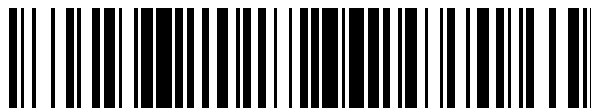


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 510 893**

21 Número de solicitud: 201330571

51 Int. Cl.:

F03D 1/06

(2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

19.04.2013

30 Prioridad:

19.04.2013 ES null

43 Fecha de publicación de la solicitud:

21.10.2014

Fecha de la concesión:

04.09.2015

45 Fecha de publicación de la concesión:

11.09.2015

73 Titular/es:

**AEROBLADE, S.A. (100.0%)
Parque Científico y Tecnológico de Bizkaia,
C/ Astondo Bidea. Edificio 614
48160 Derio (Bizkaia) ES**

72 Inventor/es:

**ARAMBURU ARRIAGA, Joseba;
LOIS VIDAL, Óscar;
MUÑOZ DE FELIPE, Pedro;
RUIZ DE GORDEJUELA, Rubén y
SALINAS MARISCAL, Hugo**

54 Título: **Pala eólica modular, método de unión, y aerogenerador**

57 Resumen:

Pala eólica modular que comprende dos o más módulos. Dichos módulos están unidos entre sí por unas zonas denominadas de unión. La sección de unión es tal que el espesor de la misma es mayor que el espesor de las secciones adyacentes a la unión. La unión es fiable en el comportamiento estructural a fatiga de la pala. Se define además un método de unión para ensamblar dichos módulos, así como un aerogenerador que incorpora dicha pala eólica modular.

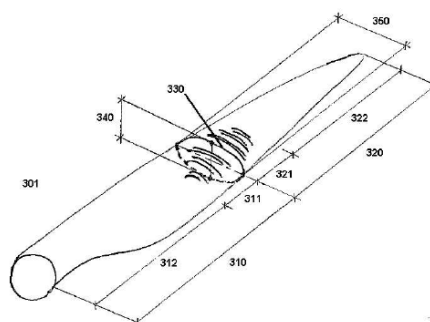


Fig. 3A

ES 2 510 893 B1

DESCRIPCIÓN

Pala eólica modular, método de unión, y aerogenerador

5 **Sector de la técnica**

La invención se encuadra en el sector energético, y más concretamente dentro de la energía eólica, que forma parte de las energías denominadas renovables.

Estado de la técnica

10 En la actualidad existe una tendencia a sacar mayor rendimiento de las energías denominadas renovables, dentro de las cuales la energía eólica es una de las más experimentadas, debido a la importancia que tiene para los países y productores de energía dejar de depender de fuentes fósiles limitadas.

15 En los últimos años, las palas eólicas tienden a ser cada vez elementos más grandes. Esto se debe en parte a que los sitios con condiciones de viento óptimas son limitados, y por lo tanto se tiende a sacar también mayor rendimiento de los lugares menos óptimos en cuanto a producción de energía, de forma que para conseguir esto es necesario aumentar el diámetro del rotor. La potencia del aerogenerador es directamente proporcional al área del
20 rotor, y cuanto mayor sea éste por lo general el tamaño de la turbina también es mayor. Por lo tanto, la longitud de la pala también es cada vez mayor, con diseños actuales que llegan hasta los 90 metros de longitud.

Esto hace que se busquen cada vez más lugares propicios para sacarles el mayor
25 rendimiento posible, lugares que por lo general se encuentran en zonas poco habitadas, y que además también coinciden con la apertura de nuevos mercados no tan saturados y explotados en cuanto a energía eólica se refiere. Lugares como China, India, Brasil, o incluso África, son lugares de enormes extensiones y con unas comunicaciones por carretera las cuales no se han visto en la necesidad de ser dimensionadas de acuerdo al
30 transporte de elementos de elevada longitud, esto hace que en muchas ocasiones las carreteras sean estrechas y con curvas muy cerradas que impiden el transporte por carretera de palas tan grandes. A pesar de que puedan utilizarse otros métodos de transporte como helicópteros o globos dirigibles para el transporte por dichos lugares, estos métodos no suelen ser económicamente viables.

35 Por ello son muchas las invenciones que en la última década han intentado buscar una solución a esta necesidad, con el objetivo de crear palas eólicas que puedan ser

transportadas en varios módulos y que sean ensambladas en campo, antes de su montaje en el aerogenerador.

Se conocen varias invenciones orientadas a buscar una solución para el desarrollo de palas eólicas modulares. Existen diversos tipos de soluciones para palas eólicas modulares que las podemos clasificar en función del tipo de unión, la mayoría de las soluciones optan por uniones atornilladas, como pueden ser EP 1584817, WO 2009/090537, ó US 2011/0293432; otras optan por uniones pegadas, como pueden ser US 2007/253824, WO 2012/004571, ó US 8348622; y otras optan por uniones tipo celosía, ver WO 2010/135737 ó US 2012/0195765. Estas tres formas de unión son las que se han definido repetidamente hasta la fecha e incluso existen fabricantes de palas que han ensayado algunos de estos tipo de unión pero con cierta incertidumbre en sus resultados a fatiga. De forma que hasta la fecha no se conoce ningún tipo de solución para palas eólicas modulares que sea completamente fiable en sus resultados a fatiga, y con esta invención se pretende solucionar este problema.

