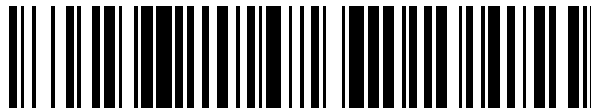


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 683 719**

51 Int. Cl.:

**F03D 1/06**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.03.2015** E 15160110 (1)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.05.2018** EP 2921697

54 Título: **Modificaciones del borde de salida para perfil aerodinámico de la turbina eólica**

30 Prioridad:

**21.03.2014 US 201414221726**

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

**27.09.2018**

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)  
Werner-von-Siemens-Straße 1  
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**OBRECHT, JOHN M. y  
STEINGRIMSSON, ARNI T.**

74 Agente/Representante:

**LOZANO GANDIA, José**

**ES 2 683 719 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**MODIFICACIONES DEL BORDE DE SALIDA PARA PERFIL AERODINÁMICO DE LA TURBINA EÓLICA****DESCRIPCIÓN****5 Campo de la invención**

La invención se refiere generalmente al diseño de pala de turbina eólica, y más particularmente a las modificaciones del borde de salida para la reducción de ruidos.

**10 Antecedentes de la invención**

Las consideraciones relacionadas con el ruido pueden limitar la eficacia y el tamaño máximo de las turbinas eólicas; en parte debido a que la velocidad del extremo de la pala debe limitarse para reducir el ruido, por tanto reduciendo el potencial de producción de energía. Una de las principales causas del ruido de las turbinas eólicas es el ruido aerodinámico del borde de salida (Matthew F. Barone, "Survey of Techniques for Reduction of Wind Turbine Blade Trailing Edge Noise", Sandia National Laboratories, SAND20011-5252, agosto de 2011, página 8). El ruido del borde de salida puede reducirse en cierta medida mediante dientes del borde de salida o dientes 19 de sierra como se ilustra en la figura 1 en el presente documento. Sin embargo, los dientes no son eficientes en todo tipo de condiciones (Barone supra, página 20). En el documento DE102006043462 se da a conocer un perfil aerodinámico de la turbina eólica con las características de la primera parte de la reivindicación 1.

**Resumen de la invención**

El objeto de la presente invención es proporcionar un perfil aerodinámico de la turbina eólica con un ruido reducido de turbulencia del borde de salida en una amplia variedad de condiciones. El objetivo se consigue mediante un perfil aerodinámico de la turbina eólica según la reivindicación 1. Las realizaciones preferidas se dan a conocer en las subreivindicaciones. Un perfil aerodinámico de la turbina eólica comprende un borde de salida que comprende dientes como puede verse desde la parte superior del perfil aerodinámico; y surcos en un lado de succión y valles opuestos en un lado de presión del perfil aerodinámico que forman un perfil de forma ondulada del borde de salida como puede verse desde la parte trasera del perfil aerodinámico.

Preferiblemente, los surcos comprenden una forma ondulada triangular como puede verse desde la parte trasera del perfil aerodinámico. Preferiblemente, los dientes comprenden una forma ondulada triangular como puede verse desde la parte superior del perfil aerodinámico. Preferiblemente, el borde de salida sigue un plano normal a una cuerda de referencia de un perfil o una línea de curvatura media del perfil aerodinámico como puede verse en una sección transversal del perfil aerodinámico. Preferiblemente, el borde de salida sigue un plano que es al menos 45 grados desde lo normal para una cuerda de referencia de un perfil o una línea de curvatura media del perfil aerodinámico como puede verse en una sección transversal del perfil aerodinámico. Según la invención, los surcos del lado de succión se inclinan hacia un extremo de la base del perfil aerodinámico como puede verse desde la parte trasera del perfil aerodinámico. Preferiblemente, el perfil de forma ondulada del borde de salida como puede verse desde la parte trasera del perfil aerodinámico comprende una serie de triángulos con picos de lado de succión que se inclinan hacia un extremo de la base del perfil aerodinámico. Preferiblemente, cada uno de los surcos del lado de succión comprende una superficie lateral relativamente más estrecha que mira hacia un extremo de la base del perfil aerodinámico y una superficie lateral relativamente más ancha que mira hacia un extremo de la punta del perfil aerodinámico. Preferiblemente, los surcos del lado de succión se inclinan hacia un extremo de la base del perfil aerodinámico, y cada uno de los dientes comprende un pico trasero que coincide con un pico del lado de succión respectivo de uno de los surcos. Preferiblemente, los dientes comprenden un periodo a lo largo de la envergadura de no más de 1/2 de un periodo a lo largo de la envergadura de los surcos.

Preferiblemente, los dientes comprenden un periodo a lo largo de la envergadura de 1/4 de un periodo a lo largo de la envergadura de los surcos.

Preferiblemente, los surcos convergen hacia delante desde el borde de salida hacia el lado de succión, y los valles convergen hacia delante desde el borde de salida hacia el lado de presión del perfil aerodinámico.

Preferiblemente, el perfil en forma ondulada del borde de salida comprende una amplitud entre un pico y otro de al menos 2% de una longitud de cuerda del perfil aerodinámico como puede verse desde la parte trasera del perfil aerodinámico.

Preferiblemente, una razón del periodo de los dientes como puede verse desde la parte superior del perfil aerodinámico y perfil de forma ondulada como puede verse desde la parte trasera del perfil aerodinámico seleccionado para ser eficiente para evitar interferencias constructivas y resonancia en una estela de turbulencia detrás del perfil aerodinámico durante la operación del perfil aerodinámico en una turbina eólica.

