



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① Número de publicación: **2 320 962**

② Número de solicitud: 200703158

⑤ Int. Cl.:
F03D 1/06 (2006.01)

⑫

PATENTE DE INVENCION

B1

② Fecha de presentación: **28.11.2007**

④ Fecha de publicación de la solicitud: **05.06.2009**

Fecha de la concesión: **01.03.2010**

⑤ Fecha de anuncio de la concesión: **11.03.2010**

⑤ Fecha de publicación del folleto de la patente:
11.03.2010

⑦ Titular/es:
GAMESA INNOVATION & TECHNOLOGY, S.L.
Polígono Industrial Los Agustinos - c/ A, s/n
31013 Pamplona, Navarra, ES

⑧ Inventor/es: **Nagy, Gideon;**
Romero-Sanz, Ignacio y
Jiménez de Lago, Mario

⑨ Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

④ Título: **Perfil aerodinámico para la raíz de una pala de aerogenerador con doble borde de ataque.**

⑦ Resumen:

Perfil aerodinámico para la raíz de una pala de aerogenerador con doble borde de ataque, con un borde de ataque (13), un borde de salida (15) y lados de succión y presión (17, 19) entre el borde de ataque (13) y el borde de salida (15), teniendo el perfil (5, 5', 5'') en al menos una sección (37) de la región de raíz (31) un espesor relativo en el rango 30%-50% y estando configurada la parte convexa (21) del lado de presión (19) de manera que su curvatura decrece desde un valor C0 en el borde de ataque (13) hasta un valor C1 en un primer punto P1, luego se incrementa hasta un valor C2 en un segundo punto P2 y luego decrece hasta un valor 0 al final de la parte convexa (21).

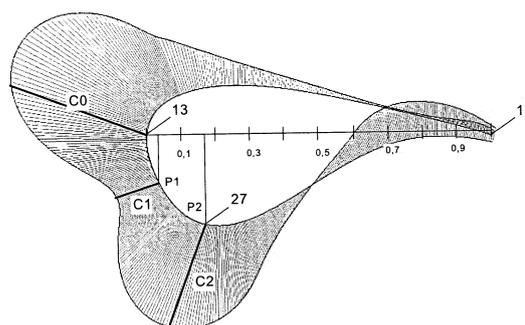


FIG. 7

ES 2 320 962 B1

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

ES 2 320 962 B1

DESCRIPCIÓN

Perfil aerodinámico para la raíz de una pala de aerogenerador con doble borde de ataque.

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 raíz.

10 **Antecedentes**

Los perfiles aerodinámicos usados en las palas de los aerogeneradores tienen distintas características funcionales en la región de raíz, en la región intermedia y en la región de punta.

15 En la región de raíz las palas de aerogeneradores tienen generalmente perfiles de un espesor relativo más alto que en el resto de la pala. Un ejemplo de un perfil de una región de raíz que tiene un espesor relativo en el rango 24%-26% se describe en EP 0 663 527 A1.

20 Es deseable que un perfil en la región de raíz de la pala tenga un máximo coeficiente de sustentación alto y una alta relación sustentación-resistencia cercana al máximo coeficiente de sustentación para ayudar al arranque del rotor y a la producción de energía a velocidades medias del viento. Sin embargo, el valor del coeficiente de sustentación es usualmente moderado en este tipo de perfiles y ocurre a ángulos de ataque moderadamente bajos. Esos efectos resultan de la necesidad de construir el área de la raíz con grandes cuerdas y altas torsiones (o giros) de cara a obtener la máxima energía. Ahora bien, el proceso de fabricación está limitado a ciertos valores de cuerdas y torsiones por lo
25 que los valores de estas variables quedan consecuentemente restringidos de cara a optimizar los costes generales.

