



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ Número de publicación: **2 338 963**

⑫ Número de solicitud: 200800346

⑬ Int. Cl.:
F03D 1/06 (2006.01)
B64C 23/06 (2006.01)

⑭

PATENTE DE INVENCION

B1

⑮ Fecha de presentación: **08.02.2008**

⑯ Fecha de publicación de la solicitud: **13.05.2010**

Fecha de la concesión: **10.05.2011**

⑰ Fecha de anuncio de la concesión: **20.05.2011**

⑱ Fecha de publicación del folleto de la patente:
20.05.2011

⑲ Titular/es:
GAMESA INNOVATION & TECHNOLOGY, S.L.
Polígono Industrial Los Agustinos - c/ A, s/n
31013 Pamplona, Navarra, ES

⑳ Inventor/es: **Romero Sanz, Ignacio y**
Jiménez de Lago, Mario

㉑ Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

㉒ Título: **Pala multi-punta de aerogenerador.**

㉓ Resumen:

Pala multi-punta de aerogenerador que comprende una región principal (7) de perfil aerodinámico con un borde de ataque (13), un borde de salida (15) y lados de succión y presión (17, 19) entre el borde de ataque (15) y el borde de salida (15) y una región de punta (9) que comprenden varias puntas (11, 11', 11'') dispuestas como extensiones longitudinales de la región principal (7) formando cada una de ellas un ángulo diédrico (A, A', A'') diferente con la región principal (7).

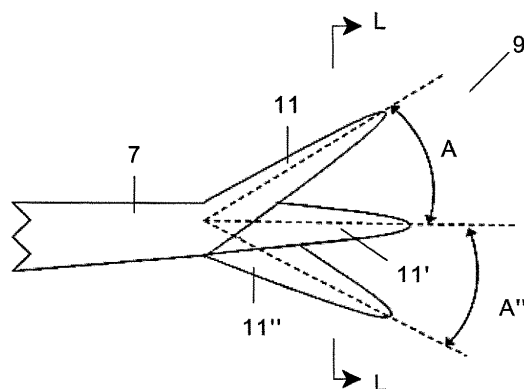


FIG. 4

ES 2 338 963 B1

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

DESCRIPCIÓN

Pala multi-punta de aerogenerador.

5 Campo de la invención

La invención se refiere a una pala de aerogenerador optimizada aerodinámicamente y en particular a una pala de aerogenerador optimizada en la región de punta.

10 Antecedentes

Hay varios problemas asociados a la región de punta de las palas de aerogeneradores utilizados actualmente en la industria eólica.

15 Un problema se refiere a la contribución de la región de punta al comportamiento aerodinámico de las palas de aerogenerador. Hay muchas propuestas conocidas en este campo como la configuración de la punta de la pala en forma de alerón para mejorar el rendimiento de la pala.

20 Otro problema se refiere al hecho de que la punta de la pala es una importante fuente de ruido. Se conocen al respecto muchas propuestas proporcionando formas de puntas de pala para minimizar el ruido: puntas elípticas, puntas con forma ojival o puntas con forma de ala de tiburón.

Ninguna de las propuestas conocidas produce resultados completamente satisfactorios, por lo que existe una continua necesidad de proporcionar palas de aerogenerador con un perfil aerodinámico optimizado en la región de punta.

25 Sumario de la invención

Un objeto de la presente invención es proporcionar una pala de aerogenerador con una configuración de la región de punta que mejora el rendimiento de la pala de aerogenerador.

30 Otro objeto de la presente invención es proporcionar una pala de aerogenerador con una configuración de la región de punta que permite recuperar parte de las pérdidas de energía asociadas a la vorticidad de la región de punta.

35 Otro objeto de la presente invención es proporcionar una pala de aerogenerador con una configuración de la región de punta que permite la reducción del ruido de la punta.