Preferiblemente, los surcos convergen suavemente desde el borde de salida hacia el lado de succión del perfil aerodinámico, y en el que los surcos y valles están ausentes en al menos un mitad delantera del perfil aerodinámico.

5 Un perfil aerodinámico de la pala de la turbina eólica comprende una longitud. La longitud comprende primero surcos y valles alternos en un lado de succión de la pala, en segundo lugar surcos y valles alternos en un lado de presión de la pala. Los primeros surcos convergen con y anidan con los segundos valles en un borde de salida para formar un primer perfil de forma ondulada del borde de salida como puede verse desde la parte trasera del perfil aerodinámico. El borde de salida forma además un segundo perfil de forma ondulada como puede verse desde la parte superior del borde de salida, en el que el primer y el segundo perfil de forma ondulada cada uno comprenden una amplitud entre un pico y otro de al menos 2% de una longitud de cuerda del perfil aerodinámico.

10 Preferiblemente, el perfil aerodinámico se conifica a lo largo de una longitud del mismo, y las amplitudes entre un pico y otro del primero y segundo perfiles de forma ondulada varían con una longitud de cuerda local a lo largo de la longitud.

15 Preferiblemente, el primer y segundo perfil de forma ondulada cada uno comprenden una amplitud entre un pico y otro de al menos un 3% de la longitud de cuerda del perfil aerodinámico.

Preferiblemente, el primer perfil de forma ondulada comprende un periodo diferente que el segundo perfil de forma ondulada.

20 Un perfil aerodinámico de la turbina eólica comprende surcos en un lado de succión y valles opuestos en un lado de presión del perfil aerodinámico formando un perfil de forma ondulada del borde de salida como puede verse desde la parte trasera del perfil aerodinámico. Los surcos del lado de succión comprenden un pico asimétrico que comprende una superficie lateral relativamente más estrecha que mira hacia un extremo de la base del perfil aerodinámico y una superficie lateral relativamente más ancha que mira hacia un extremo de la punta del perfil aerodinámico eficaz para impedir un bombeo hacia fuera radialmente del flujo de aire separado de una zona de entrada en pérdida del perfil aerodinámico durante la operación del perfil aerodinámico.

25

#### Breve descripción de las figuras

30 La invención se explica en la siguiente descripción en vista de los dibujos que muestran:

La figura 1 es una vista en perspectiva de una técnica anterior de perfil aerodinámico de la turbina eólica con un borde de salida serrado adicional.

35 La figura 2 es una vista en perspectiva de una superficie de un perfil aerodinámico de la turbina eólica con un borde de salida ondulado según aspectos de una realización de la invención.

La figura 3 muestra un perfil transversal del perfil aerodinámico de la figura 2.

40 La figura 4 muestra un perfil aerodinámico de la turbina eólica en múltiples posiciones utilizado para simular los efectos aerodinámicos de las ondas de la figura 2.

La figura 5 muestra el efecto de suavizado aerodinámico de realizar un promedio de los coeficientes de sustentación de todas las posiciones del perfil aerodinámico de la figura 4.

45 La figura 6 muestra el efecto de suavizado aerodinámico de realizar un promedio de los coeficientes de arrastre de todas las posiciones del perfil aerodinámico de la figura 4.

50 La figura 7 es una vista en perspectiva de un perfil aerodinámico con ondulaciones del borde de salida con un plano de borde de salida oblicuo que resulta en dientes como puede verse desde arriba.

La figura 8 muestra dos planos de proyección que representan vistas trasera y superior del borde de salida de la figura 7.

55 La figura 9 muestra dos planos de proyección que representan vistas trasera y superior del borde de salida de la figura 10.

La figura 10 es una vista en perspectiva de la parte de salida de un perfil aerodinámico con dientes del borde de salida que contiene la mitad del periodo de las ondas.

60 La figura 11 es una vista en perspectiva de una superficie de un perfil aerodinámico con picos del lado de succión que se inclinan hacia la base de la pala.

65 La figura 12 muestra proyecciones de vistas trasera y superior de una realización con perfiles de forma ondulada asimétricos de un borde de salida con dientes.

### Descripción detallada de la invención

La figura 1 es una vista en perspectiva de un perfil (18) aerodinámico de pala de turbina eólica de la técnica anterior con un borde de salida serrado 19 o de dientes en sierra. Este dispositivo reduce el ruido de turbulencia del borde de salida en cierta medida en algunas condiciones, pero no en otras. Los inventores reconocieron que dispositivos alternativos podrían ser útiles para una mayor variedad de condiciones. También reconocieron que las modificaciones del borde de salida tridimensionales como se demuestra en el presente documento podrían proporcionar reducciones de ruido en una amplia variedad de condiciones, y además, podrían proporcionar ventajas estructurales y aerodinámicas.

La figura 2 muestra la superficie de geometría de un perfil (20) aerodinámico de la turbina eólica con aspectos de una realización de la invención. Una parte de salida de la pala tiene ondas 24A o surcos 21 y valles 22 que se alternan con un borde de salida TE que sigue una trayectoria de zigzag o forma ondulada al mirar desde la parte trasera. En el presente documento "ondas" significa surcos y valles tanto en las superficies del lado de succión como del lado de presión. Los valles en el lado de presión pueden oponerse a los surcos en el lado de succión y anidar con ellos en el borde de salida, formando un perfil del borde de salida en forma ondulada como puede verse desde la parte trasera del perfil aerodinámico. Los surcos y valles pueden converger de manera uniforme entre el borde de salida en forma ondulada y las superficies de succión y presión como se muestra, de modo que los surcos y valles se eliminan para al menos una mitad delantera del perfil aerodinámico. Alternativamente las ondas pueden añadirse al perfil aerodinámico como una aleta (no se muestra).

