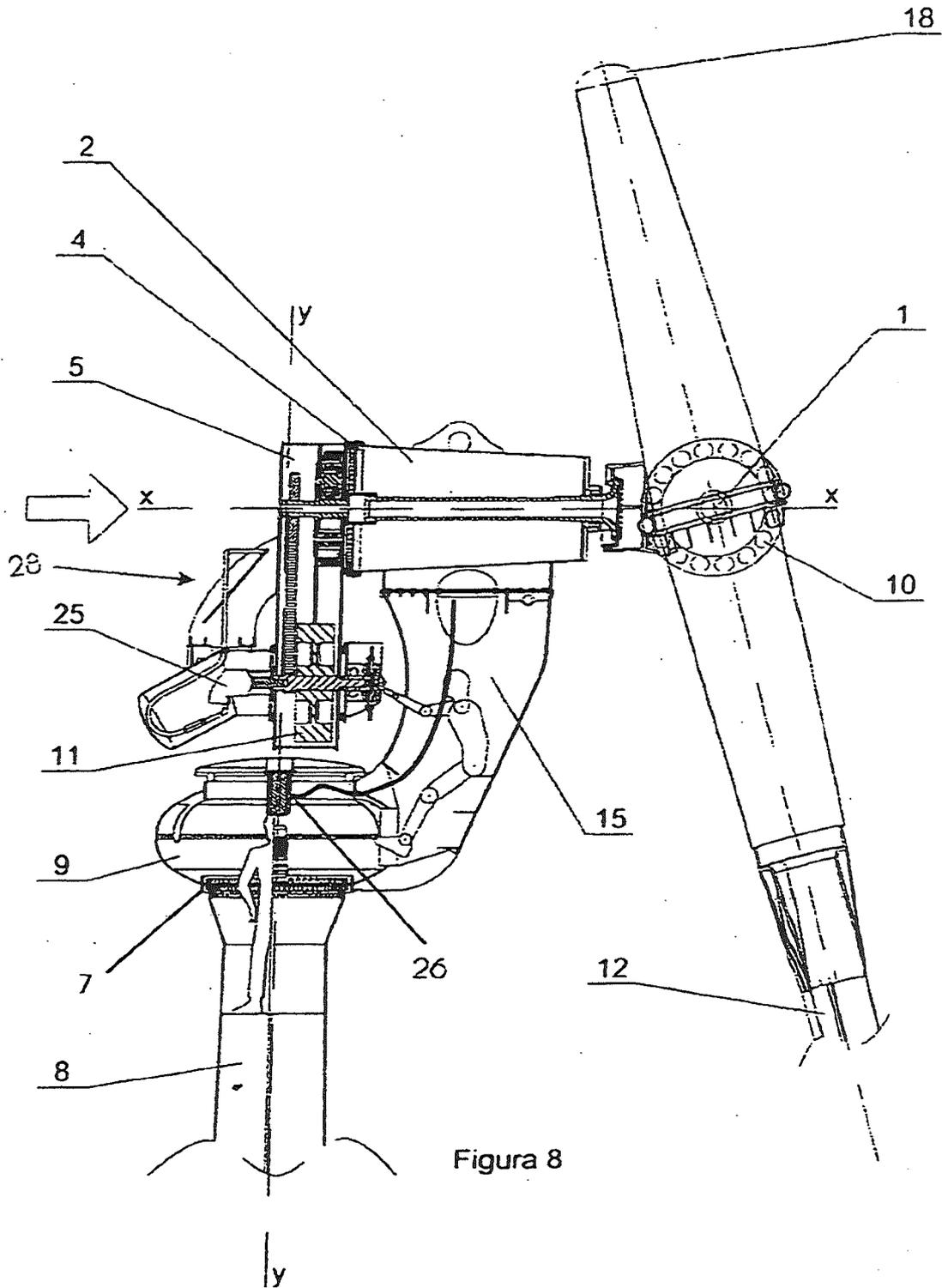


Figura 8

