



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ Número de publicación: **2 322 423**

⑫ Número de solicitud: 200701720

⑬ Int. Cl.:
F03D 1/06 (2006.01)

⑭

PATENTE DE INVENCION

B1

⑮ Fecha de presentación: **21.06.2007**

⑯ Fecha de publicación de la solicitud: **19.06.2009**

Fecha de la concesión: **12.01.2010**

⑰ Fecha de anuncio de la concesión: **26.01.2010**

⑱ Fecha de publicación del folleto de la patente:
26.01.2010

⑲ Titular/es: **Manuel Torres Martínez**
c/ Sancho el Fuerte, 21
31007 Pamplona, Navarra, ES

⑳ Inventor/es: **Torres Martínez, Manuel**

㉑ Agente: **Buceta Facorro, Luis**

㉒ Título: **Pala para aerogenerador de eje horizontal.**

㉓ Resumen:

Pala para aerogenerador de eje horizontal, que consta de dos cuerpos aplanados que se disponen enfrentados en convergencia longitudinal hacia la punta sin contactar entre ellos, uniéndose dichos cuerpos mediante una celosía intermedia formada por tirantes (3) de perfil aerodinámico, los cuales se unen a los cuerpos aplanados mediante uniones articuladas que confieren flexibilidad al conjunto estructural para evitar roturas por fatiga.

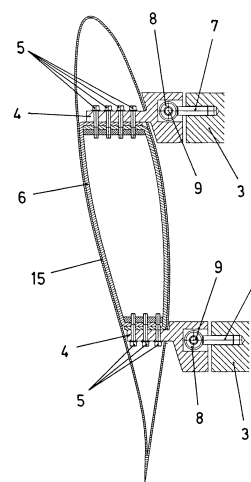


Fig. 4

ES 2 322 423 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP.

DESCRIPCIÓN

Pala para aerogenerador de eje horizontal.

5 Sector de la técnica

La presente invención está relacionada con los aerogeneradores que se utilizan para producción eléctrica mediante aprovechamiento de la energía eólica, particularmente los de tipo de eje horizontal que disponen de un rotor de palas que se dispone enfrentado al viento para recibir un accionamiento giratorio, proponiendo una pala con una particular
10 realización estructural, para dichos aerogeneradores.

Estado de la técnica

Las palas de aerogenerador de eje horizontal presentan habitualmente una configuración aerodinámica en una
15 realización monoplano, de modo que conforme aumenta el tamaño de dichas palas surgen inconvenientes en los aspectos siguientes:

- La longitud máxima está limitada por el transporte, lo que implica que se tiene que renunciar a un porcentaje de
20 rendimiento para facilitar el desplazamiento hasta los parques de instalación de los aerogeneradores.

- Estructuralmente se necesita ir a grosores altos, y como consecuencia de las limitaciones de longitud, los perfiles aerodinámicos que se utilizan son de elevado grosor relativo, lo que hace que su eficiencia aerodinámica baje, disminuyendo el rendimiento energético.

- La flecha en punta es grande y puede provocar impactos de la pala contra la torre del aerogenerador, lo cual obliga
25 a recurrir a formas que afectan al rendimiento y complican la fabricación.

- La fabricación de cada pala resulta costosa, ya que la cantidad de material que hay que incorporar es elevada.

- Las grandes longitudes crean problemas de pandeo de las pieles estructurales de las palas, lo que hace necesario
30 incrementar el grosor de los núcleos de las palas para estabilizarlas.

- El diámetro del rodamiento de acoplamiento sobre el buje aumenta, siendo su costo elevado y pocos los fabricantes de los rodamientos necesarios.

- El acceso a los parques de instalación de los aerogeneradores necesita de unas pistas caras, debido a los transportes
35 que se deben utilizar.

Para anular esos inconvenientes se han desarrollado diversas soluciones de realizaciones constructivas de las palas,
40 como por ejemplo:

La Patente FR 2 609 506, presenta una solución constructiva de palas formadas según una configuración en anillo.

Las Patentes WO 03/036082, US 6 902 370 y US 6 972 498, presentan soluciones constructivas de palas formadas
45 de manera telescópica.

La Patente EP 0 064 742, presenta una solución constructiva de dos palas gemelas dispuestas en un soporte común de acoplamiento a un rotor giratorio, disponiendo cada una de las palas de un movimiento rotacional independiente para su orientación.

Las Patentes US 1 780 431 US 4 081 221 y WO 2006/128940, presentan soluciones constructivas de dos o más
50 palas asociadas de manera fija sobre un soporte común de acoplamiento al rotor giratorio que se tiene que accionar.

Y la Patente US 1 820 529, presenta una solución constructiva de palas formadas por dos cuerpos que divergen
55 desde la punta de la pala hasta la base de la misma, uniéndose dichos cuerpos en la parte de separación mediante tirantes intermedios.

Todas estas soluciones tienen como fin proporcionar una superficie de pala que permita cumplir con la eficiencia necesaria de captación de la acción del viento, con unas dimensiones de longitud que hagan posible salvar en la mejor
60 medida los inconvenientes anteriormente mencionados. Sin embargo tales soluciones no proporcionan características que aseguren debidamente la resistencia estructural de las palas para la función de trabajo a la que se hallan destinadas, debiendo recurrirse a formaciones constructivas con materiales caros y elementos de mucho peso que reducen la eficiencia de las palas.

65 Objeto de la invención

De acuerdo con la invención se propone una pala destinada para los aerogeneradores de eje horizontal, la cual se ha desarrollado según una configuración estructural que soluciona eficazmente los problemas que se derivan de una

longitud sobredimensionada, proporcionando unas características que mejoran el comportamiento de la pala en su función de aplicación, sin penalizar el transporte, ya que la longitud máxima del conjunto estructural de la pala queda dentro de los rangos de transporte normal.