Las ondas suavizan la transición de flujo de aire desde el lado de presión PS y el lado de succión SS a la estela de turbulencia, reduciendo la intensidad de la estela de turbulencia que mezcla la turbulencia aumentando los ángulos efectivos del borde de salida al flujo de aire, por tanto graduando transición. Además de la reducción del ruido, esta forma aumenta la flexibilidad de la pala en el plano de cuerda, por tanto evitando el pandeo del borde de salida. "Plano de cuerda" en el presente documento significa un plano de una cuerda de referencia de un perfil y una línea paralela a la longitud de la pala. Además, los surcos actúan como una serie de separadores de capa límite que impiden la propagación radial de la separación de flujo de aire cuando una parte de la pala entra en pérdida. Por tanto las ondas proporcionan una sinergia de tres vías con aspectos estructurales, aerodinámicos y de ruido. Las ondas pueden tener bordes de salidas TE delgados en algunas realizaciones para evitar el desprendimiento de vórtices Von Karman. Pueden tener surcos y valles cortantes como se muestra o los surcos y valles pueden estar redondeados.

La figura 3 muestra un perfil de sección transversal del perfil aerodinámico de la figura 2. El borde de salida TE de las ondas puede seguir un plano 32 que es normal a la cuerda 26 de referencia de un perfil o normal a la línea 28 de curvatura media como puede verse en la sección transversal. Donde la pala se conifica, este plano 32 puede no ser paralelo a la longitud total de la pala, por lo que no es necesariamente normal para una cuerda de referencia de un perfil dado. Sin embargo, se describe como perpendicular u oblicuo a la cuerda de referencia de un perfil o línea de curvatura media como puede verse en una sección transversal, en la que el plano 32 aparece como una línea. Las ondas 24A pueden formar salidas 34, 36 desde el lado de presión PS y el lado de succión SS de un perfil aerodinámico no ondulado nominal, y desde un borde 30 de salida de la pala medio nominal. Las desviaciones pueden tener una amplitud 31 entre un pico y otro en el borde de salida de al menos un 2% de la longitud de cuerda (se muestra 3,9%), o al menos un 3% o al menos un 5% en algunas realizaciones como se mide en una dirección normal al plano de cuerda. La amplitud 31 puede ser relativa a la cuerda 28 de referencia de un perfil, y por tanto puede variar sobre una longitud dada de un perfil aerodinámico conificado. Alternativamente, una amplitud 31 sencilla puede estar mantenida por un perfil de forma ondulada del borde de salida sobre una longitud dada del perfil aerodinámico como puede verse desde la parte trasera del perfil aerodinámico, donde esta amplitud sencilla tiene al menos una de las magnitudes mínimas que se mencionan anteriormente relacionadas con una longitud de cuerda media sobre una longitud dada.

Alternativamente, las ondas pueden proporcionarse como una aleta adicional (no se muestra) que extiende el borde de salida hacia atrás. La aleta puede estar alineada con la cuerda 26 de referencia de un perfil o la línea 28 de curvatura media o puede formar un ángulo o ángulos variables a ello. Puede tener desviaciones de al menos una de las magnitudes que aparecen anteriormente relativas a la cuerda de referencia de un perfil según se extiende a través de la aleta.

La figura 4 muestra un perfil 20 aerodinámico en múltiples posiciones utilizado para simular los efectos aerodinámicos de las ondas de la figura 2. El perfil aerodinámico es analizado en una posición 20A primera o neutral (línea continua) a 0 grados y en un ángulo alternado de posiciones de ataque (líneas discontinuas). Las curvas del coeficiente de elevación y arrastre sobre todas las posiciones del perfil aerodinámico, y las curvas promedio se comparan con la curva para la posición 20A neutral en los gráficos subsiguientes. Los efectos aerodinámicos del borde de salida ondulado se pueden aproximar mediante tal promedio de pequeños cambios en el ángulo de ataque (mostrado aquí) o pequeños cambios en la curvatura (no se muestra).

La figura 5 muestra el efecto 40 de suavizado aerodinámico de promediar los coeficientes de sustentación de todas las posiciones del perfil aerodinámico de la figura 4. Muestra una pequeña caída en la elevación máxima y un

suavizado y ensanchamiento de la región de elevación máxima, además de un alisado junto a la parte inferior de la curva comparado con la curva 42 no promedio para el perfil 20A aerodinámico neutral.

5 La figura 6 muestra el efecto 44 de suavizado aerodinámico de promediar los coeficientes de arrastre de todas las posiciones del perfil aerodinámico de la figura 4 comparado con la curva 46 no promedio para el perfil 20A neutral. Los efectos del suavizado de las figuras 5 y 6 reducen las cargas de fatiga en la pala, debido a que las perturbaciones aleatorias al ángulo local de ataque de una sección de la pala producen variaciones más pequeñas en las cargas. Se producen variaciones de la carga no deseadas durante los cambios bruscos en las fuerzas aerodinámicas. Esta ventaja tiene sinergia tanto en la reducción del ruido como en la eficiencia aerodinámica debido a que las diferencias bruscas en aerodinámicas adyacentes provocan turbulencia y, por lo tanto, aumentan el ruido y el arrastre.