También es deseable que estos perfiles sean menos sensibles a los efectos de suciedades o rugosidades, evitando tanto como sea posible las pérdidas de sustentación cuando se depositan partículas externas (debidas por ejemplo al hielo o a suciedades) en la superficie externa, por lo que deben estar idealmente diseñados para inducir una transición
30 del flujo laminar al turbulento cerca del borde de ataque.

En este sentido el documento AIAA-2003-0350, "Roughness Sensitivity considerations for tic root blade airfoils", sugiere la familia DU de perfiles aerodinámicos, que tienen un espesor relativo alto para afrontar los problemas de sensibilidad a las rugosidades.

35 Ninguno de los diseños conocidos 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 raíz.

Sumario de la invención

40 Un objeto de la presente invención es proporcionar una pala de aerogenerador con un perfil en la región de raíz que mejora el funcionamiento de la pala de aerogenerador.

45 Otro objeto de la presente invención es proporcionar una pala de aerogenerador con un perfil en la región de raíz con un coeficiente de sustentación más alto a ángulos de ataque significativamente más altos y menos sensible a las condiciones de suciedad que los perfiles tradicionales de espesor relativo alto.

Otro objeto de la presente invención es proporcionar una pala de aerogenerador con un perfil aerodinámicamente optimizado en la región de raíz que permite un proceso de fabricación eficiente en costes.

50 Estos y otros objetos de la presente invención se consiguen proporcionando una pala de aerogenerador 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, en el que el lado de presión tiene una primera parte convexa y una segunda parte cóncava, teniendo dicho perfil en al menos una sección de la región de raíz de la pala un espesor relativo en el rango 30%-50% y estando
55 configurada la parte convexa del lado de presión de manera que su curvatura decrece desde un valor C0 en el borde de ataque hasta un valor C1 en un primer punto P1, luego se incrementa hasta un valor C2 en un segundo punto P2 y luego decrece hasta un valor 0 al final de la parte convexa.

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.

La Figura 2 muestra un perfil conocido para la región de raíz de una pala de aerogenerador.

La Figura 3 muestra la distribución de curvatura para el perfil mostrado en la Figura 2.

ES 2 320 962 B1

Las Figuras 4, 5, 6 muestran perfiles según la presente invención para la región de raíz de una pala de aerogenerador.

La Figura 7 muestra la distribución de curvatura para un perfil similar a los mostrados en las Figuras 4, 5, 6.

5 Descripción detallada de las realizaciones preferidas

Como se muestra en la Figura 1 una típica pala 1 de aerogenerador tiene tres regiones: la región de raíz 31 que incluye la porción de la pala 1 que está próxima al buje del rotor, la región de punta 35 que incluye la porción de la pala 1 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 10%-50% de la longitud de la pala. La longitud de la región intermedia 33 es de aproximadamente el 80%-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.

La forma, contorno y longitud de las palas de un aerogenerador determina, en buena medida, la eficiencia y capacidad de producción eléctrica del aerogenerador. Como es bien conocido el buje del rotor está montado en un eje rotatorio conectado bien directamente o a través de una multiplicadora para accionar un generador eléctrico ubicado en una góndola y generar energía eléctrica que puede ser transmitida a una red eléctrica pública o a un dispositivo o instalación de almacenamiento de energía eléctrica.

Una sección transversal de una pala de aerogenerador tomada perpendicularmente a la imaginaria línea que conecta al raíz de la pala con la punta de la pala recibe generalmente el nombre de perfil aerodinámico.

Un importante parámetro de un perfil es su espesor, es decir la máxima distancia entre el lado de succión y el lado de presión que puede ser expresado como una fracción de la longitud de la cuerda.