40 Estos y otros objetos de la presente invención se consiguen proporcionando una pala de aerogenerador comprendiendo una región principal de perfil aerodinámico con un borde de ataque, un borde de salida y lados de presión y de succión entre el borde de ataque y el borde de salida y una región de punta comprendiendo varias puntas dispuestas como extensiones longitudinales de la región principal formando cada una de ellas un ángulo diédrico diferente con la región principal.

45 En una realización de la invención dichas puntas también están dispuestas a diferentes ángulos de paso. Se consigue con ello una pala multi-punta teniendo cada una de sus puntas colocada en una posición optimizada para mejorar el rendimiento aerodinámico de la pala y para reducir el ruido de la punta.

50 En otra realización, la longitud de cada punta es menor o igual que la longitud de la punta contigua más próxima al borde de ataque. Se consigue con ello una pala multi-punta teniendo una longitud optimizada en cada punta para mejorar el rendimiento aerodinámico de la pala y para reducir el ruido de la punta.

En otra realización, la pala tiene medios para cambiar el ángulo diédrico y/o el ángulo de paso de dichas puntas. Se consigue con ello una pala multi-punta con medios para mejorar el rendimiento aerodinámico de la pala y para reducir el ruido de la punta teniendo en cuenta las condiciones operativas de la pala.

55 En otra realización, la región de punta está fabricada como una parte separada y se une, a modo de dispositivo de punta, a la región principal. Se consigue con ello facilitar la fabricación de una pala multi-punta que mejora el rendimiento aerodinámico de la pala y reduce el ruido de la punta.

60 Otras características y ventajas de la presente invención se desprenderán de la descripción detallada que sigue en relación con las figuras que se acompañan.

Breve descripción de las figuras

65 La Figura 1 es una vista esquemática en planta de una pala de aerogenerador conocida.

La Figura 2 es una vista esquemática en planta de una pala de aerogenerador según la presente invención.

La Figura 3 es una vista ampliada de la región de punta de la pala de aerogenerador ilustrada en la Figura 2.

La Figura 4 es una vista frontal ampliada de la región de punta de una pala de aerogenerador según una realización de la presente invención.

La Figura 5 es una vista en sección transversal por la línea L-L de la región de punta de la pala de aerogenerador ilustrada en la Figura 4.

La Figura 6 muestra la distribución de la circulación envolvente a lo largo del radio de la pala en una pala estándar, en una pala con un alerón y en una pala según la presente invención.

La Figura 7 muestra una realización de una pala de aerogenerador según la presente invención en la que la región de punta está configurada como un dispositivo de punta unido a la pala.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

Como se muestra en la Figura 1 una típica pala de aerogenerador de perfil aerodinámico con un borde de ataque 13 y un borde de salida 15 puede considerarse dividida en tres regiones: la región de raíz 31 que incluye la porción de la pala que está próxima al buje del rotor, la región de punta 35 que incluye la porción de la pala más distante del buje del rotor y la región intermedia 33 entre la región de raíz 31 y la región de punta 35.

La longitud de la región de raíz 31 es de aproximadamente el 30%-50% de la longitud de la pala. La longitud de la región intermedia 33 es de aproximadamente el 60%-40% de la longitud de la pala. La longitud de la región de la punta 35 es de aproximadamente el 10% de la longitud de la pala.

A los efectos de la presente invención, el principal problema de la pala de aerogenerador mostrada en la Figura 1 es que el vórtice producido en la región de punta 35 por el flujo incidente F causa un decrecimiento del rendimiento y una alta contribución al ruido aerodinámico.

El comportamiento del flujo en las palas de aerogeneradores puede ser analizado asumiendo una razonable pauta estacionaria-2D para la mayor parte del área de la pala. La Teoría del Momento del Elemento de Pala (BEM) produce buenos resultados en este contexto para finalidades de diseño. Sin embargo hay otros fenómenos importantes (típicamente efectos rotacionales 3D y pérdidas por vorticidad) que impiden que la región de raíz y la región de punta tengan dicho flujo estacionario-2D. Es necesario por ello tenerlos en cuenta para diseñar una pala completamente optimizada que maximice la Producción Anual de Energía (AEP) minimizando los esfuerzos de las sollicitaciones de las cargas.