Cabe además añadir que muchas de estas uniones no son sencillas de realizar en campo y pueden necesitar de costosas inspecciones periódicas y mantenimiento de las mismas.

Descripción general de la invención

La invención está relacionada con una pala eólica modular que se compone de al menos dos módulos. La invención propuesta define la unión entre los módulos con el objetivo de que queden firmemente unidos entre sí durante el ciclo de vida de la pala.

Cada uno de los módulos de la pala de pala está formado estructuralmente por una parte de material compuesto y por otra parte de material metálico, y la unión entre ambos módulos se realiza directamente entre las partes metálicas de cada módulo destinadas a tal fin. La parte metálica de cada modulo puede estar compuesta por uno o dos elementos, o por varios elementos discretos.

La parte de compuesto y la metálica pueden estar unidas entre sí bien mediante cualquier método típico de infusión para la fabricación de material compuesto, entendiendo que éste se suele componer de fibra y resina, o bien mediante pegado.

Se pretende además que la conexión entre las partes metálicas sea fiable en fatiga y sencilla de realizar en campo, y que no requiera de elevados costes de inspección o mantenimiento.

Además también se define el método de unión entre los módulos para el tipo de solución propuesta.

Descripción de los dibujos

5 Para mayor claridad en la definición y divulgación de la presente invención se incluyen las siguientes figuras:

FIG.1 Muestra un aerogenerador de tres palas.

FIG.2 Se define la nomenclatura típica utilizada para describir zonas de una pala eólica.

10 FIG.3A Muestra una pala eólica y los módulos en las que se puede componer de acuerdo a la presente invención. Caso de 2 módulos.

FIG.3B Muestra la transición entre la parte metálica y la parte de compuesto en una zona de unión de uno de los módulos.

FIG.4 Muestra una pala eólica y los módulos en las que se puede componer de acuerdo a la presente invención. Caso de 3 módulos.

15 FIGS.5A y 5B Muestran los distintos tipos de geometría que se pueden dar en la zona de unión de la pala.

FIG.6 Muestra la estructura típica de cada módulo.

FIG.7 Muestra una vista transversal de la zona de unión entre módulos.

FIG.8 Muestra una vista longitudinal de la zona de unión entre módulos.

20 FIG.9A y 9B Muestran diferentes alternativas para las partes metálicas continuas de cada módulo.

FIG.10A y 10B Muestran diferentes alternativas para las partes metálicas discretas de cada módulo.

25 FIG.11 Muestra el diagrama de flujo para un método de ensamblaje de acuerdo a la presente invención.

Descripción detallada de la invención

30 Debe entenderse que la descripción detallada de la invención con ejemplos y dibujos específicos, además de para definir el concepto de la invención, son expuestos únicamente de forma ilustrativa, de forma que varios cambios y modificaciones podrían darse para mejorar la presente invención, pero siempre dentro del contexto de la misma.

35 La FIG.1 muestra un aerogenerador típico (100) característico del ámbito de aplicación de la presente invención. Este tipo de aerogeneradores incluye una torre (110) hecha de acero y que en su parte superior monta una góndola (120), en cuyo interior se dispone normalmente del mecanismo convertidor de energía. Acoplado a esta góndola (120) se monta un buje (130) el cual sirve de base estructural para montar las palas eólicas (140).

La FIG.2 muestra la geometría de una pala eólica enteriza típica (200), no modular. La parte de la pala eólica (200) que queda unida al buje del aerogenerador se denomina raíz (210), y el extremo opuesto es denominado punta (220). Además se define como dirección longitudinal de la pala (230) la dirección que va desde raíz (210) a punta (220), y la dirección que va desde el borde de ataque (240) al borde de salida (250) se define como dirección transversal (260), y que es ortogonal a la anterior dirección longitudinal (230).

La FIG.3A muestra una pala eólica modular (301) compuesta por dos módulos, un módulo que podemos denominar de raíz (310) y otro módulo que podemos denominar de punta (320). Para ambos módulos se definen las zonas de unión como (311) y (321). Se denominan zonas de unión porque estarían destinadas a tal fin y además estarían formadas por material compuesto y por material metálico. Las partes de cada módulo (312) y (322) se definen como zonas de no unión. La interfaz entre las distintas zonas de unión (311) y (321) se denomina sección de unión (330).

Esta sección de unión (330) puede tener un espesor (340) normalmente mayor, relativo al que corresponde en la definición aerodinámica de cada módulo a unir (310) y (320). Este aumento relativo del espesor es necesario para conseguir un momento de inercia adecuado con el dimensionamiento a fatiga de la pala eólica (301). Mientras que la dimensión de la cuerda (350) normalmente no necesita aumentarse en la sección de unión (330).