5 Esta pala objeto de la invención se compone de dos cuerpos aplanados independientes, esencialmente iguales, los cuales se extienden enfrentados convergiendo desde la raíz de la pala hacia la punta, sin llegar a contactar entre sí, con unión entre dichos cuerpos mediante una estructura de celosía formada con tirantes de perfil aerodinámico y unión de los mismos con respecto a los cuerpos aplanados mediante acoplamientos articulados.

10 De esta forma se obtiene una estructura de la pala, en la que las uniones articuladas entre los tirantes de la celosía central y los cuerpos aplanados determinan una flexibilidad que evita puntos rígidos de tensión propensos a la rotura por fatiga a consecuencia de los esfuerzos que sufre la pala en el trabajo de su función de aplicación.

15 Dicha estructura de la pala resulta así con la rigidez y la resistencia necesarias, pero con un amortiguamiento ante las cargas súbitas, proporcionado por la unión entre los tirantes de la celosía central y los cuerpos aplanados, que las cargas que se transmiten al buje sobre el que se acopla la pala y las cargas puntuales en las zonas de las uniones estructurales de la propia pala, disminuyen.

20 La disposición geométrica relativa entre los dos cuerpo aplanados de la pala, permite además situar el eje elástico en la posición deseada, de forma que ante cambios bruscos de la dirección o intensidad del viento el sistema reacciona torsionándose y bajando el ángulo de ataque, incluso antes de que el sistema de control de paso ("pitch") reaccione. De esta forma se reduce el tiempo de respuesta, consiguiendo así disminuir el valor de los picos de carga mecánica en el aerogenerador, los picos de potencia generada y las sobrevelocidades de giro.

25 Por otro lado, la utilización de un sistema de pala biplano unida por celosía aumenta considerablemente la rigidez respecto de una pala biplano solo unida en la raíz y en la punta, lo cual hace que los modos de vibración de la pala aumenten su valor de frecuencia natural y que, por lo tanto, el sistema de control de "pitch" del aerogenerador pueda ser más rápido.

30 Ello permite aumentar el ancho de banda del sistema de control de "pitch", elevando la influencia relativa de la modificación del control de ángulo de "pitch" (β) sobre la velocidad del rotor (Ω), de manera que este hecho permite el control de palas mayores, donde el aumento del radio de la pala eleva proporcionalmente más la influencia relativa de la modificación de la velocidad del viento (V) sobre la velocidad del rotor (Ω), es decir la relación de derivadas parciales $\partial\Omega/\partial V$, que la relación de derivadas parciales $\partial\Omega/\partial\beta$.

35 El perfil aerodinámico de los tirantes de la celosía que une a los cuerpos aplanados, permite por su parte optimizar el rendimiento, ya que dichos tirantes presentan una resistencia aerodinámica mínima, frenando muy poco la pala en la dirección de giro, en tanto que los tirantes oblicuos se pueden orientar de forma que la resultante de las fuerzas aerodinámicas colabore en la extracción de energía del viento, minimizando las cargas en la pala.

40 Por otra parte, desde el punto de vista estructural se pueden separar más las zonas resistentes y dar mayor inercia a cada sección sin perjudicar la aerodinámica, ya que la función aerodinámica se desacopla de la estructural, pudiendo utilizarse perfiles de bajo espesor relativo y alta eficiencia, con los que se logra en este caso una gran rigidez estructural.

45 Además, la fabricación de los elementos componentes de la pala se simplifica y la cantidad de material necesario se reduce, lográndose unas condicionantes de pandeo menos severas, con un peso también reducido, que permite disminuir el diámetro del acoplamiento de sujeción de la pala en su montaje.

50 El transporte se simplifica igualmente, al disminuir la longitud máxima de la pala, pudiendo incluso transportarse los elementos componentes por separado, y realizarse el ensamblaje de los mismos en el lugar de instalación de los aerogeneradores de aplicación.

55 Como efecto colateral se puede conseguir también la disminución de las pérdidas de punta de la pala, y como consecuencia un incremento extra de rendimiento, mediante la colocación de un montante transversal de forma aerodinámica en el extremo final de la pala, con el cual evita en gran parte la circulación del aire entre intradós y extradós de cada uno de los cuerpos aplanados componentes, de modo que se acentúa la caída del factor de inducción en esa zona, por lo que la zona exterior de la pala funciona mejor y se incrementa el rendimiento global.

60 El efecto de reducir la generación de torbellinos marginales, hace también disminuir el ruido producido por la pala, lo cual permite ir a velocidades de giro más elevadas, ya que actualmente la principal limitación de la velocidad de rotación es el ruido que producen las palas. El incremento de la velocidad de rotación supone además un ahorro en los costes del generador y demás elementos mecánicos, así como un incremento del rendimiento por poder funcionar a la relación óptima entre la velocidad de giro y la velocidad de viento, durante más rango de operación.

65 Desde el punto de vista aerodinámico la configuración de la pala preconizada presenta una serie de particularidades que pueden ser aprovechadas, de forma que, por una parte, los cuerpos aplanados componentes de la pala son de menor longitud que las palas convencionales de un solo cuerpo, dependiendo la longitud en esta nueva estructura de pala, de la separación entre los cuerpos aplanados y el factor interferencia aerodinámica entre ellos.

Y por otro lado, la separación entre los dos cuerpos aplanados y el escalonamiento entre ellos, tienen influencia en los coeficientes de sustentación de cada cuerpo y en la resistencia del conjunto; de tal manera que los dos cuerpos aplanados se pueden separar lo suficiente como para que se comporten como perfiles independientes, o bien aprovechar de forma positiva la interferencia entre ellos aproximándolos más. Los campos de presión varían igualmente, pudiendo obtener a raíz de ello beneficios, como retrasar la entrada en pérdida, o un incremento en los coeficientes de sustentación.