Las pérdidas por vorticidad en la región de punta pueden ser estudiadas por medio de la circulación envolvente. La circulación envolvente de la pala debe caer a cero en la punta (como ocurre en la raíz). La variación de la circulación hacia la punta (o hacia la raíz) induce una vorticidad dispersada en la estela desde el borde de salida. La cantidad de vorticidad dispersada es igual a la tasa de cambio de la circulación envolvente a lo largo del radio. Esta lámina de vorticidad de la estela (mayor al final de la pala) contribuye, junto con la circulación envolvente conducida a través del disco del rotor (promediada azimutalmente), a las velocidades inducidas axiales y tangenciales aguas arriba del rotor. Sin la lámina de vorticidad helicoidal, el factor del flujo axial incidente, promediado azimutalmente, podría establecerse en su valor óptimo ($\sim 1/3$) a lo largo del disco por la constante apropiada de la circulación envolvente a lo largo de la pala de cara a extraer la máxima energía alcanzable del viento. Sin embargo la necesaria presencia de la lámina de vorticidad (teorema de la circulación de Kelvin) causa que el factor axial del flujo incidente, promediado azimutalmente, caiga a cero cuando se acerca a la raíz o a la punta. La cantidad de energía no transmitida al rotor se desperdicia en la energía cinética de la lámina de vorticidad.

De cara a optimizar el rendimiento de la pala, esta invención proporciona una configuración de la punta dirigida a alterar el comportamiento del flujo con el objetivo de disminuir las pérdidas de la punta reduciendo la vorticidad dispersada en la estela y cambiando la manera en la que se dispersa la vorticidad.

Una pala de aerogenerador según la presente invención tiene una región principal 7 de longitud s_1 , de un perfil aerodinámico típico con un borde de ataque 13, un borde de salida 15 y una superficie sustentadora con un lado de succión 17 y un lado de presión 19, y una región de punta 9 de longitud s_2 que comprende varias puntas 11, 11', 11''.

Al dividir la tradicional región de punta única 35 en varias puntas 11, 11', 11'' el tradicional vórtice de punta se divide en vórtices más pequeños (uno para cada punta 11, 11', 11'') de manera tal que la contribución total a las velocidades inducidas axiales y tangenciales aguas arriba del rotor sean menores que en el caso de una única punta. Consecuentemente la contribución total a la pérdida de rendimiento y al ruido aerodinámico es menor que la original (esto es particularmente importante para las palas de aerogenerador ya que el ruido de la punta es un factor importante del diseño).

Como puede verse en las Figuras 3 y 4, estas puntas 11, 11', 11'' están configuradas como extensiones longitudinales de la región principal 7 empezando desde su terminación, de cuerda C1, a diferentes ángulos diédricos A, A', A'' respecto a la región principal 7.

En una realización preferente, las puntas 11, 11', 11'' también pueden estar posicionadas a diferentes ángulos de paso B, B', B'' como se muestra en la Figura 5, siendo dichos ángulos de paso los ángulos entre la imaginaria línea

ES 2 338 963 B1

recta, ó línea de cuerda, que se extiende desde el borde de ataque hasta el borde de salida y la línea de cuerda de la última sección de la región principal 7.

Preferiblemente cada punta 11, 11', 11'' tiene una forma aerodinámica con cuerdas decrecientes hacia su terminación.