La FIG.3B muestra una sección longitudinal (302) de una zona de unión (311), se observa cómo se realiza la transición entre la parte metálica (360) y la parte de compuesto (370) correspondientes a la zona de unión (311) de uno de los módulos (310). Esta transición se realiza a través de una rampa (380) para conseguir una transmisión de cargas suave y lineal.

La FIG.4 muestra un caso similar al de la FIG.3A pero para una pala con tres módulos (400), un módulo de raíz (410) con su zona de unión (411), otro modulo central (420) con sus zonas de unión (421) y (422) y otro módulo de punta (430) con su zona de unión (432). Las secciones de unión son las indicadas como (440) y (450) para este caso. Las zonas de no unión de los respectivos módulos serían las indicadas como (415), (425), y (435).

Esta figura sirve además para dar una idea de cómo serían el resto de casos en los que la pala se divida en más de dos módulos. Las longitudes de cada módulo y de cada zona de

unión serán definidas de acuerdo a los requerimientos de transporte, con el objetivo de minimizar costes, y de acuerdo a asegurar la integridad estructural de la pala.

Las FIG.5A y 5B muestran la geometría típica de estas secciones de unión. La FIG.5A muestra una unión con sección elíptica (501), debería entenderse que una sección circular también está contenida dentro de esta definición. La FIG.5B muestra una unión con una sección típica similar al perfil aerodinámico de la pala (502) pudiendo ser variada ligeramente para adaptarse a la unión entre ambos módulos a unir y responder a requisitos estructurales. Las formas adyacentes a estas uniones serán transiciones entre el perfil aerodinámico de la sección adyacente correspondiente y la geometría elegida para la sección de unión.

La transmisión de carga en las zonas de unión se hará solapando el material compuesto con el material metálico mediante transiciones geométricas suaves (302), lo que hará que las transiciones de cargas también sean suaves.

Se tendrá en cuenta además que la eficiencia aerodinámica de la pala eólica en estas zonas de unión será igual o inferior a la comparada con las zonas adyacentes a la unión. De forma que el coeficiente de sustentación en estas zonas podría verse reducido. Para que esto no ocurra es posible añadir algún tipo de carenado aerodinámico no estructural, fuera del alcance de la invención, a esta zona, para minimizar una posible pérdida de rendimiento local, y conseguir así también suavizar la superficie exterior de la pala, minimizando además el efecto estético de la zona de unión.

La FIG.6 muestra la estructura típica (600) de una solución de este tipo. Cada módulo se compone de una concha de succión (610) y una concha de presión (620) como elementos exteriores, conectadas por una o más vigas (630) y (640) como elementos interiores.

La parte metálica estaría embebida o adhesivada a las conchas (610) y (620) del módulo en cuestión, de forma que las vigas (630) y (640) o cualquier elemento de unión entre las conchas no formarían parte de la unión. Podría ser que para una correcta transmisión de las cargas las vigas se adentren y solapen con la zona de unión, pero no formarían parte de ésta.

Debido a la transición entre las zonas de unión (650) y (670), y la zona de no unión (660), en la que intervienen materiales con distintos factores de rigidez, podría ser que los espesores

del material compuesto en esa zona, tanto de conchas (610) y (620) como de vigas (630) y (640), puedan ser variados para un correcto dimensionamiento y fiabilidad de la unión.

La FIG.7 muestra que la dimensión de la cuerda (730) del perfil en la sección de unión no aumenta respecto a las cuerdas adyacentes de las zonas de unión. Las zonas de unión necesarias (710) pueden ser de distinta longitud para cada módulo. La longitud de estas zonas de unión (710) dependerá del proceso de fabricación y del valor de las cargas a transmitir, pudiendo necesitar de zonas de transición de hasta 5 metros o incluso mayores. Las zonas de no unión se indican como (720).

La FIG.8 muestra la forma aproximada de la evolución del espesor (830) del perfil en la zona de unión. Las zonas de unión (810) no tienen por qué tener las mismas dimensiones. Dependerá de los factores de fabricación citados anteriormente. Las zonas de no unión se indican como (820).

La longitud del espesor (830) podría llegar a aumentar hasta un 100% respecto a los espesores adyacentes a la zona de unión.

Las FIG.9A y FIG.9B muestran secciones transversales típicas de una sección de la unión entre módulos que pueden ser continuas (901), es decir, puede ser una parte metálica continua en cada módulo, o bien discontinua (902), formada por una parte que se corresponda con la concha de succión de la pala (910), y otra que se corresponda con la concha de presión de la pala (920), componiendo las formas geométricas definidas anteriormente (501) y (502).

La FIG.10A y FIG.10B muestran secciones de pala que pueden estar formadas por elementos metálicos discretos que pueden no estar conectados entre sí mediante elementos metálicos, formando estos elementos metálicos discretos alguna de las formas geométricas definidas anteriormente (501) y (502).