Una característica importante de cualquier pala de aerogenerador es su capacidad para generar una sustentación que aporta componentes de fuerzas a las palas que causan su rotación. Como una pala de aerogenerador comprende múltiples perfiles, la sustentación de una pala de aerogenerador puede ser considerada en referencia a unos perfiles relevantes seleccionados, reconociendo que la sustentación de la pala completa se obtiene integrando las sustentaciones de todos perfiles de la pala. La magnitud de la sustentación de un perfil depende de muchos factores, incluyendo la velocidad del viento incidente, la forma y contorno del perfil y el ángulo de ataque, es decir el ángulo entre la imaginaria línea, ó línea de cuerda, que se extiende desde el borde de ataque al borde de salida y un vector indicativo de la velocidad y dirección del flujo de viento. El coeficiente de sustentación de un perfil es una convención adoptada para representar al perfil con un valor no dimensional único.

La Figura 2 muestra un típico perfil 3 de la región de raíz 31 de una pala 1 de aerogenerador con un borde de ataque 13 un moderadamente romo borde de salida 15 y una superficie sustentadora con un lado de succión 17 y un lado de presión 19. La cuerda 29 es una imaginaria línea trazada entre el borde de ataque 13 y el borde de salida 15. La forma de dicho perfil se define por las coordenadas (x, y) de los lados de succión y presión expresadas como fracciones de la longitud de la cuerda. El perfil mostrado en la Figura 1 es un perfil con un espesor relativo alto.

La distribución de presión en los lados de succión y presión 17, 19, que determina el funcionamiento del perfil, puede ser considerada como una función dependiente de la distribución de curvatura en ambos lados, estando definida la curvatura como el inverso del radio de curvatura en cualquier punto a lo largo de dichos lados.

Como puede verse en la Figura 3, una característica relevante de la forma de la distribución de curvatura a lo largo del perfil mostrado en la Figura 2 es que presenta un lóbulo continuo en el borde de ataque.

Las Figuras 4, 5, 6 muestran perfiles 5, 5', 5'' según esta invención para al menos la sección 37 de la región de raíz 31 que tienen, como el perfil 3 mostrado en la Figura 2, 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. Las principales diferencias respecto al perfil 3 mostrado en la Figura 1 son, en primer lugar, que estos perfiles tienen un espesor relativo más alto (mayor ó igual del 30% y menor ó igual del 50%) y, en segundo lugar, que la zona: curvada 27 en el lado de presión 19 está configura de una manera similar a la zona curvada del borde de ataque 13, por lo que puede decirse que los perfiles 5, 5' y 5'' tienen un "segundo" borde de ataque 27, resultado un perfil con un "doble borde de ataque". Las diferencias entre los perfiles 5, 5' y 5'' se refieren principalmente a las formas del borde de salida 15 y del "segundo" borde de ataque 27.

La longitud de dicha sección 37 se extiende entre el 1% y el 100% de la longitud de la región de raíz 31.

Siguiendo la Figura 7, que muestra un distribución de curvatura aplicable a los perfiles 5, 5' y 5'' mostrados en las Figuras 4, 5, 6, puede observarse que la curvatura del lado de presión tiene un valor máximo C0 en el punto de partida PO en el borde de ataque 13. Luego decrece continuamente hasta un valor C1 en el punto P1 que se corresponde con una posición de la cuerda en, aproximadamente, el 3% de la longitud de la cuerda, luego se incrementa hasta un valor C2 en el punto P2 (el "segundo" borde de ataque 27), que se corresponde con una posición de la cuerda en, aproximadamente, el 17% de la longitud de la cuerda, luego decrece hasta alcanzar un valor 0 en un punto que se corresponde con una posición de la cuerda en, aproximadamente, el 49% de la longitud de la cuerda, en el que la

ES 2 320 962 B1

forma del lado de presión cambia de convexa a cóncava. Más allá de ese punto las diferencias respecto a los perfiles típicos son menos relevantes.

5 En una realización preferente P1 esta ubicado en una sección del perfil correspondiente a una posición de la cuerda en el rango del 1% al 8% de la longitud de la cuerda medido desde el borde de ataque 13.

En una realización preferente P2 esta ubicado en una sección del perfil correspondiente a una posición de la cuerda en el rango del 5% al 40% de la longitud de la cuerda medido desde el borde de ataque 13.