El hecho de que las puntas 11, 11', 11'' operen a diferentes ángulos diédricos y de que también puedan operar a diferentes ángulos de paso B, B', B'' es importante para evitar que el vórtice de una punta se pueda fusionar con el generado por cualquier otra. Como afirma el teorema del desplazamiento de Munk, la contribución total de las láminas de vorticidad de una superficie sustentadora no coplanaria a la velocidad inducida total aguas arriba no es la suma algebraica de la contribución de cada una de ellas, depende de cómo están geoméricamente configuradas relativamente.

La Figura 6 muestra a efectos comparativos la distribución de la circulación envolvente en una pala estándar 41, en una pala con un alerón que aumenta la longitud de la pala 43 (la técnica conocida para mejorar el comportamiento aerodinámico de la región de punta demorando el descenso de la circulación envolvente hasta la nueva terminación de la punta) y en la pala según esta presente invención 45. Como se muestra en esta Figura la configuración multipunta de una pala según la presente invención permite diferir el descenso de la circulación envolvente total en la punta mejorando consecuentemente el comportamiento aerodinámico de la pala.

En una realización preferente, la pala de aerogenerador según esta invención está provista con medios para regular individualmente los ángulos diédricos A, A', A'' y/o los ángulos de paso B, B', B'' de las puntas 11, 11', 11'' de acuerdo con las condiciones operacionales de cara a obtener el máximo aprovechamiento del concepto para cualquier velocidad particular del viento. Dichos medios pueden ser actuadores controlables dispuestos interiormente en la pala, incluyendo por ejemplo un pistón eléctrico, hidráulico o neumático, conectado a las puntas 11, 11', 11'' a través de una junta que permite su rotación.

En una realización preferente, la longitud s2 de la región de punta 9 se extiende entre el 1%-10% de la longitud de la pala.

En otra realización preferente, la longitud de cada punta 11, 11', 11'' es menor o igual que la longitud de la punta contigua más cercana al borde de ataque 13 de la pala. Preferiblemente el número de puntas es de dos o tres.

En otra realización preferente, la región de punta 9 con puntas 11, 11', 11'' esta hecha como una parte separada y se une, a modo de un dispositivo de punta, a la región principal 7 de la pala de aerogenerador mediante cualquier medio apropiado 25 (Ver Figura 7).

Aunque la presente invención se ha descrito enteramente en conexión con realizaciones preferidas, es evidente que se pueden introducir aquellas modificaciones dentro del alcance de, no considerando éste como limitado por las anteriores realizaciones, las reivindicaciones siguientes.

REIVINDICACIONES

1. Una pala de aerogenerador comprendiendo una región principal (7) de perfil aerodinámico con un borde de ataque (13), un borde de salida (15) y lados de succión y presión (17, 19) entre el borde de ataque (15) y el borde de salida (15) y una región de punta (9), **caracterizada** porque la región de punta (9) comprende varias puntas (11, 11', 11'') dispuestas como extensiones longitudinales de la región principal (7) formando cada una de ellas un ángulo diédrico (A, A', A'') diferente con la región principal (7).

2. Una pala de aerogenerador según la reivindicación 1, **caracterizada** porque dichas puntas (11, 11', 11'') están posicionadas a diferentes ángulos de paso (B, B', B'').

3. Una pala de aerogenerador según cualquiera de las reivindicaciones 1-2, **caracterizada** porque cada punta (11, 11', 11'') tiene una forma aerodinámica con cuerdas decrecientes hacia su terminación.

4. Una pala de aerogenerador según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, **caracterizada** porque la longitud de cada punta (11, 11', 11'') es menor o igual que la longitud de la punta contigua más próxima al borde de ataque (13).

5. Una pala de aerogenerador según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, **caracterizada** porque dichas puntas (11, 11', 11'') tienen medios para cambiar individualmente su ángulo diédrico (A, A', A'') y/o su ángulo de paso (B, B', B'').

6. Una pala de aerogenerador según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, **caracterizada** porque la región de punta (9) está fabricada como una parte separada y se une, a modo de dispositivo de punta, a la región principal (7).