Los elementos metálicos discretos podrán tener a su vez formas geométricas tanto elípticas (1001) como rectangulares (1002).

En la FIG.11 se describe un método (1100) para ensamblar una pala eólica modular. De acuerdo a la primera etapa del método (1110), se suministra una pala eólica modular, por

ejemplo, se transportan hasta el lugar de construcción del aerogenerador los módulos compatibles de una pala eólica modular.

En una segunda etapa (1120), los módulos (310) y (320), en el caso de que se componga de dos módulos, son posicionados y alineados entre sí. Típicamente estos módulos (310) y (320) suelen tener elementos adicionales complementarios, como por ejemplo pines de ajuste o pasadores, que ayuden a minimizar las tolerancias de ajuste, y que ayuden también al correcto alineamiento de los módulos (310) y (320), para lo cual también se utilizan utillajes de posición. Estos elementos adicionales y utillajes utilizados quedan fuera del ámbito de la presente invención.

En la siguiente etapa (1130) la sección de unión (330) es soldada. El proceso de soldadura empleado dependerá de la naturaleza de los materiales metálicos empleados en las zonas de unión y de las condiciones del lugar de ensamblaje. Para grandes palas eólicas, se podría dar el caso de que esta soldadura sea realizada desde el interior de la pala. Por ejemplo, un trabajador podría acceder por el interior de la pala si las dimensiones de la sección de unión (330) lo permitiesen y las condiciones de trabajo y de operación fuesen las adecuadas. La zona de unión puede ser posteriormente sometida a un proceso de lijado para conseguir un acabado final óptimo.

En la última etapa (1140) la sección de unión (330) soldada es sometida a una inspección final para verificar que cumple su misión durante la vida útil de la pala. Estos métodos de inspección son bien conocidos y definidos mediante estándares internacionales en función del proceso y materiales de soldadura aplicados. Una vez la unión soldada es inspeccionada, se consigue como resultado una unión permanente entre los módulos (310) y (320). La sección de unión (330) soldada cumple con los requerimientos especificados para conseguir una unión mecánica y estructural fiable, sin necesitar de ningún elemento de fijación adicional. Por lo tanto, se consigue una conexión mecánica fiable, que asegura el comportamiento estructural de la pala eólica a fatiga, entre los módulos de la pala eólica mediante un proceso de soldadura conocido como es la soldadura y que puede ser fácilmente aplicada en el lugar de construcción del aerogenerador.

La zona de unión entre los módulos quedará finalmente aerodinámicamente sellada bien por la misma soldadura o bien por un carenado exterior (no mostrado, y fuera del alcance de la invención).

Otros ejemplos similares que no se hayan descrito aquí y que entren dentro de la definición de la invención también entran dentro del objeto del reivindicante, al igual que otros conceptos estructurales equivalentes con diferencias irrelevantes con la invención aquí descrita.

REIVINDICACIONES

1. Una pala eólica modular compuesta por dos o más módulos y caracterizada porque:
 - Cada módulo contiene una zona de no unión y otra zona de unión. La zona de unión estaría formada por material compuesto y por material metálico.
 - Dichas zonas de unión son modificadas geométrica y estructuralmente, respecto a las secciones adyacentes de las zonas de no unión, para contener una estructura metálica que permita la unión entre los módulos.
 - Las zonas de unión se conectan entre sí para formar la pala eólica.
 - Las zonas de no unión no son objeto de la invención.
2. La pala de acuerdo a la reivindicación 1, en donde la unión queda definida por la geometría de las conchas comprendidas en las zonas de unión de cada módulo.
3. La pala de acuerdo a la reivindicación 1, donde la dimensión máxima del espesor del perfil de la sección de unión puede ser un valor de hasta el 100% de la dimensión del espesor relativo a cualquiera de las secciones adyacentes contenidas en las zonas de no unión.
4. La pala de acuerdo a la reivindicación 1, donde la dimensión máxima de la cuerda del perfil de la sección de unión no supera la dimensión de la cuerda relativa a cualquiera de las secciones adyacentes contenidas en las zonas de no unión.
5. La pala de acuerdo a la reivindicación 1, donde cada sección de unión tendrá una forma geométrica elíptica o una forma sustancialmente similar a la de perfil de sus secciones adyacentes pertenecientes a las zonas de no unión. Las zonas metálicas a unir tendrán la misma forma geométrica o similar.
6. Un proceso de unión entre los módulos de una pala de la reivindicación 1 que comprenda,
 - el suministro de los módulos que componen la pala hasta el lugar de instalación del aerogenerador.
 - el posicionamiento y alineamiento de los módulos que forman la pala.
 - la unión entre dichos módulos mediante un proceso de soldadura que garantiza una unión fija y permanente, de forma que se obtenga una unión uniforme para la transmisión de cargas a través de las partes metálicas

contenidas en las zonas de unión de los módulos, y que es fiable para el comportamiento estructural de la pala a fatiga.