Existe un grado de libertad adicional, susceptible también de ser aprovechado, que consiste en la posibilidad de disponer cada uno de los cuerpos aplanados en distintos ángulos de ataque, con lo cual se puede optimizar el comportamiento de la pala. Además, la posición del centro de presiones se puede variar, con la influencia que esto representa en el par necesario en el eje de "*pitch*".

Dicha configuración de la pala preconizada permite a su vez la utilización de unos cuerpos aplanados de poco grosor relativo hasta la raíz de la pala, con una buena eficiencia aerodinámica, salvando así los principales motivos que tienen las palas largas convencionales de no alcanzar un rendimiento más elevado, por las pérdidas en punta y la utilización de perfiles distintos a los que serían necesarios, debido esto último a que en la aproximación a la raíz de pala es necesaria cierta altura del cajón central de la pala para soportar las grandes cargas de flexión que se producen, lo cual obliga a incrementar el grosor relativo, y como consecuencia se produce una pérdida de eficiencia, ya que por debajo de aproximadamente el 20% de la envergadura, la longitud necesaria complica enormemente la logística, por lo que se deja de seguir la ley de óptima longitud y se recurre a la geometría cilíndrica para la unión de la pala al buje de montaje en el aerogenerador, lo cual hace que se tengan que usar perfiles de muy alto espesor relativo (mayor del 30%) que presentan peores propiedades aerodinámicas.

Por todo ello, dicha pala objeto de la invención resulta de unas características ciertamente ventajosas, adquiriendo vida propia y carácter preferente respecto de las palas convencionales que se vienen utilizando en los aerogeneradores para la misma función.

Descripción de las figuras

La figura 1 muestra en vista lateral una pala de aerogenerador estructurada según la invención.

La figura 2 muestra en perspectiva un ejemplo de realización de un cuerpo aplanado para la formación de la pala preconizada.

La figura 3 es un detalle en perspectiva explosionada de la unión articulada de unos tirantes de la celosía central respecto de uno de los cuerpos aplanados en la pala preconizada.

La figura 4 es una vista frontal seccionada del conjunto de la figura anterior montado.

La figura 5 es una perspectiva del tramo final de una pala según la invención con los extremos de los cuerpos aplanados unidos mediante un montante transversal aerodinámico.

La figura 6 es una perspectiva de un aerogenerador con palas estructuradas según la invención.

La figura 7 es una vista lateral ampliada de la parte superior del aerogenerador de la figura anterior.

La figura 8 es una perspectiva ampliada de la parte superior del aerogenerador anterior, sin la carcasa del cuerpo de alojamiento del generador.

Descripción detallada de la invención

El objeto de la invención se refiere a una pala para aerogeneradores de eje horizontal, con una forma de realización constructiva que mejora el comportamiento funcional y resistente de la pala, y que permite conseguir un rendimiento elevado con una dimensión longitudinal relativamente reducida.

La pala preconizada se forma con dos cuerpos aplanados (1) y (2) de forma aerodinámica esencialmente iguales, los cuales se disponen enfrentados, convergiendo longitudinalmente desde la raíz de la pala hacia la punta, sin llegar a contactar en el extremo.

En la formación de la pala dichos cuerpos aplanados (1) y (2) se unen mediante una celosía intermedia formada por tirantes (3), con lo cual se consigue un conjunto estructural resistente, cuyos cuerpos aplanados (1) y (2) suman una función de captación eólica que permite un rendimiento elevado de accionamiento por el viento con una longitud relativamente reducida, de manera que la pala se puede construir con longitudes adecuadas para los medios de transporte normales.

Según una característica particular, los tirantes (3) de la celosía intermedia de la pala se forman con perfiles también aerodinámicos, de manera que dichos tirantes producen una resistencia mínima de frenado de la pala en la dirección de

ES 2 322 423 B1

su movimiento, permitiendo por consiguiente optimizar el rendimiento de dicho movimiento de la pala en la función de aplicación en los aerogeneradores.

5 Los tirantes (3) oblicuos de la mencionada celosía intermedia estructural de la pala, pueden además disponerse orientados de forma que la resultante de las fuerzas aerodinámicas de los mismos colabore en la extracción de energía del viento, reduciendo así las cargas que la pala debe soportar en la función de su aplicación.

10 Por otro lado, dichos tirantes (3) de la celosía intermedia estructural de la pala, se unen a los cuerpos aplanados (1) y (2) mediante uniones articuladas, como muestran las figuras 3 y 4, con lo que esos puntos de unión ofrecen una flexibilidad que evita las tensiones susceptibles de causar roturas por fatiga, de forma que la estructura constructiva de la pala resulta resistente con seguridad para soportar los esfuerzos y cargas que debe soportar la pala en la función del trabajo de su aplicación.

15 Según un ejemplo de realización, las mencionadas uniones articuladas entre los tirantes (3) de la celosía intermedia y los cuerpos aplanados (1) y (2) de la pala, se forman con un soporte (4) que se fija mediante tornillos (5) sobre el cajón estructural central (6) del cuerpo (1) ó (2) correspondiente, y un tornillo (7) acoplado al tirante (3) respectivo, uniéndose dicho tornillo (7) de manera basculante, por medio una cabeza anular (8) que posee en su extremo, sobre el soporte (4) de la unión, mediante un pasador (9) que hace de eje de articulación.

20 En el extremo de la pala los cuerpos aplanados (1) y (2) se unen mediante un montante transversal (10), como muestra la figura 5, siendo dicho montante (10) también de sección aerodinámica, con lo cual se evita en gran parte la circulación del aire entre intradós y extradós de los cuerpos aplanados (1) y (2) en esa zona, acentuándose la caída del factor de inducción, y como consecuencia se logra una disminución de las pérdidas de punta de la pala, consiguiéndose un incremento extra del rendimiento.

25 La pala preconizada es de aplicación para los aerogeneradores de eje horizontal que presentan un rotor (11) con palas (12) para la actuación por el viento, con el fin de proporcionar el accionamiento giratorio del generador (13) de producción eléctrica que va alojado en el cuerpo (14) del aerogenerador, según las figuras 6 a 8.