15 La figura 7 muestra una realización de ondas 24B del borde de salida con bordes de salida TE oblicuos. Los bordes de salida pueden seguir un plano 32B que es oblicuo a la cuerda de referencia de un perfil o línea de curvatura media como puede verse en una sección transversal de la pala (figura 3). Este plano oblicuo tiene como resultado dientes como puede verse desde arriba, proporcionando una transición doblemente graduada de flujo de aire desde los lados de presión PS y succión SS a la estela de turbulencia. El plano 32B puede inclinarse hacia el lado de succión como se muestra mediante un ángulo  $\alpha$  o al menos 45 grados en relación a un plano normal a la cuerda de referencia de un perfil o línea de curvatura media como puede verse en la sección transversal. Alternativamente puede inclinarse a cualquier ángulo  $\alpha$  o al menos 45 grados lejos del lado de succión (no se muestra) para resultados similares. Se indica una dirección 41 a lo largo de la envergadura de la pala.

25 La figura 8 muestra un plano 42 de proyección normal a la línea de cuerda y paralelo a la longitud de la pala. Muestra la proyección 44B del borde de salida TE de la figura 7 como puede verse desde la parte trasera del perfil aerodinámico 20. Esta proyección puede formar una onda triangular. Alternativamente, los surcos pueden estar redondeados, haciendo de esta proyección una onda redondeada o suave, incluyendo una onda sinusoidal. Son posibles otras formas tales como ondas trapezoidales. Un segundo plano 46 de proyección se muestra paralelo a la cuerda y paralelo a la longitud de la pala. Muestra la proyección 48B del borde de salida TE de la figura 7 como puede verse desde la parte superior del borde de salida. Las amplitudes entre un pico y otro en cada una de las proyecciones 44B, 48B de forma de onda respectivas pueden ser de al menos un 2% de la longitud de cuerda del perfil aerodinámico o al menos un 3% o al menos un 5% en algunas realizaciones como se ha descrito anteriormente.

35 La figura 9 muestra las proyecciones de la vista trasera y superior del borde de salida de la realización 24C de la figura 10. En esta realización los dientes 48C tienen la mitad del periodo de onda de las ondas 44C, y en otras realizaciones los dientes 48C pueden tener no más de la mitad del periodo de onda de las ondas 44C.

40 La figura 10 es una vista en perspectiva de una realización 24C de las ondas del borde de salida con dientes que tienen la mitad del periodo de las ondas. Esta razón proporciona un dentado 50 en el borde de salida de cada superficie 52 lateral de cada surco 21, que proporciona más transiciones angulares de las corrientes de aire del lado de presión y del lado de succión debido a que se unen en la estela de turbulencia. Los dientes 50 pueden tener forma de V como se muestra o pueden ser redondeados. Las proyecciones de la vista 44C trasera y de la vista 48C superior de este borde de salida se muestran en la figura 9. Pueden utilizarse otras razones de periodos de dentado/onda, por ejemplo 1/4, para proporcionar diferentes geometrías del borde de salida que evitan la interferencia constructiva y la resonancia en la estela de turbulencia. La fase entre estas dos funciones puede seleccionarse como parte del diseño del perfil aerodinámico para producir diferentes formas y efectos como se desee para las aplicaciones respectivas.

50 La figura 11 es una vista en perspectiva de una realización de ondas 24D del borde de salida con picos 56 del lado de succión asimétrico que se colocan en ángulo o están dispuestas hacia la base de la pala. Esta asimetría aumenta la eficacia de los surcos como separadores de capa límite que impiden el bombeo hacia fuera radialmente del flujo de aire separado desde una zona de entrada en pérdida del perfil aerodinámico durante la operación del perfil aerodinámico en una máquina de turbina eólica. Cada surco puede tener una superficie 60 del lado de succión relativamente más estrecha que mira hacia la base de la pala y una superficie 62 del lado de succión relativamente más ancha que mira hacia el extremo de la pala. Esto resulta en un borde de salida proyectado como una onda triangular asimétrica como puede verse desde la parte trasera del perfil aerodinámico.

60 La figura 12 muestra un plano 42 de proyección de vista trasera y de plano 46 de proyección de vista superior con ambos planos en el plano de la página. Esto muestra una realización con surcos asimétricos en la figura 11 que resulta en la proyección 44E de la onda triangular asimétrica. Además, los dientes 48E asimétricos se proporcionan como puede verse en la vista superior, con picos 66 que apuntan hacia atrás que se inclinan hacia la base de la pala. Las líneas discontinuas verticales muestran que los picos 66 de dentado pueden coincidir con los picos 56 del surco, y los valles del dentado pueden coincidir con los valles del surco. Tales dientes pueden estar formados por un plano del borde de salida oblicuo como se muestra en la figura 7. Esta realización proporciona una mejora de la sinergia estructural de cuatro vías, una reducción del arrastre de la turbulencia, una reducción del ruido, y un aumento de la eficacia del separador de capa límite. Los perfiles 58 alternos muestran un surco simétrico

correspondiente a efectos de comparación.

5 Mientras se han mostrado y descrito varias realizaciones de la presente invención en el presente documento, es obvio que dichas realizaciones solo se proporcionan a modo de ejemplo. Pueden realizarse numerosas variaciones, cambios y sustituciones sin apartarse de la invención en el presente documento. Por consiguiente, se pretende que la invención se limite solamente por el espíritu y el alcance de las reivindicaciones adjuntas.