- la inspección de la unión realizada para asegurar la fiabilidad de la misma durante el ciclo de vida de la pala.

5

7. Un aerogenerador que contiene un rotor formado por al menos una pala eólica modular de acuerdo a la reivindicación 1.

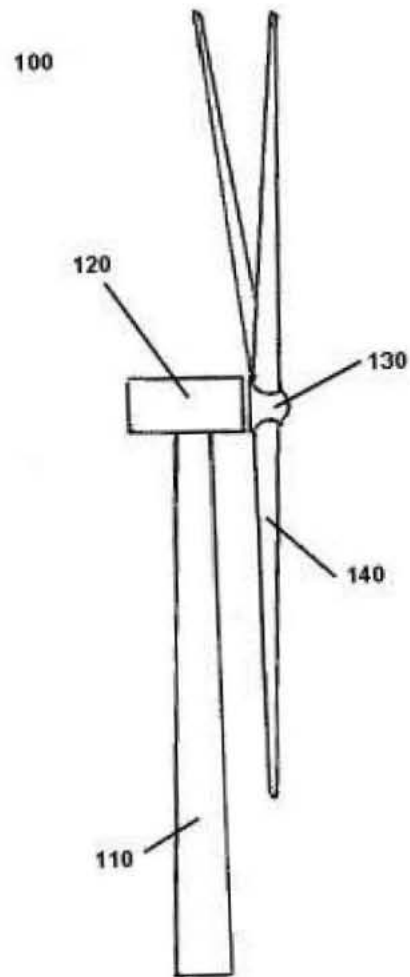


Fig. 1

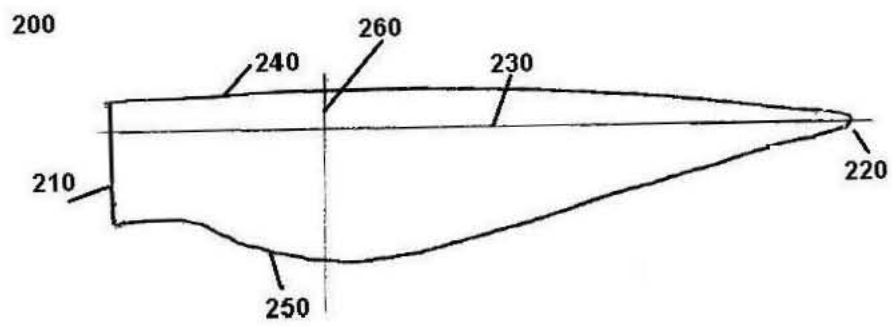


Fig. 2

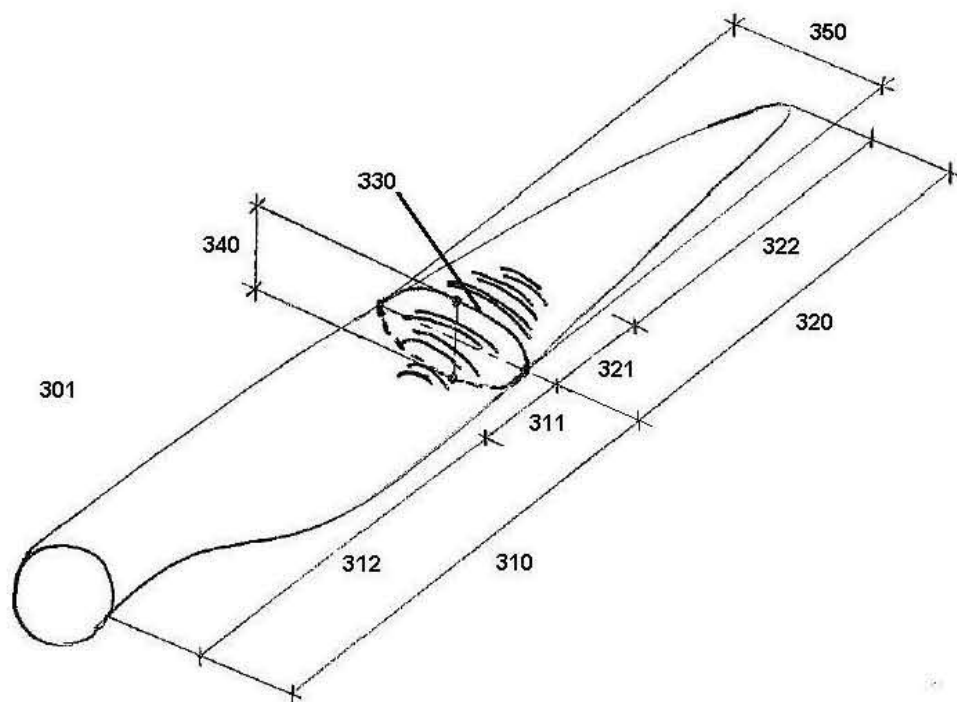


Fig. 3A

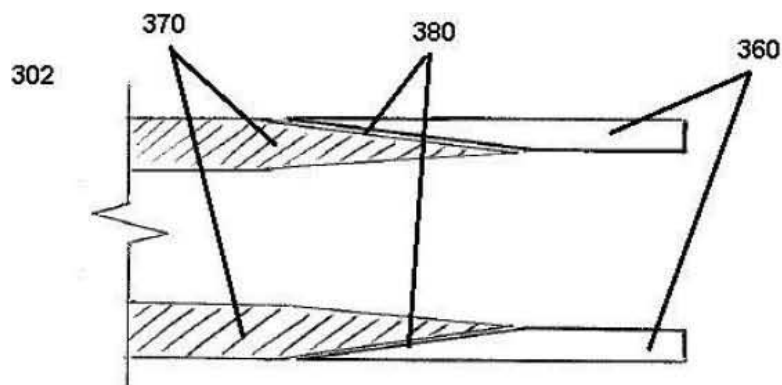


Fig. 3B

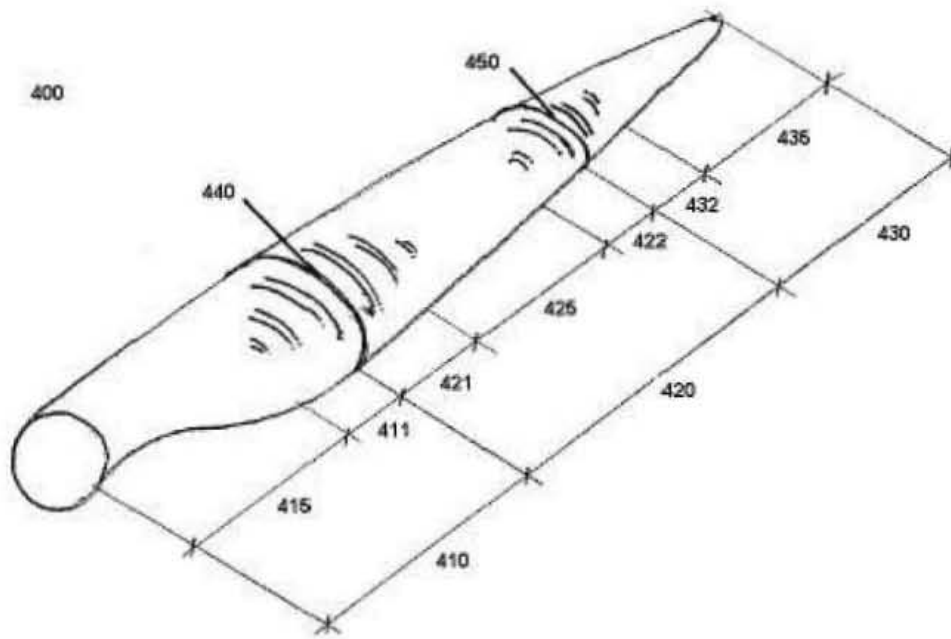


Fig. 4

501

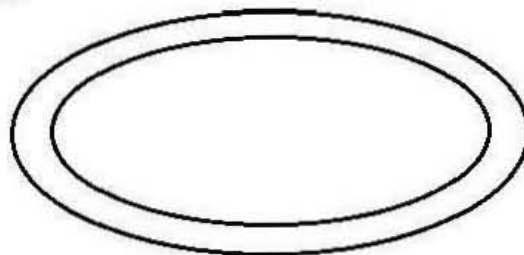


Fig. 5A

502

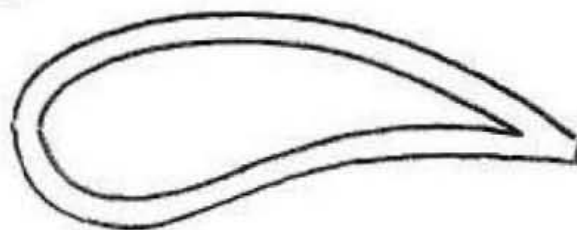


Fig. 5B

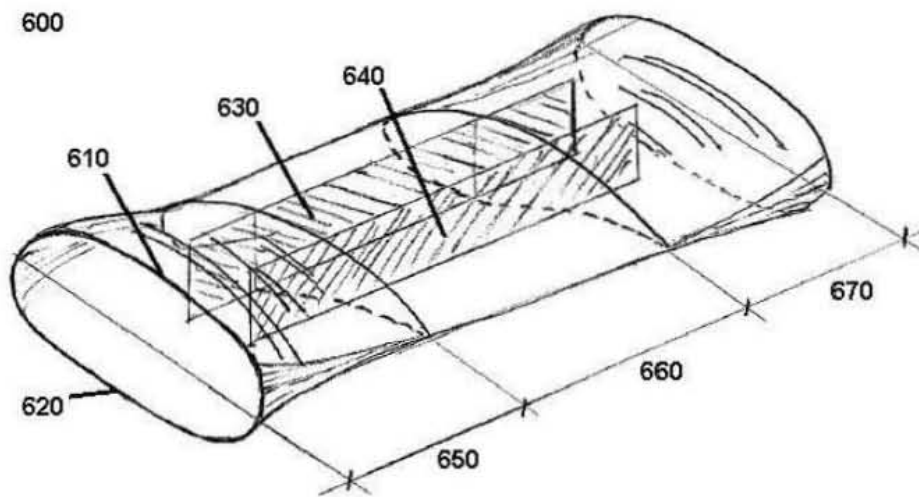


Fig. 6

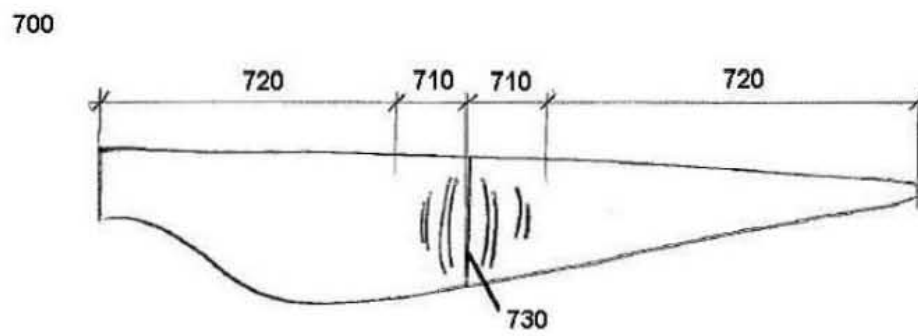


Fig. 7

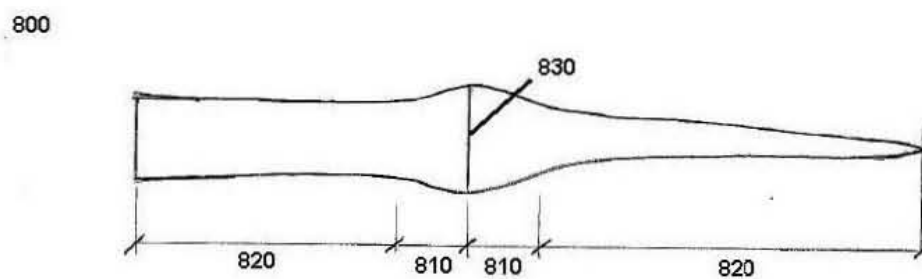


Fig. 8

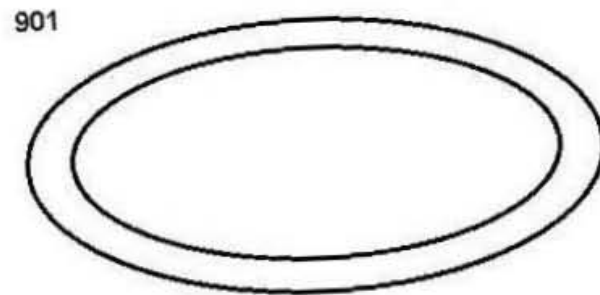


Fig. 9A

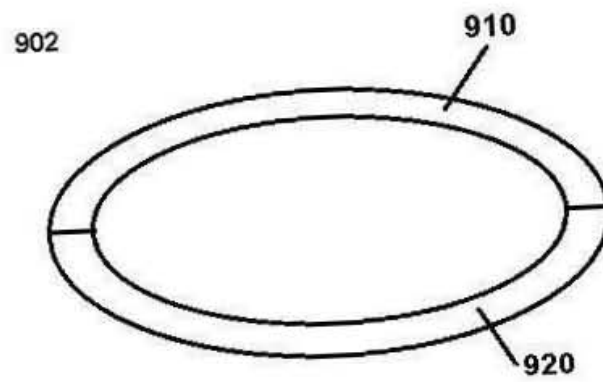


Fig. 9B

1001



Fig. 10A

1002

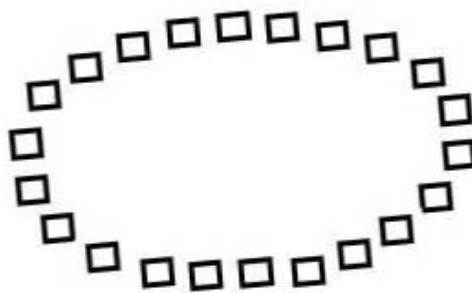


Fig. 10B

1100

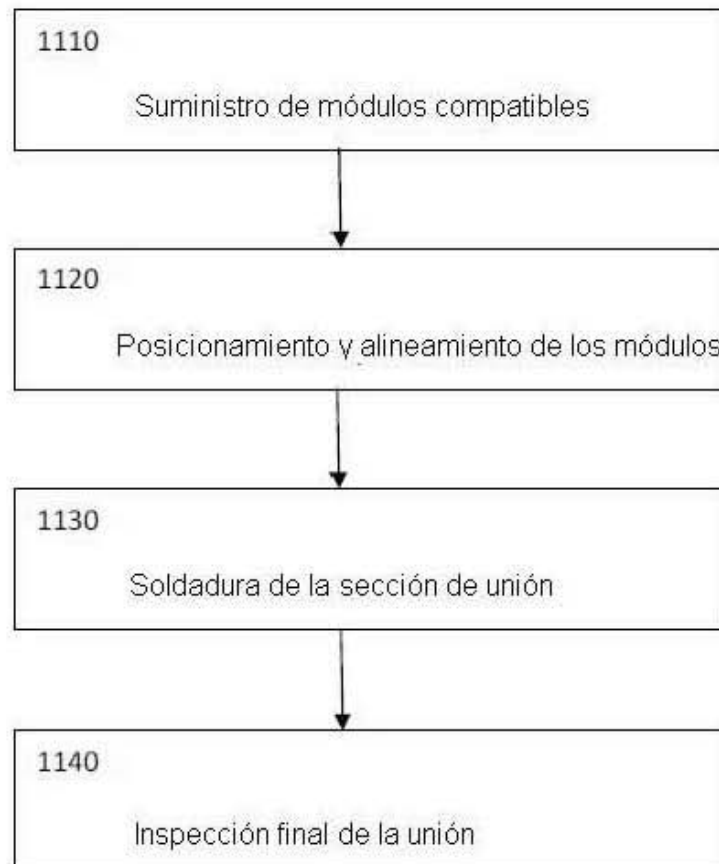


Fig. 11



- ②① N.º solicitud: 201330571
②② Fecha de presentación de la solicitud: 19.04.2013
③② Fecha de prioridad: **19-04-2013**