30 La formación estructural de los cuerpos aplanados (1) y (2) de composición de la pala según la invención, pueden ser de cualquier solución constructiva, habiéndose representado en las figuras 2, 3 y 4, un ejemplo de realización de dichos cuerpos aplanados (1) y (2) que comprende un cajón central (6) formado por dos mitades de sección en "U" encajadas entre sí, con un cubrimiento exterior (15) que determina la configuración estructural aerodinámica, sin que esta realización sea limitativa.

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Pala para aerogenerador de eje horizontal, del tipo formado por un conjunto biplano, **caracterizada** porque consta de dos cuerpos aerodinámicos aplanados (1) y (2) esencialmente iguales que se disponen enfrentados, los cuales se extienden longitudinalmente en convergencia desde la raíz de la pala hacia la punta sin llegar a contactar entre ellos, con una celosía intermedia de unión entre dichos cuerpos (1) y (2) formada por tirantes (3) que son también de perfil aerodinámico, estableciéndose las uniones de dichos tirantes (3) de la celosía intermedia respecto de los cuerpos aplanados (1) y (2) mediante uniones articuladas que confieren flexibilidad.

2. Pala para aerogenerador de eje horizontal, de acuerdo con la primera reivindicación, **caracterizada** porque los tirantes (3) oblicuos de la celosía intermedia se disponen orientados de forma que la resultante de las fuerzas aerodinámicas de los mismos colabora en la extracción de energía del viento que actúa sobre la pala.

3. Pala para aerogenerador de eje horizontal, de acuerdo con la primera reivindicación **caracterizada** porque según una realización las uniones entre los tirantes (3) de la estructura intermedia y los cuerpos aplanados (1) y (2), se forman con un soporte (4) fijado sobre el cajón estructural central (6) del cuerpo aplanado (1) ó (2) que corresponda, y un tornillo (7) acoplado al tirante (3) respectivo, poseyendo dicho tornillo (7) una cabeza anular (8), por medio de la cual se establece unión articulada con el soporte (4) correspondiente mediante un pasador (9).

4. Pala para aerogenerador de eje horizontal, de acuerdo con la primera reivindicación, **caracterizada** porque los cuerpos aplanados (1) y (2) se unen en el extremo de la pala mediante un montante transversal (10) de sección aerodinámica.