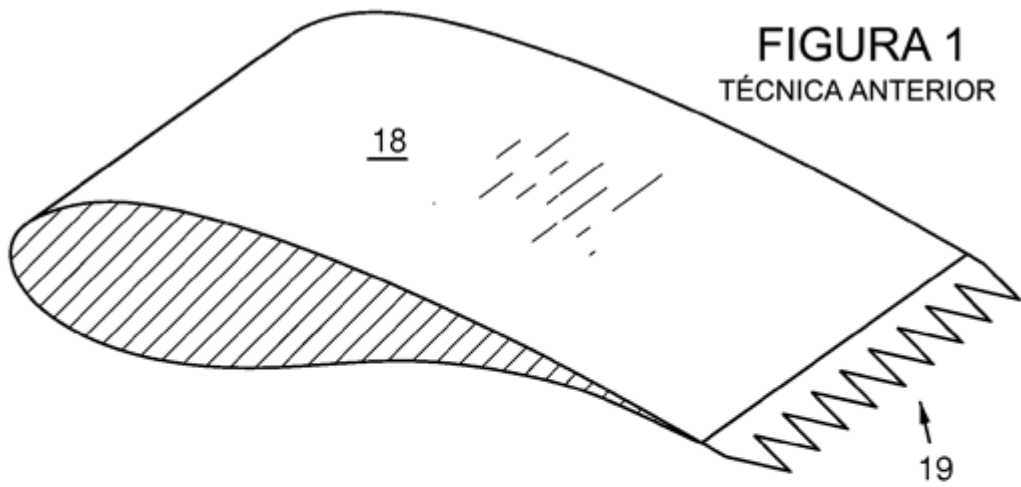
**REIVINDICACIONES**

1. Perfil aerodinámico de la turbina (20) eólica que comprende:
 

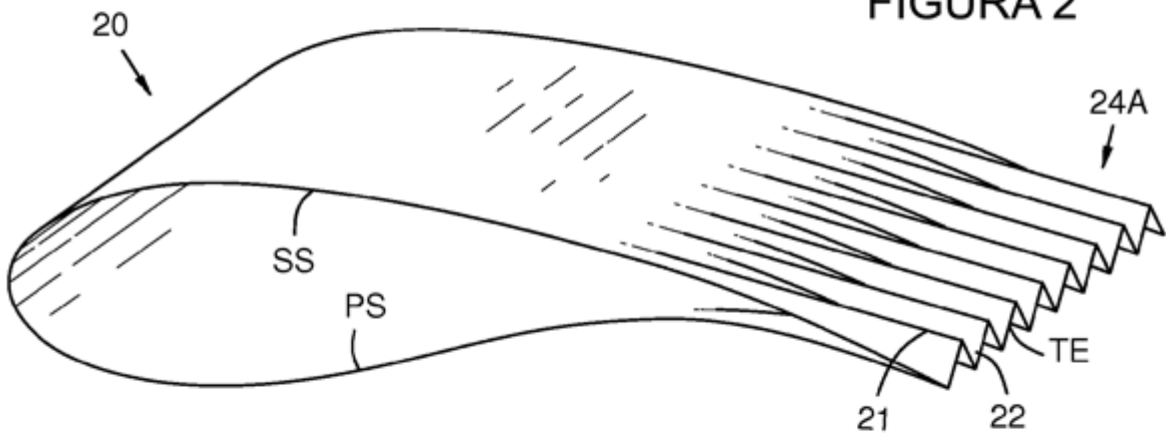
5 un borde de salida (TE) que comprende dientes como puede verse desde la parte superior del perfil aerodinámico;

10 y surcos en un lado de succión y valles opuestos en un lado de presión del perfil aerodinámico que forma un perfil en forma ondulada del borde de salida como puede verse desde la parte trasera del perfil aerodinámico caracterizado porque en el lado de succión los surcos se inclinan hacia un extremo de la base del perfil aerodinámico como puede verse desde la parte trasera del perfil aerodinámico.
2. Perfil aerodinámico de la turbina eólica según la reivindicación 1, en el que los surcos comprenden una forma ondulada triangular como puede verse desde la parte trasera del perfil aerodinámico.
3. Perfil aerodinámico de la turbina eólica según la reivindicación 1 ó 2, en el que los dientes comprenden una forma ondulada triangular como puede verse desde la parte superior del perfil aerodinámico.
4. Perfil aerodinámico de la turbina eólica según la reivindicación 1, en el que el borde de salida sigue un plano (32, 32B) normal para una cuerda de referencia de un perfil (26) o una línea (28) de curvatura media del perfil aerodinámico como puede verse en una sección transversal del perfil aerodinámico.
5. Perfil aerodinámico de la turbina eólica de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el borde de salida (TE) sigue un plano (32A) que es al menos 45 grados desde lo normal para una cuerda (26) de referencia de un perfil o una línea (28) de curvatura media del perfil aerodinámico como puede verse en una sección transversal del perfil aerodinámico.
6. Perfil aerodinámico de la turbina eólica de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que cada uno de los surcos del lado de succión comprende una superficie (60) lateral relativamente más estrecha que mira hacia un extremo de la base del perfil aerodinámico y una superficie (62) lateral relativamente más ancha que mira hacia un extremo de la punta del perfil aerodinámico.
7. Perfil aerodinámico de la turbina eólica de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que cada uno de los dientes comprende un pico trasero que coincide con pico del lado de succión respectivo de uno de los surcos.
8. Perfil aerodinámico de la turbina eólica de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que los dientes comprenden un periodo a lo largo de la envergadura de no más de un 1/2 de un periodo a lo largo de la envergadura de los surcos.
9. Perfil aerodinámico de la turbina eólica según la reivindicación 8, en el que los dientes comprenden un periodo a lo largo de la envergadura de 1/4 de un periodo a lo largo de la envergadura de los surcos.
10. Perfil aerodinámico de la turbina eólica de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que los surcos convergen hacia delante desde el borde de salida (TE) hacia el lado de succión, y los valles convergen hacia delante desde el borde de salida hacia el lado de presión del perfil aerodinámico.
11. Perfil aerodinámico de la turbina eólica de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que el perfil en forma ondulada del borde de salida (TE) comprende una amplitud entre un pico y otro de al menos un 2% de una longitud de cuerda del perfil aerodinámico como puede verse desde la parte trasera del perfil aerodinámico.
12. Perfil aerodinámico de la turbina eólica de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que una razón del periodo de los dientes como puede verse desde la parte superior del perfil aerodinámico y perfil de forma ondulada como puede verse desde la parte trasera del perfil aerodinámico seleccionado para ser eficiente para evitar interferencias constructivas y resonancia en una estela de turbulencia detrás del perfil aerodinámico durante la operación del perfil aerodinámico en una turbina eólica.
13. Perfil aerodinámico de la turbina eólica de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en el que los surcos convergen de manera uniforme hacia delante desde el borde de salida hacia el lado de succión del perfil aerodinámico, y en el que los surcos y valles están ausentes en al menos una mitad delantera del perfil aerodinámico.