10 En una realización preferente, el valor C2 de la curvatura en el “segundo” borde de ataque 27 es menor que el valor C0 de la curvatura en el borde de ataque 13. Preferiblemente, el valor C2 de la curvatura está comprendido entre el 40%-90% del valor C0 de la curvatura.

15 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.

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

5 1. Un pala (1) de aerogenerador 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 (13) y el borde de salida (15), en el que el lado de presión
(19) tiene una primera parte convexa (21) y una segunda parte cóncava (23), **caracterizado** porque, en al menos una
sección (37) de la región de raíz (31), el perfil (5, 5', 5'') tiene un espesor relativo en el rango 30%-50% y la parte
convexa (21) del lado de presión (19) está configurada manera que su curvatura decrece desde un valor C0 en el borde
de ataque (13) hasta un valor C1 en un primer punto P1, luego se incrementa hasta un valor C2 en un segundo punto
10 P2 y luego decrece hasta un valor 0 al final de la parte convexa (21).

2. Una pala (1) de aerogenerador según la reivindicación 1, **caracterizada** porque la región de raíz (31) se extiende
entre 10% y el 50% de la longitud de la pala y dicha sección (37) se extiende entre el 1% y el 100% de la longitud de
la región de raíz (31).

15 3. Una pala (1) de aerogenerador según cualquiera de las reivindicaciones 1-2, **caracterizada** porque dicho primer
punto P1 está ubicado en una sección del perfil correspondiente a una posición de la cuerda en el rango del 1% al 8%
de la longitud de la cuerda medida desde el borde de ataque (13).

20 4. Una pala (1) de aerogenerador según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, **caracterizada** porque dicho segun-
do punto P2 esta ubicado en una sección del perfil correspondiente a una posición de la cuerda en el rango del 5% al
40% de la longitud de la cuerda medida desde el borde de ataque (13).

25 5. Una pala (1) de aerogenerador según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, **caracterizada** porque el valor C2
de la curvatura en el dicho segundo punto P2 está comprendido entre el 40%-90% del valor C0 de la curvatura en el
borde de ataque (13).