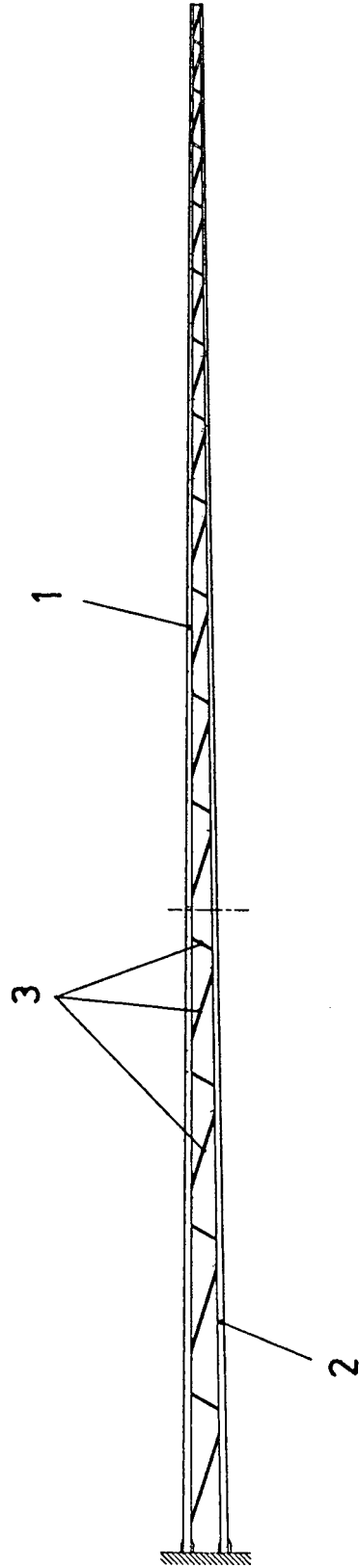


Fig.1

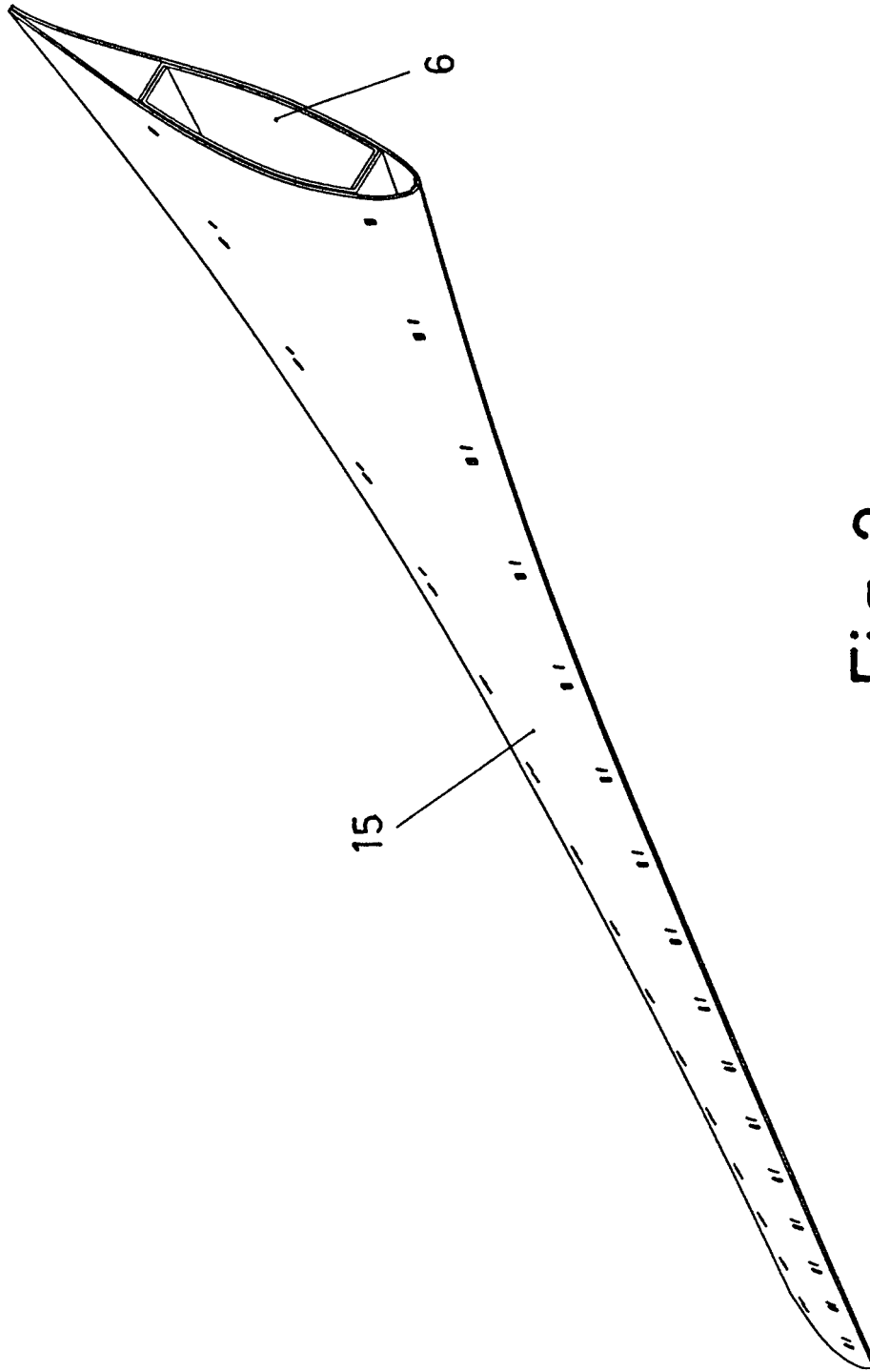


Fig. 2

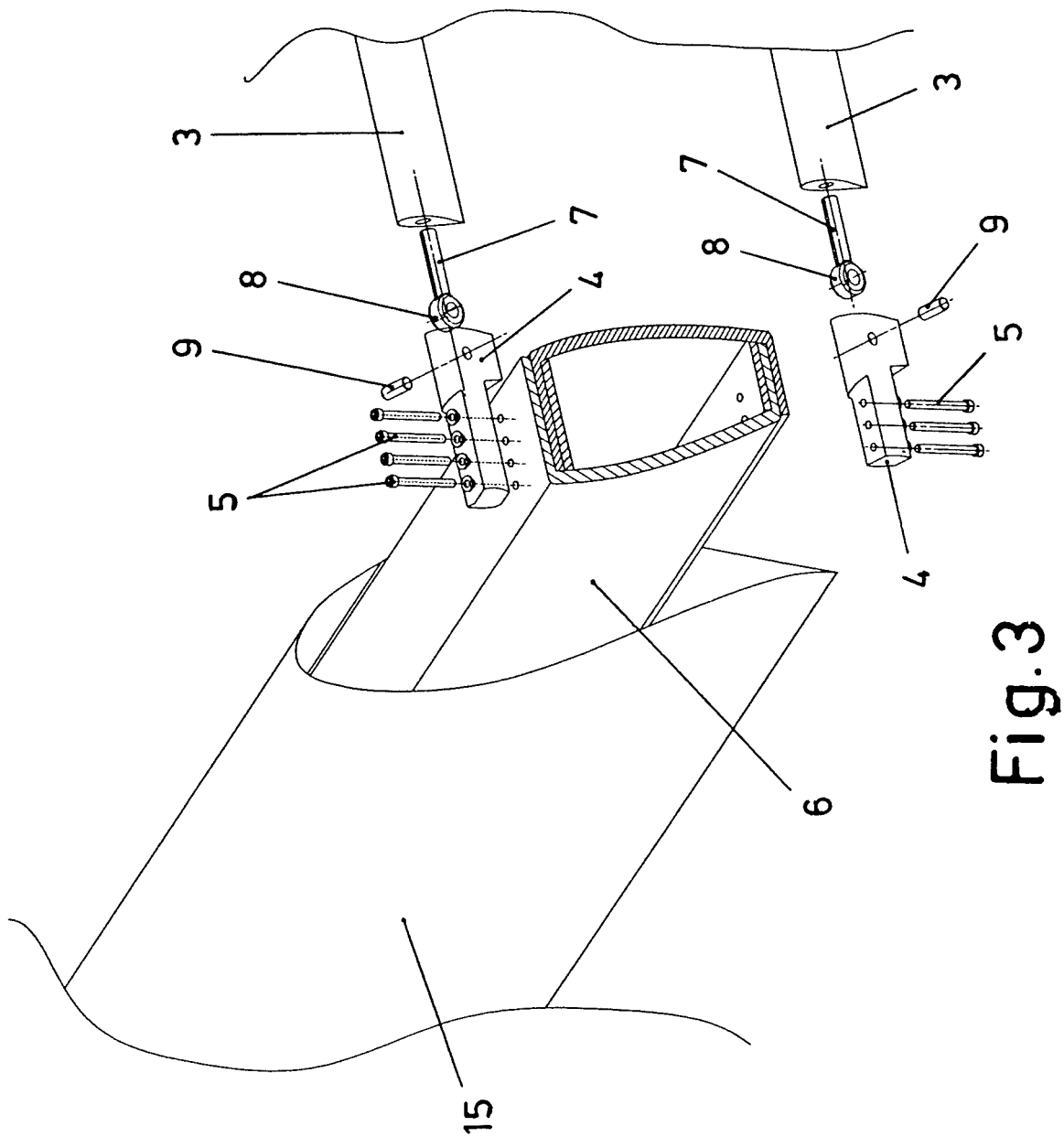


Fig.3

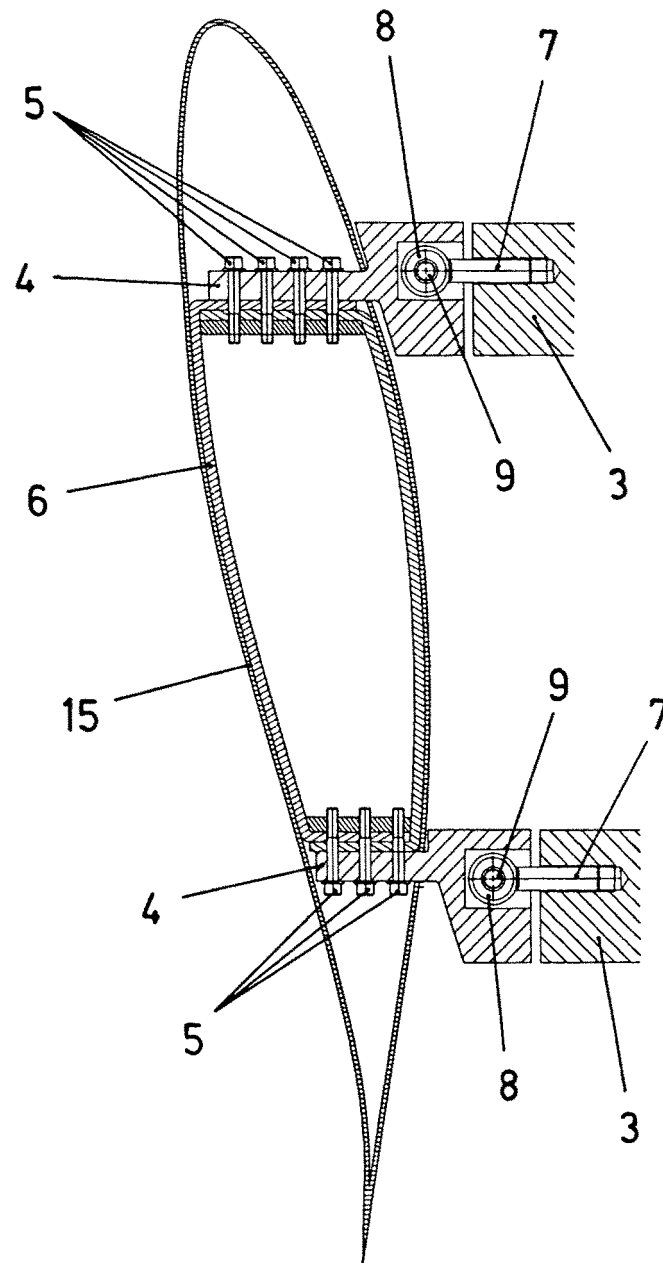


Fig. 4

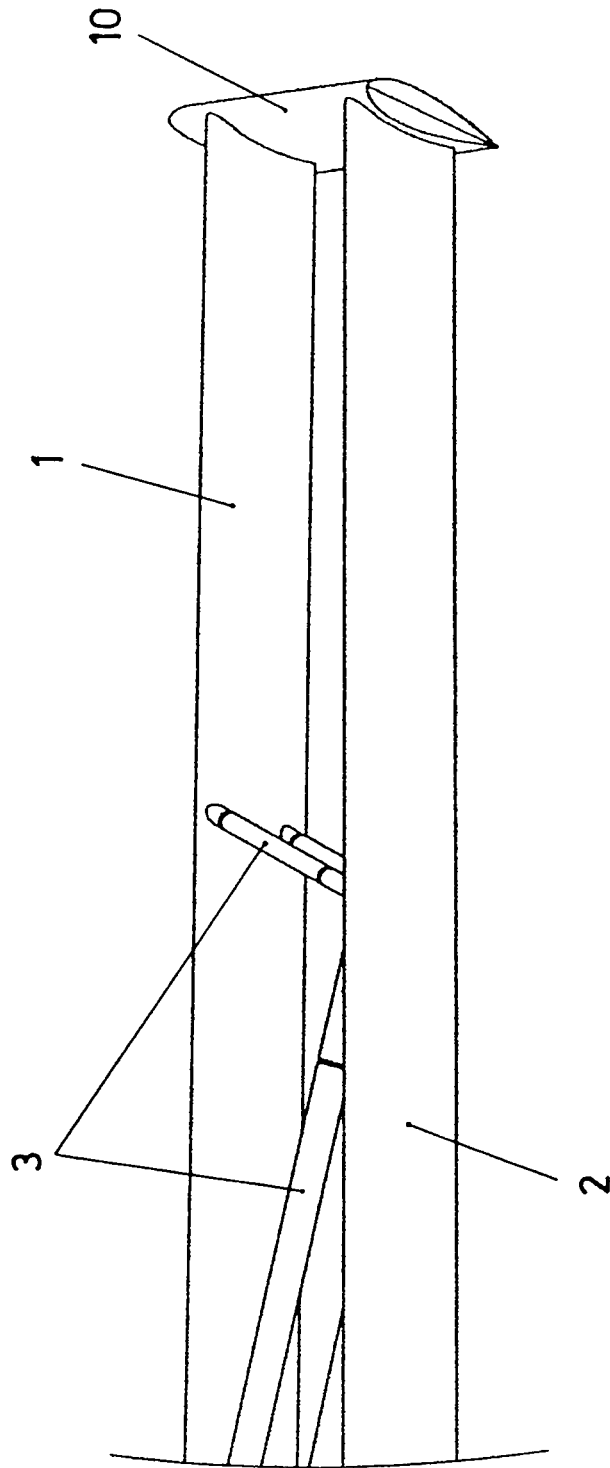


Fig. 5

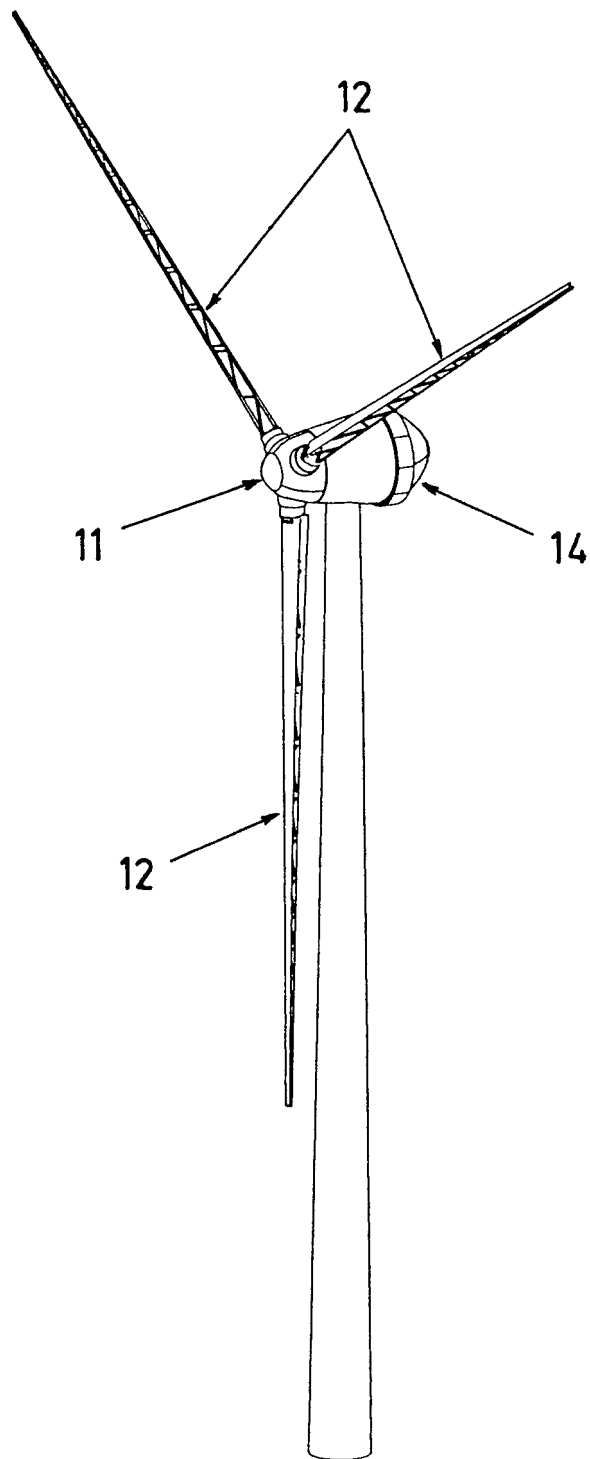


Fig. 6