**FIGURA 1**  
TÉCNICA ANTERIOR



**FIGURA 2**



**FIGURA 3**

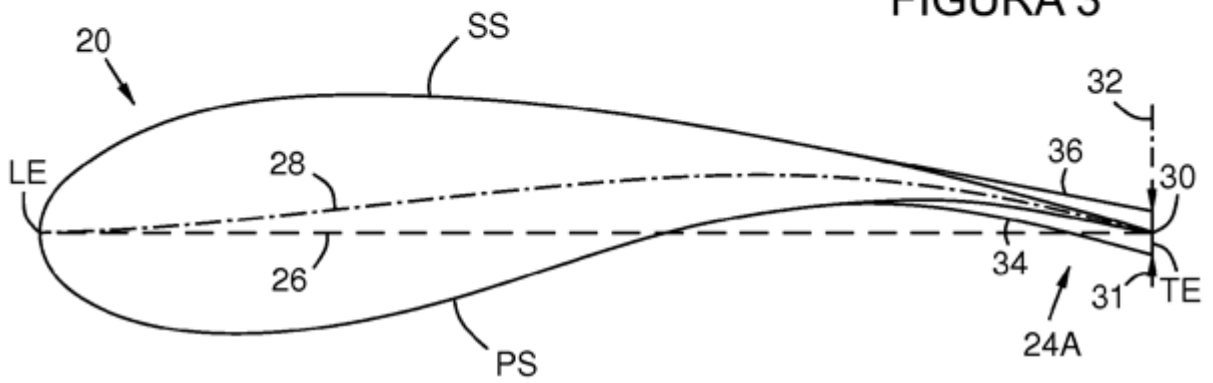




FIGURA 4

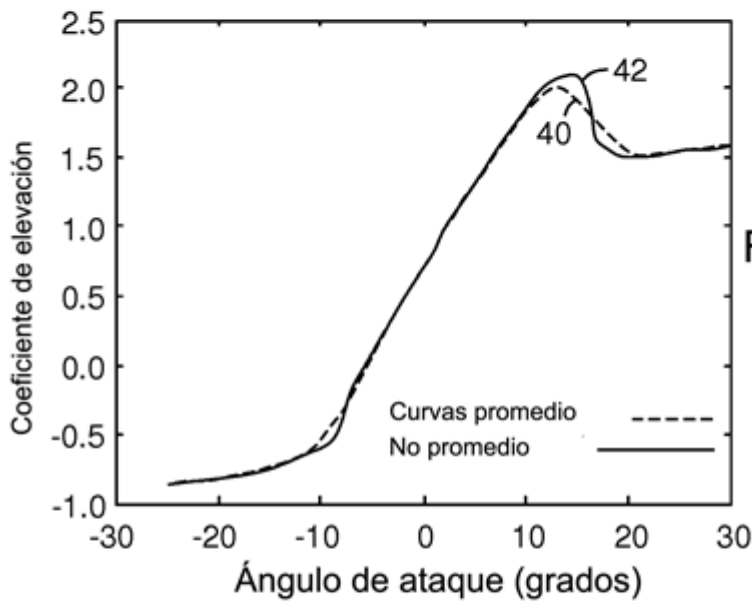
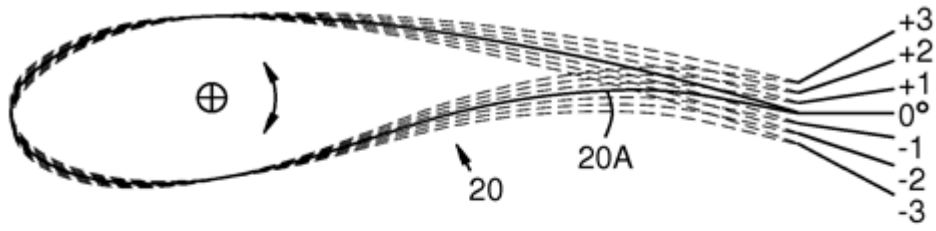