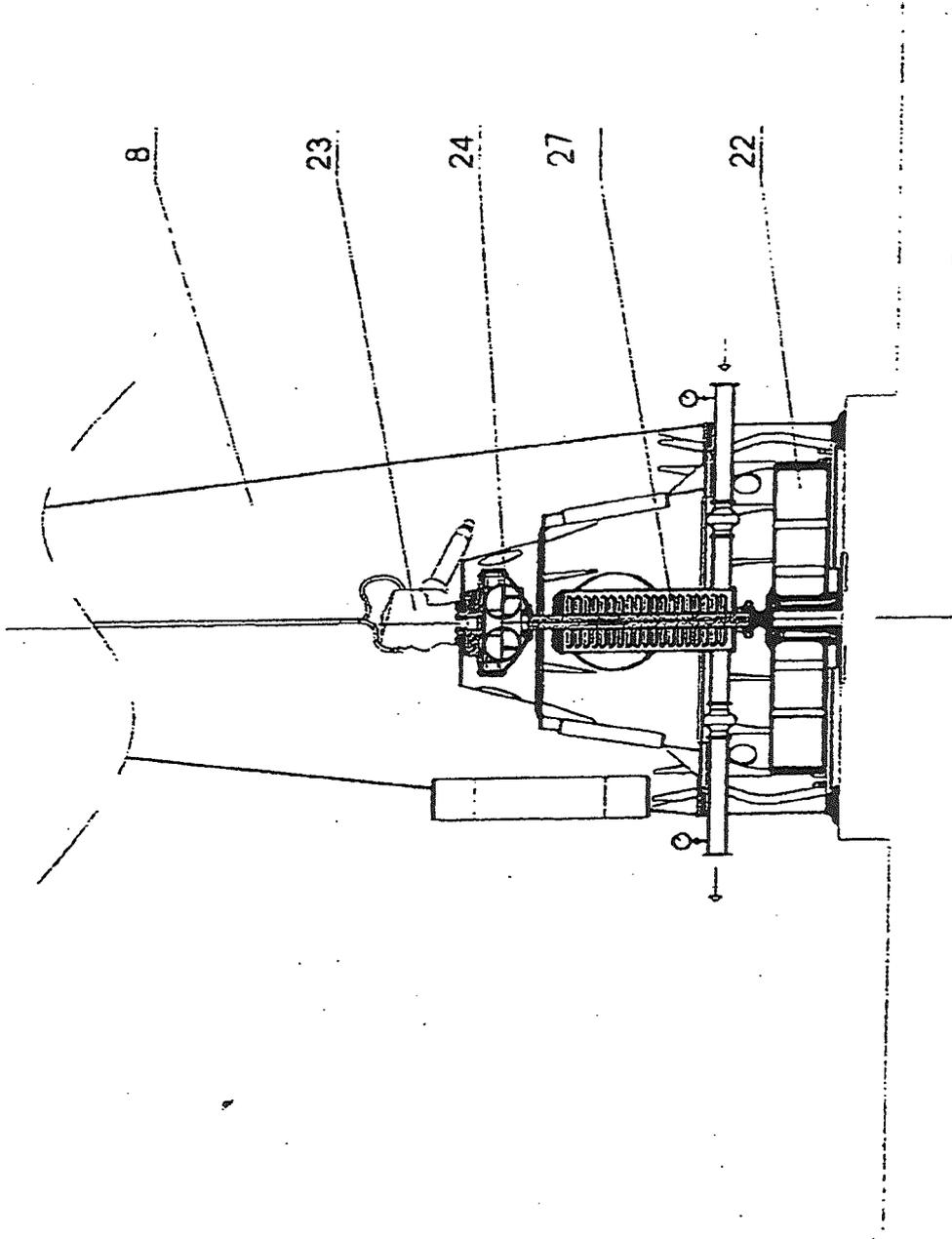


Figura 9