30

35

40

45

50

55

60

65

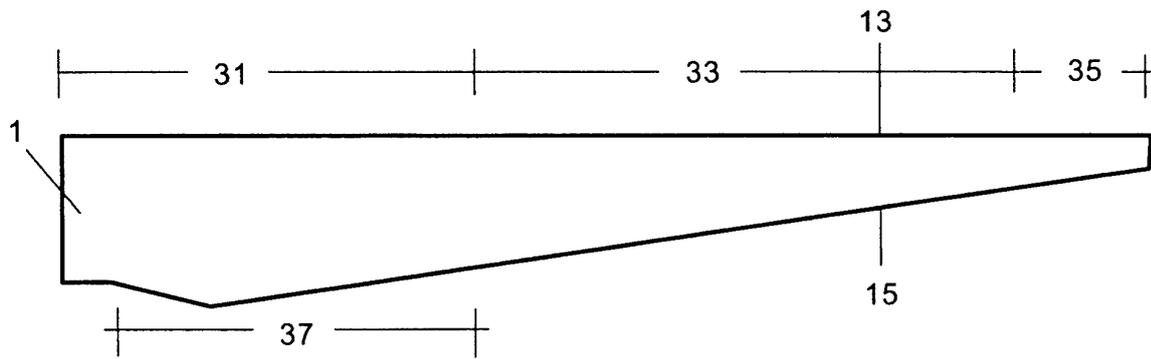


FIG. 1

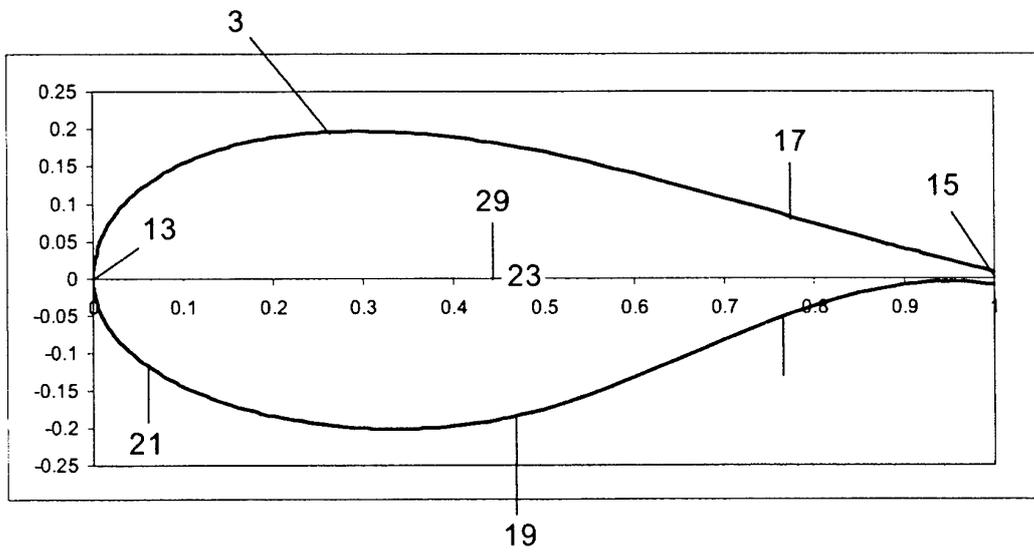


FIG. 2

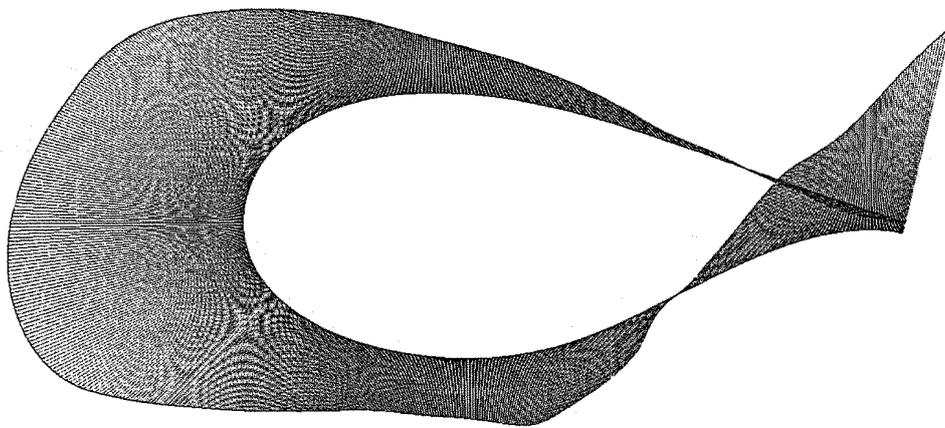


FIG. 3

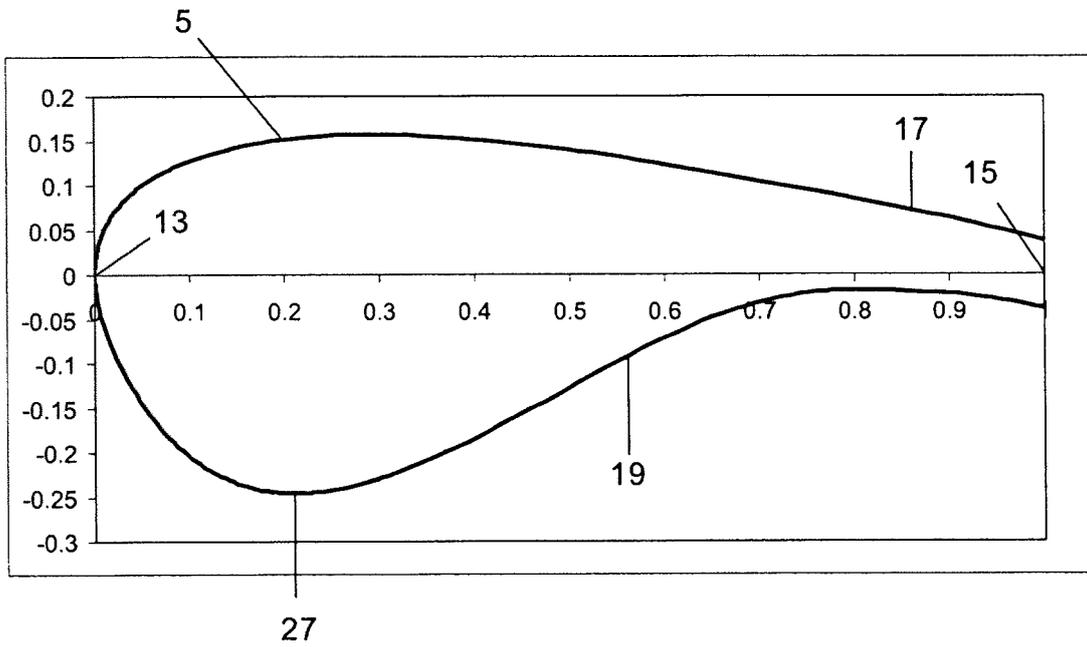


FIG. 4

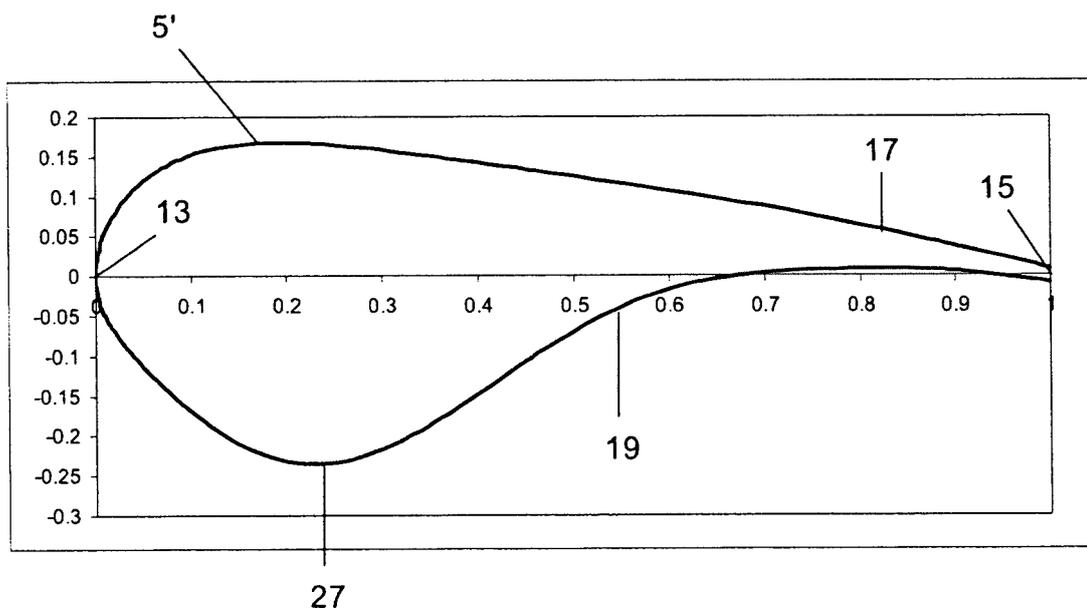


FIG. 5

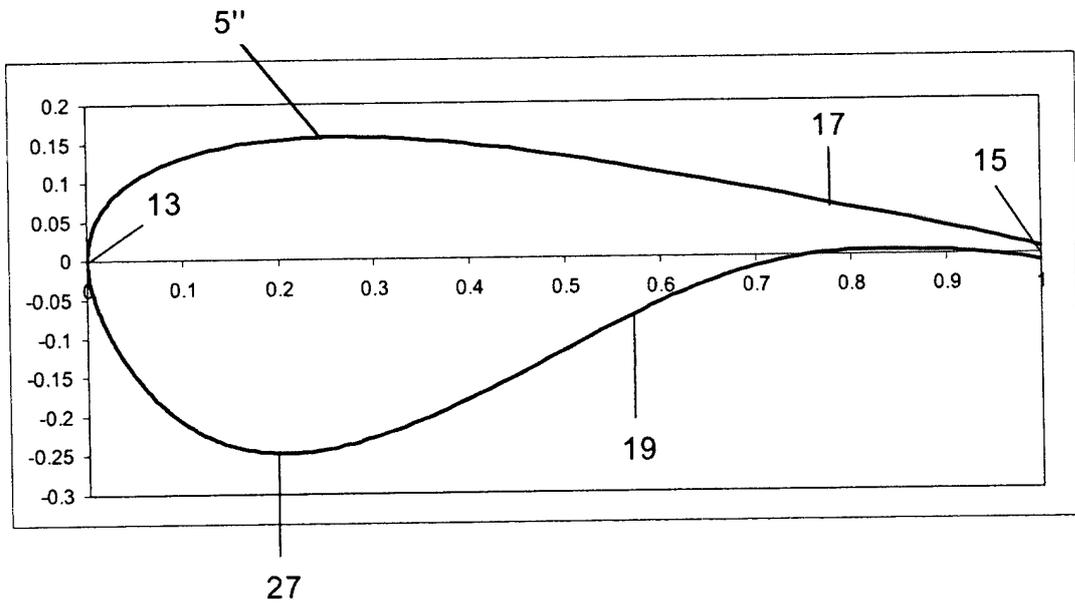


FIG. 6

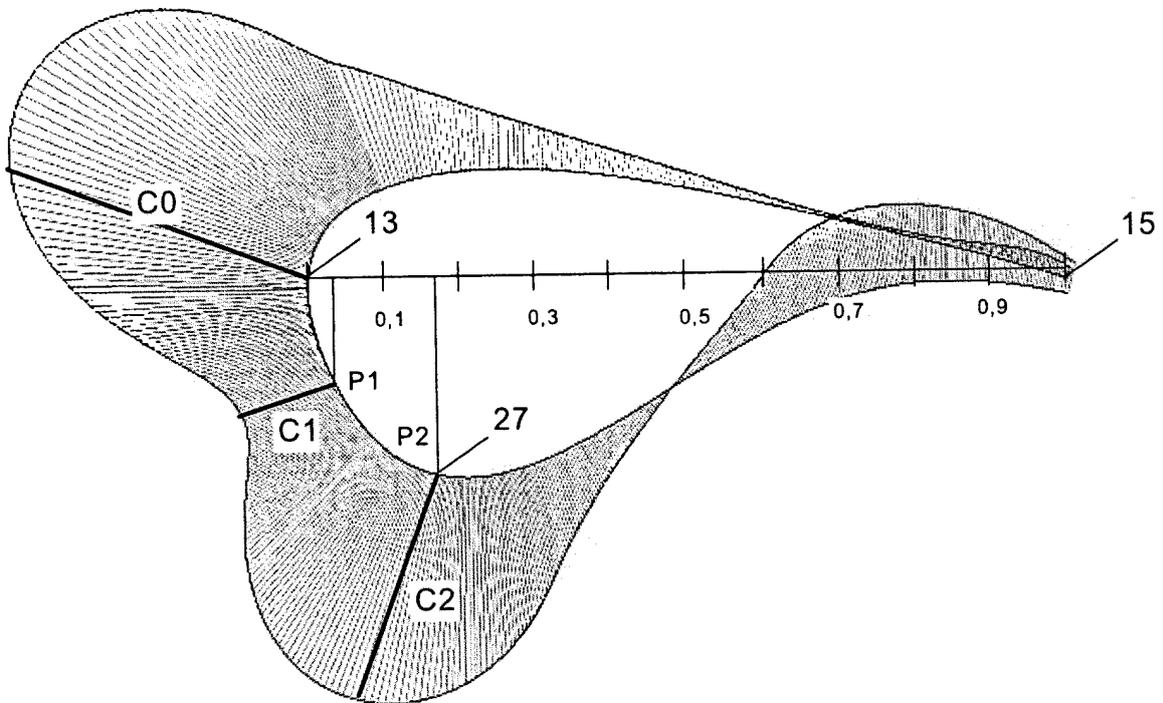


FIG. 7



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 320 962

② Nº de solicitud: 200703158

③ Fecha de presentación de la solicitud: **28.11.2007**

④ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.: **F03D 1/06** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	US 4773825 A (RODDE et al.) 27.09.1988, todo el documento.	1-5
A	US 2006099076 A1 (WOB BEN et al.) 11.05.2006, todo el documento.	1-5
A	NZ 536428 A (ALOYS WOB BEN) 31.08.2007, resumen;	1
A	US 2003077178 A1 (STEARNS et al.) 24.04.2003, todo el documento.	1