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **F03D1/06** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	US 2011293432 A1 (HIBBARD PAUL ET AL.) 01/12/2011, párrafos [10 - 69]; Figuras.	1,2,3,5,7
A	GB 2463250 A (VESTAS WIND SYS AS) 10/03/2010, Pag. 10, línea 18 - Pag.11, línea 16. Figuras 2,3.	1-7

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
13.06.2014

Examinador
M. A. López Carretero

Página
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

F03D

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 13.06.2014

Declaración**Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)**

Reivindicaciones 1-7
Reivindicaciones

SI
NO

Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)

Reivindicaciones 6
Reivindicaciones 1-5,7

SI
NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	US 2011293432 A1 (HIBBARD PAUL et al.)	01.12.2011
D02	GB 2463250 A (VESTAS WIND SYS AS)	10.03.2010

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

El documento D01 se considera uno de los más próximos del estado de la técnica al objeto de la reivindicación independiente 1.

Describe una pala eólica modular compuesta por dos o más módulos (Ver párrafo [0046] y referencias 102, 104, 106 en Fig. 2 de D01) y caracterizada porque:

- Cada módulo contiene una zona de no unión y otra zona de unión (Ver párrafo [0049] y referencias 126 y 128 en Fig. 2 de D01). La zona de unión estaría formada por material compuesto y por material metálico (Ver párrafos [0028]-[0031], [0054] y referencia 140 en Fig. 4 de D01).

- Dichas zonas de unión son modificadas geométrica y estructuralmente, respecto a las secciones adyacentes de las zonas de no unión, para contener una estructura metálica que permita la unión entre los módulos (Ver párrafos [0052]-[0053] y Figs. 1-4 de D01).

- Las zonas de unión se conectan entre sí para formar la pala eólica (Ver párrafo [0050] de D01).

Por lo tanto el objeto de la invención recogido en la reivindicación 1 deriva directamente y sin ningún equívoco del documento D01 careciendo por tanto de actividad inventiva según el Art. 8.1 de la Ley de Patentes 11/86.

El resto de las reivindicaciones dependientes 2-5, y 7 no contienen ninguna característica que, en combinación con las características de la reivindicación de la que dependen cumplan con las exigencias de la Ley de Patentes 11/86 (Art. 8.1) con respecto a la actividad inventiva.

Existe una reivindicación independiente 6 para el proceso de unión entre los módulos de la pala de la reivindicación 1 que comprende,

- el suministro de los módulos que componen la pala hasta el lugar de instalación del aerogenerador.

- el posicionamiento y alineamiento de los módulos que forman la pala.

- la unión entre dichos módulos mediante un proceso de soldadura que garantiza una unión fija y permanente, de forma que se obtenga una unión uniforme para la transmisión de cargas a través de las partes metálicas contenidas en las zonas de unión de los módulos, y que es fiable para el comportamiento estructural de la pala a fatiga.

- la inspección de la unión realizada para asegurar la fiabilidad de la misma durante el ciclo de vida de la pala.

y que en vista de los documentos citados D1-D2, es nueva y presenta actividad inventiva tal y como requieren los Arts. 6.1 y 8.1 de la Ley de Patentes 11/86.