7. Una pala de aerogenerador según cualquiera de las reivindicaciones 1-6, **caracterizada** porque la longitud s2 la región de punta (9) esta comprendida entre el 1% y el 10% de la longitud total de la pala.

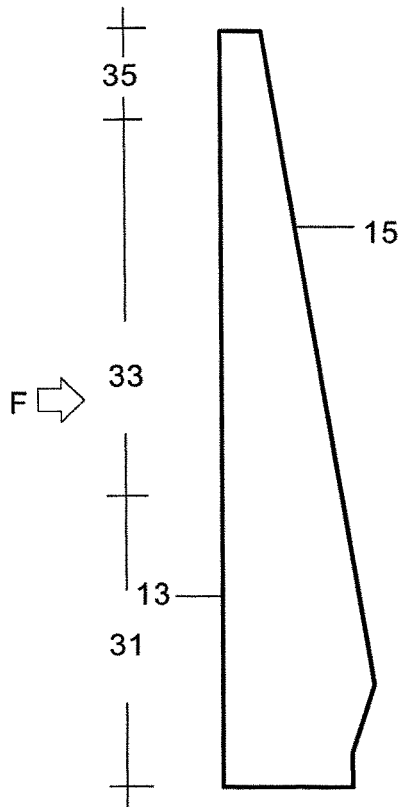


FIG. 1