A	US 2007217917 A1 (KHAN et al.) 20.09.2007, todo el documento.	1

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

03.04.2009

Examinador

M^a A. López Carretero

Página

1/5

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, WPI, PAJ

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 03.04.2009

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-5	SÍ
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-5	SÍ
	Reivindicaciones	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 4773825	27.09.1988
D02	US 2006099076	11.05.2006
D03	NZ 536428	31.08.2007
D04	US 2003077178	24.04.2003
D05	US 2007217917	20.09.2007

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 objeto de la solicitud es un perfil aerodinámico para la raíz de una pala de un aerogenerador con doble borde de ataque.

Un perfil con un borde de ataque, un borde de salida, lados de presión y succión y que cuenta con:

- un espesor relativo en el rango de 30%-50% en al menos una sección de la región raíz

- una configuración en la parte convexa del lado de presión tal que la curvatura:

a) decrece desde un valor C0 (máximo) en el borde de ataque hasta un valor C1 en un primer punto P1

b) crece hasta un valor C2 en un segundo punto P2 ("segundo borde de ataque")

c) decrece de nuevo hasta un valor 0 al final de la parte convexa.

El documento D01 divulga un perfil aerodinámico en el que se define la evolución de la curvatura del lado de presión donde este valor decrece de una forma más o menos rápida y según unos valores dados en porcentajes.

El documento D02 divulga otro perfil aerodinámico donde el espesor relativo, y el máximo espesor se define en determinadas áreas de la longitud de la cuerda.

El documento D03 define un perfil aerodinámico de una pala, en la que el espesor relativo se encuentra en el rango de 20% - 45%, es decir dentro del rango reivindicado para el perfil que se solicita.

Hoja adicional

La invención reivindicada, difiere principalmente de los documentos citados en que ninguno de los documentos citados y encontrados en la búsqueda realizada muestra un perfil en el que existan dos bordes de ataque, o lo que es lo mismo, la curvatura de la parte convexa del lado de presión, este configurada de modo que decrezca desde su valor máximo hasta otro valor, crezca hasta otro valor en un punto que sería el segundo borde de ataque, y vuelva a decrecer hasta un valor nulo donde empezaría la parte cóncava.

No sería obvio por una persona experta en la materia aplicar las características de los documentos citados y llegar a la invención como se revela en las reivindicaciones 1-5. Por lo tanto el objeto de estas reivindicaciones cumple los requisitos de novedad, actividad inventiva y aplicación industrial de acuerdo con los artículos 6.1, 8.1 y 9 de la LP 11/ 1986.