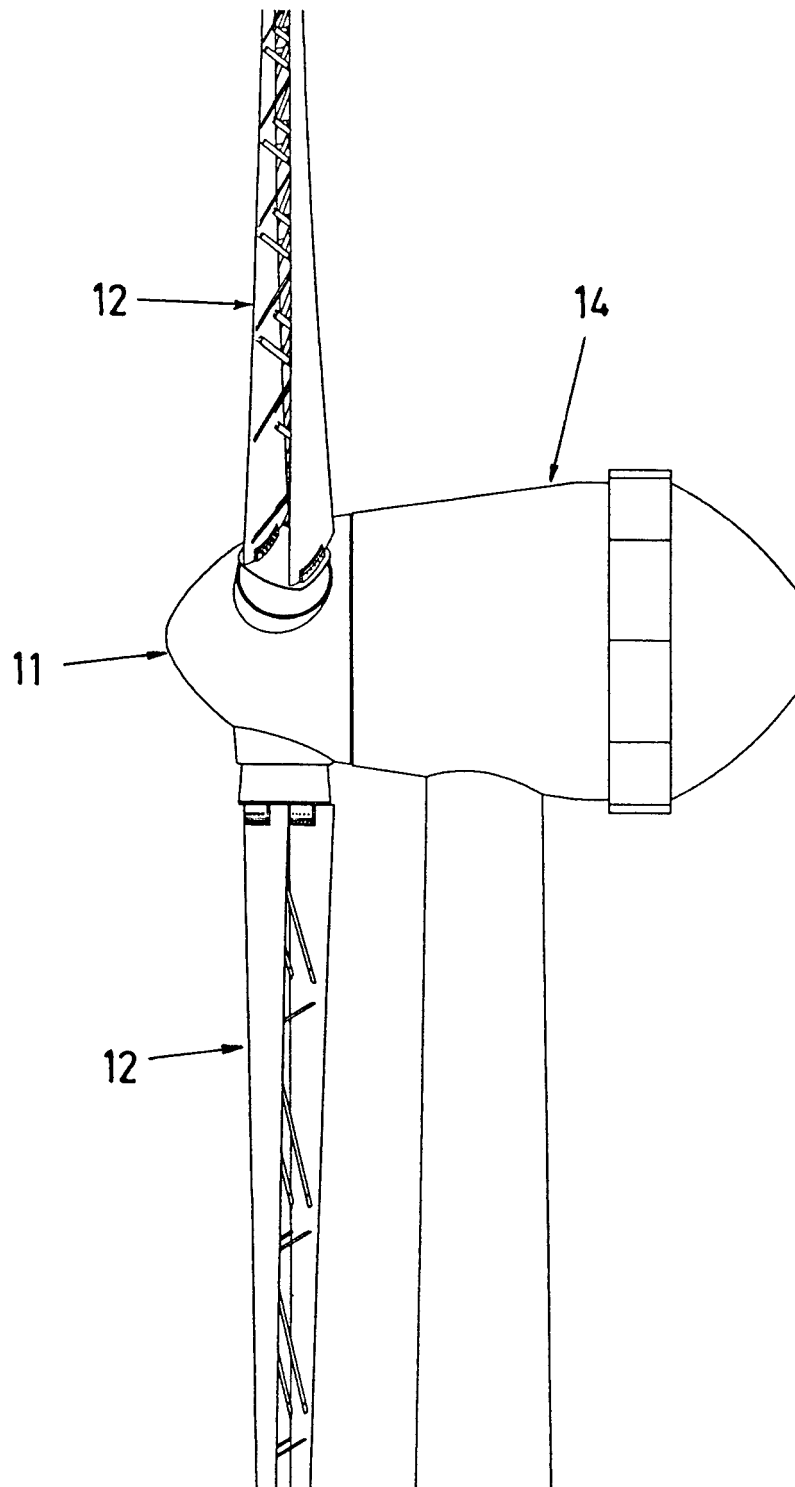


Fig. 7

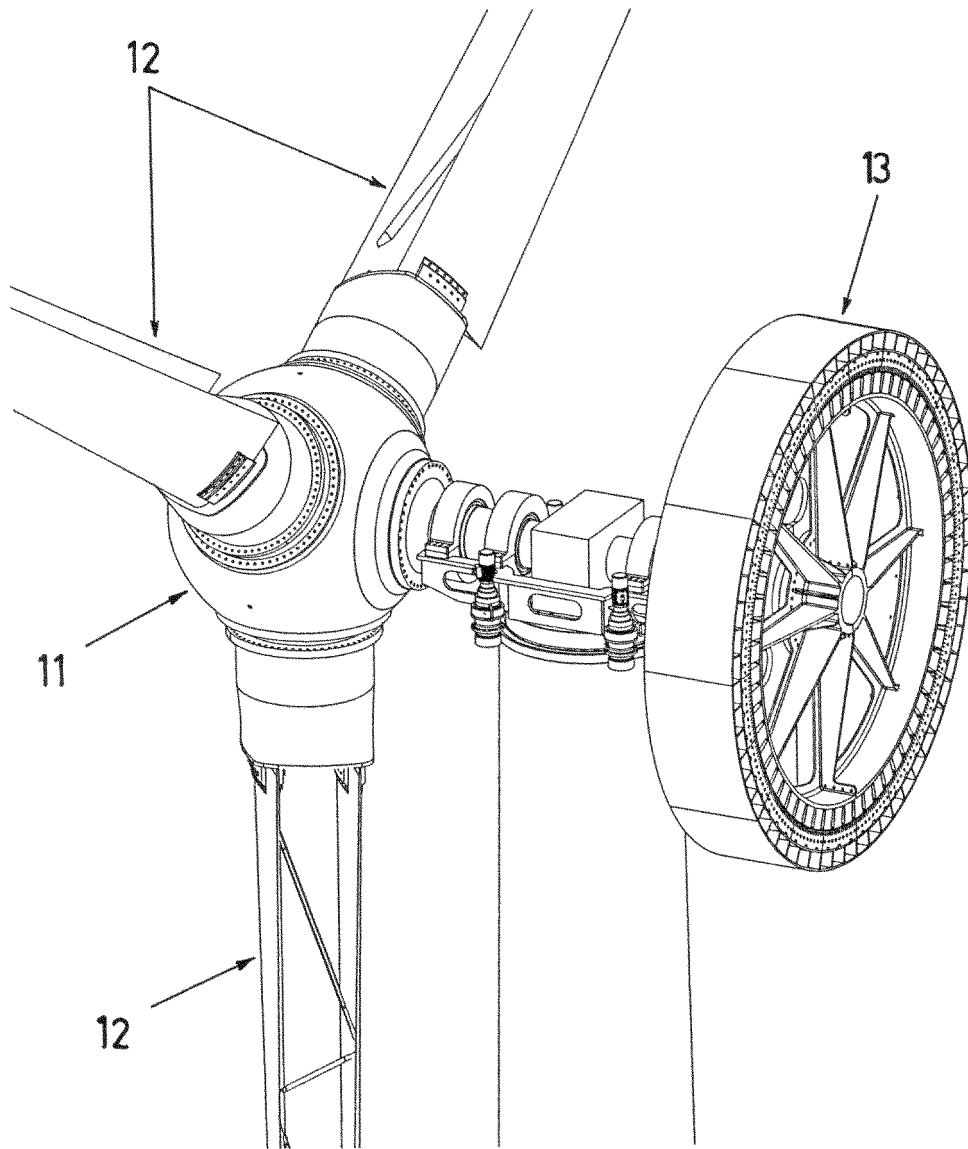


Fig.8



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ ES 2 322 423

⑫ Nº de solicitud: 200701720

⑬ Fecha de presentación de la solicitud: 21.06.2007

⑭ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑮ Int. Cl.: F03D 1/06 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑯ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	WO 0146582 A2 (AERODYN ENGINEERING GMBH) 28.06.2001, todo el documento.	1-4
A	WO 03093672 A1 (REPOWER SYSTEMS AG) 13.11.2003, todo el documento.	1-4
A	JP 6159222 A (NIPPON C FUTEI KK) 07.06.1994, todo el documento.	1-4
A	US 4081221 A (ANDREWS) 28.03.1978, todo el documento.	1-4
A	GB 1592114 A (PRAKTISK TEKNIK AB) 01.07.1981, todo el documento.	1-4
A	US 1820529 A (DARRIEUS) 25.08.1931, figuras 2-4.	1-4

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe

04.05.2009

Examinador

M. Fluvià Rodríguez

Página

1/1