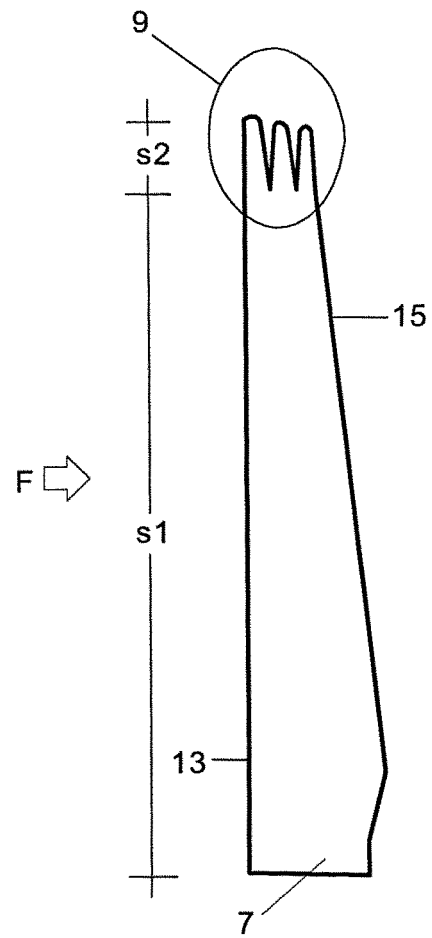


FIG. 2

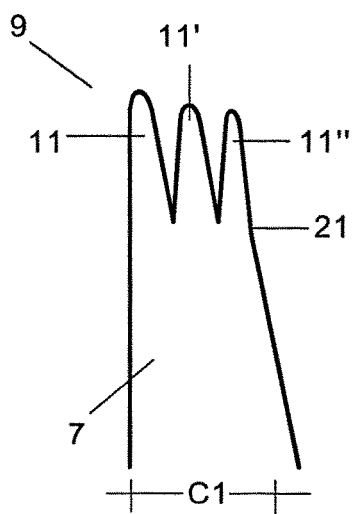


FIG. 3

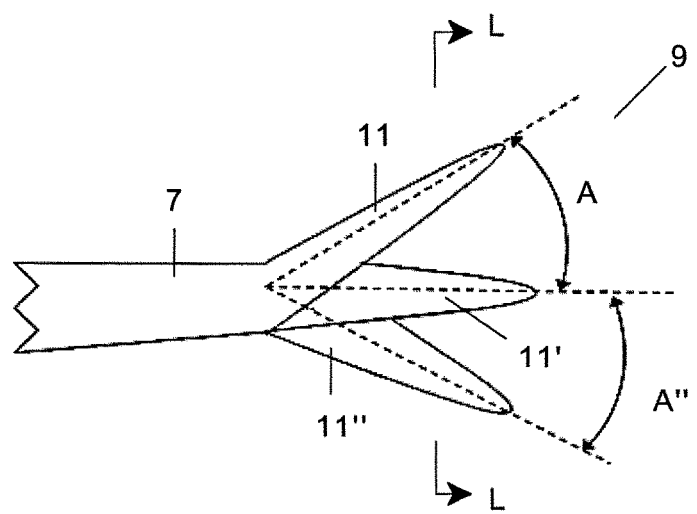
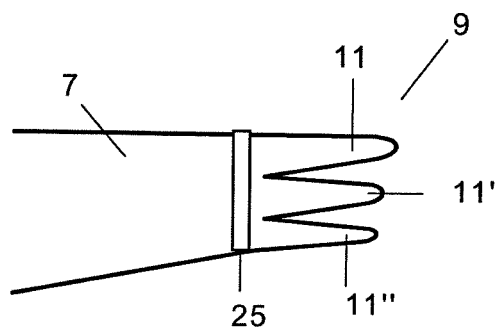
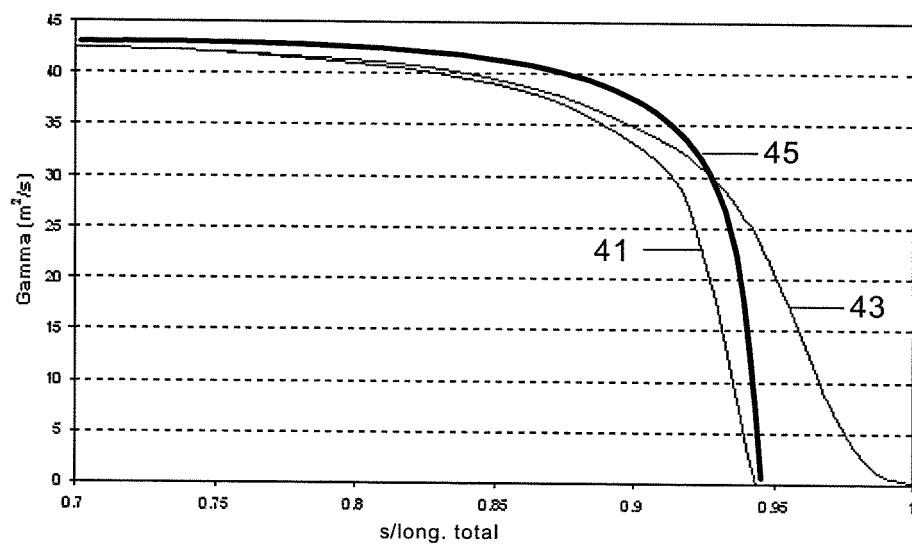
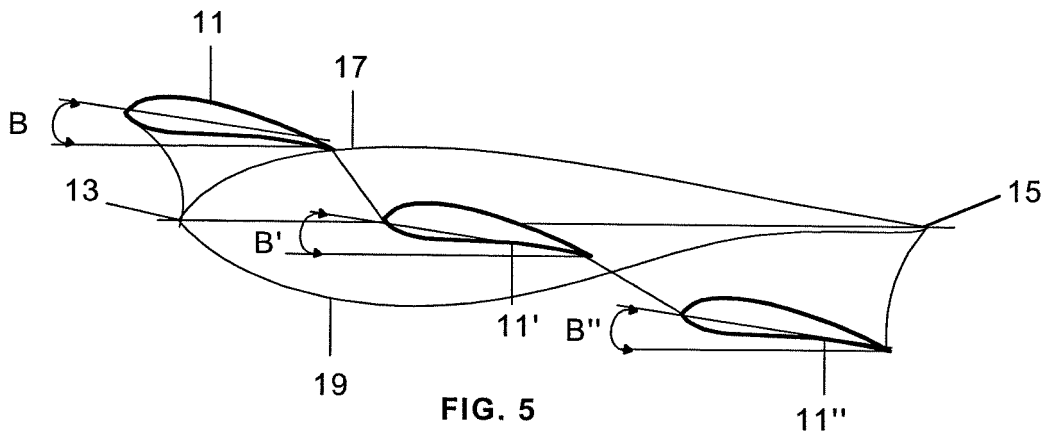