FIGURA 5

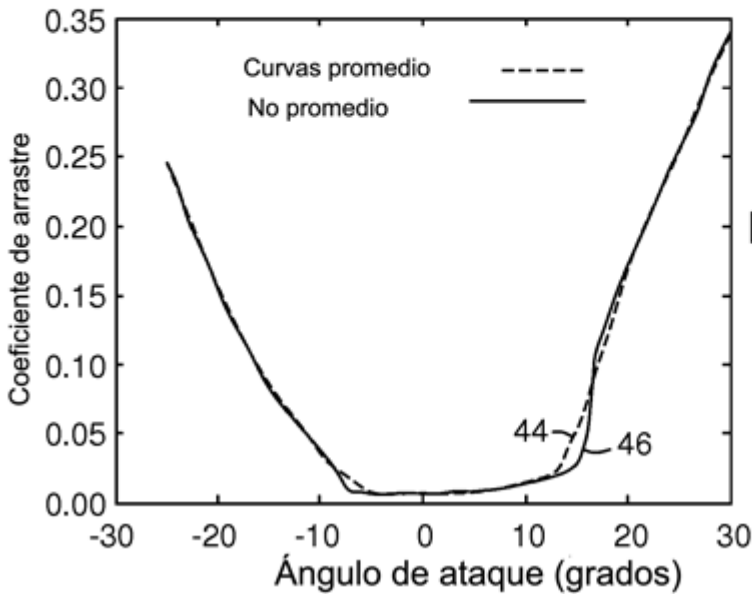


FIGURA 6

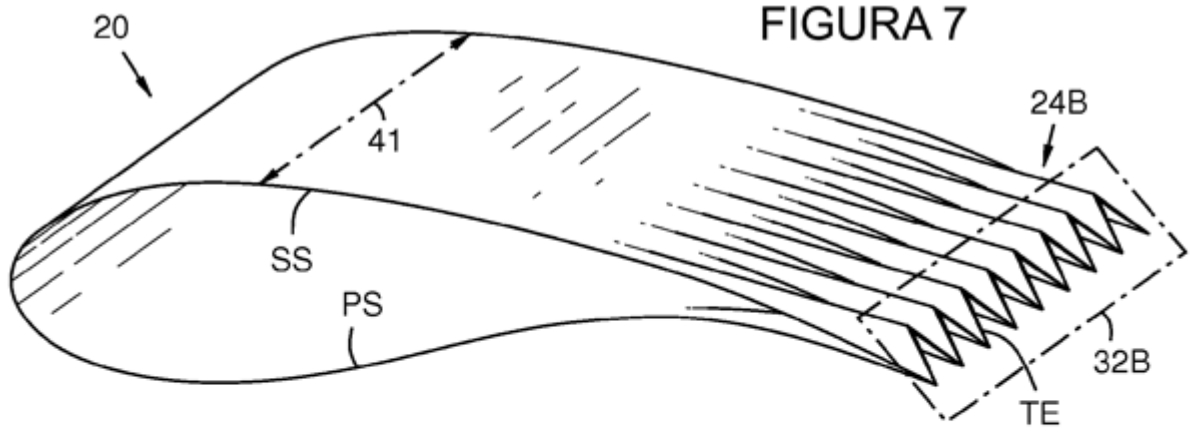


FIGURA 8 Plano de vista superior

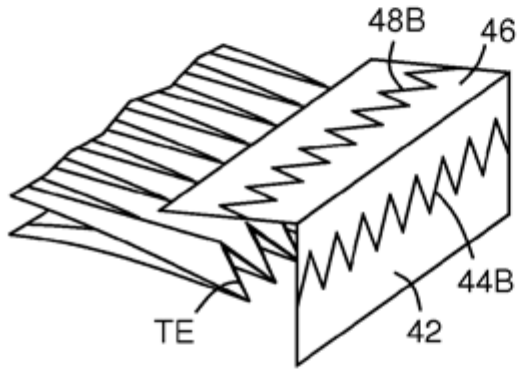
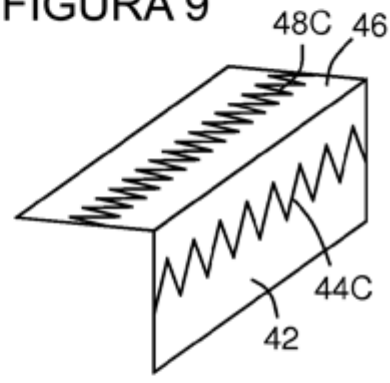
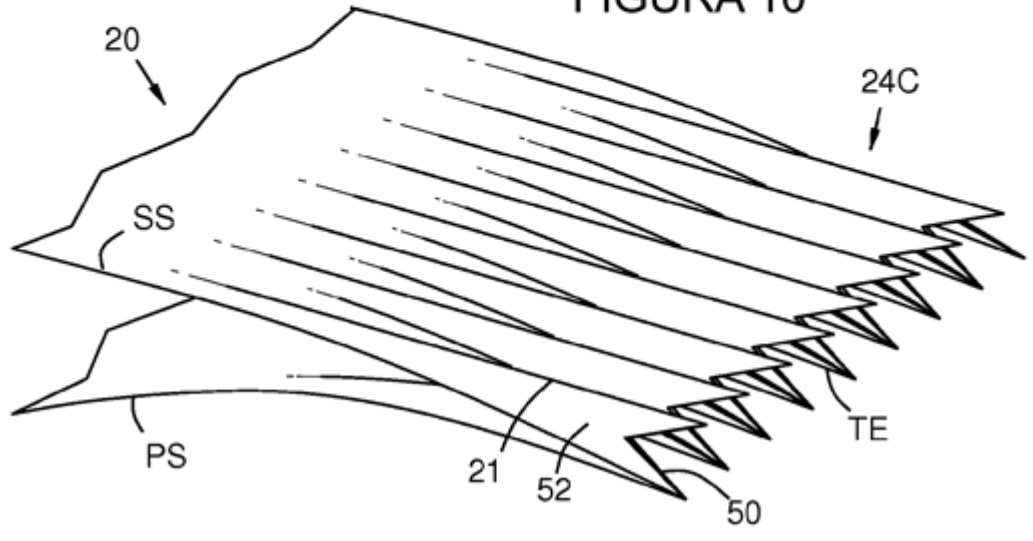