FIG. 4





OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ ES 2 338 963

⑫ Nº de solicitud: 200800346

⑬ Fecha de presentación de la solicitud: 08.02.2008

⑭ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑮ Int. Cl.: **F03D 1/06** (2006.01)
B64C 23/06 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑯ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	US 6345790 B1 (BRIX et al.) 12.02.2002, columna 4, línea 26 - columna 7, línea 20; figuras.	1,5,6
X	US 2002060272 A1 (LA et al.) 23.05.2002, párrafos [32-53]; figuras.	1,2,6
A	US 5823480 A (LA et al.) 20.10.1998, todo el documento.	1-7
A	WO 2006133715 A1 (LM GLASFIBER AS; SOERENSEN TOMMY) 21.12.2006, todo el documento.	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

19.04.2010

Examinador

M^a A. López Carretero

Página

1/4

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

F03D, B64C

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: 19.04.2010

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones	1-7	SÍ
	Reivindicaciones		NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones		SÍ
	Reivindicaciones	1-7	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 ha sido publicada.

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 6345790 B1	12-02-2002
D02	US 2002060272 A1	23-05-2002
D03	US 5823480 A	20-10-1998
D04	WO 2006133715 A1	21-12-2006

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 1.

Describe un ala de un avión subsónico comprendiendo una región principal con perfil aerodinámico con borde de ataque, borde de salida, lados de presión y succión y una región de punta, con varias puntas dispuestas como extensiones longitudinales de la región principal, formando cada una de ellas, distintos ángulos con el eje de la región principal (Ver Col. 4 línea 26- Col. 5 línea 47 del documento D01).

El objeto de la reivindicación 1 difiere del documento D01 únicamente en el campo de aplicación, ya que la presente solicitud tiene como objeto la pala de un aerogenerador mientras que el documento D01 describe el perfil del ala de un avión. Dado que ambos campos no son ajenos, sino que comparten mucha tecnología y know-how, parece evidente que un experto en la materia podría considerar como opción normal de diseño incluir la característica descrita en el documento D01 para resolver el problema planteado, ya que ésta característica proporciona las mismas ventajas que se reivindican en la presente solicitud.

Por todo esto el objeto de la reivindicación 1 no implica actividad inventiva (Artículo 8.1 LP11/86).

Las características que se describen en la reivindicación dependiente 2, es decir, que las puntas estén posicionadas a diferentes ángulos de paso, son equivalentes a las características divulgadas en el documento D02 (ver párrafos [44-45]) con la única diferencia de los campos de aplicación, por lo tanto, tal y como se ha comentado para la reivindicación 1, resulta evidente para cualquier experto en la materia, trasladar los conocimientos divulgados de un campo, a otro muy similar, dando esto lugar a que la reivindicación 2 no tenga actividad inventiva (Artículo 8.1 LP11/86).

El objeto de las reivindicaciones dependientes 5 y 6 se encuentra descrito en los documentos D01(Ver Col. 3 líneas 32-38. y figuras) y D02 (Figuras), y por lo tanto carece de actividad inventiva (Artículo 8.1 LP11/86).

Las reivindicaciones dependientes 3, 4 y 7 no contienen ninguna característica que, en combinación con las características de la reivindicación de la que dependan, cumplan con las exigencias de la Ley de Patentes 11/86 con respecto a la actividad inventiva.