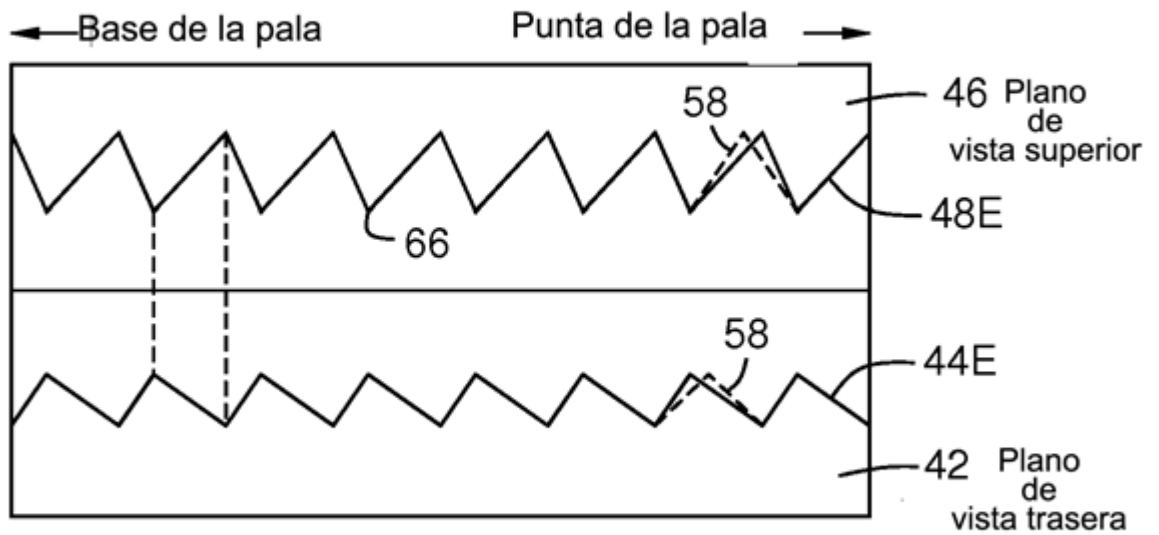
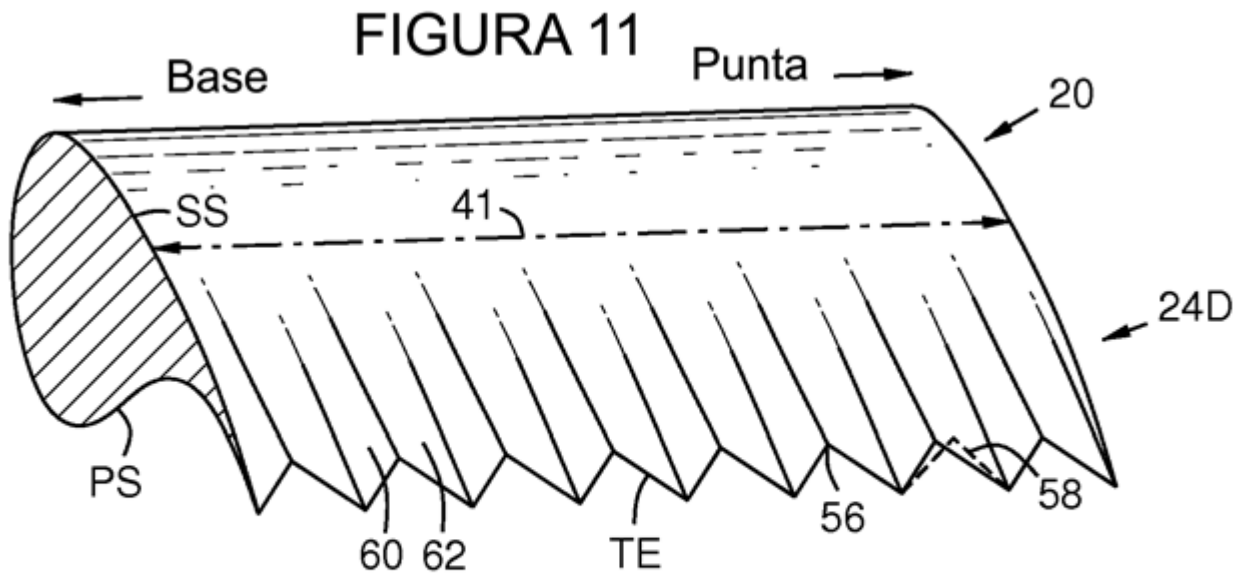
FIGURA 9



Plano de proyección de vista trasera

FIGURA 10





**FIGURA 12**