

19

OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 514 990**

21 Número de solicitud: 201201047

51 Int. Cl.:

F03D 1/04 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

17.10.2012

43 Fecha de publicación de la solicitud:

28.10.2014

71 Solicitantes:

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA (50.0%)
Pabellón de Gobierno, Avda. de los Castros s/n
39005 Santander (Cantabria) ES y
UNIVERSIDAD DE OVIEDO (50.0%)

72 Inventor/es:

ALONSO ESTÉBANEZ, Alejandro;
CASTRO FRESNO, Daniel;
PASCUAL MUÑOZ, Pablo;
DEL COZ DÍAZ, Juan José y
ÁLVAREZ RABANAL, Felipe Pedro

74 Agente/Representante:

PAZOS CARRO, Ángel54 Título: **Sistema de aceleración del flujo del aire para aerogeneradores**

57 Resumen:

Dispositivo de aceleración del flujo de aire de entrada a un aerogenerador (11, 21, 31, 41, 51, 61), que comprende un difusor (12, 22, 32, 42, 52, 62) configurado para albergar un aerogenerador (11, 21, 31, 41, 51, 61) sustancialmente a la entrada de dicho difusor (12, 22, 32, 42, 52, 62) en la dirección del flujo del aire. Las superficies exterior (13, 23, 33, 43, 53, 63) e interior (14, 24, 34, 44, 54, 64) de dicho difusor (12, 22, 32, 42, 52, 62) presentan una pluralidad de hendiduras (15, 25, 35, 45, 55, 65) configuradas para transformar la capa límite laminar generada respectivamente en cada una de dichas superficies en capa límite turbulenta.

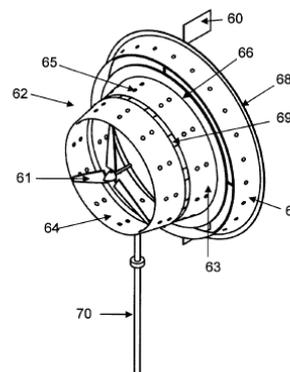


Figura 6

DESCRIPCIÓN

SISTEMA DE ACELERACIÓN DEL FLUJO DEL AIRE PARA AEROGENERADORES

CAMPO DE LA INVENCIÓN

5

La presente invención pertenece al campo de la energía minieólica y, más concretamente, a dispositivos aceleradores de flujo empleados para optimizar las prestaciones de los aerogeneradores.

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

15

Las tecnologías asociadas al sector eólico han experimentado un fuerte desarrollo durante las últimas décadas debido, principalmente, a la extinción de las fuentes de recursos empleados en otros procesos de generación de energía eléctrica (combustibles fósiles) y, a los efectos negativos derivados de su explotación industrial, como es la emisión de gases de efecto invernadero.

20

En la actualidad, la mayor parte de los aerogeneradores se implantan en aquellos lugares donde es posible alcanzar elevados rangos de velocidades de viento y en donde los niveles de turbulencia originados por la superficie terrestre afectan en menor medida al rendimiento de las turbinas. Una ubicación habitual para la instalación de aerogeneradores son las cumbres de las montañas, ya que es donde se produce un incremento de la velocidad del aire debido al efecto de las pendientes ascendentes (*G. T. Bitsuamlak; T. Stathopoulos, F. ASCE; and C. Bédard. 2004, Numerical Evaluation of Wind Flow over Complex Terrain: Review*). Además, el rotor de las máquinas se sitúa a una altura elevada respecto del suelo para minimizar la afección de las turbulencias originadas en las zonas próximas al suelo, debido a su rugosidad y a la viscosidad del aire.

25

Sin embargo, en la mayor parte de la superficie terrestre no se presentan las condiciones óptimas para el aprovechamiento energético mediante aerogeneradores. En el caso de ubicar los aerogeneradores en zonas próximas a la superficie terrestre, es decir, con una torre de apoyo pequeña, o en un entorno urbano, las velocidades del viento suelen ser inferiores a las necesarias para rentabilizar la instalación.

Como consecuencia de esta ineficiencia energética, desde la década de los 70 se ha impulsado el desarrollo de una serie de dispositivos que, instalados en los aerogeneradores, mejoran sus coeficientes de potencia mediante la aceleración del fluido y reducción de los niveles de turbulencia en la zona de ubicación del rotor de dichos aerogeneradores.

Existen diferentes mecanismos para acelerar el flujo de aire a la entrada de un aerogenerador. El documento US 7018166 B2 describe un dispositivo en el que el flujo de aire acelerado en el exterior de un difusor impulsa el rotor de un aerogenerador situado en la salida del mismo, el cual está encargado de inducir una corriente de succión en el interior del difusor. Dicha corriente impulsa a su vez otro rotor ubicado en la entrada de aire, siendo dicho rotor el encargado de transformar la energía cinética del aire en energía mecánica. Sin embargo, la estela generada por el primer rotor que encuentra el fluido en su recorrido a través del interior del difusor afecta, negativamente, al movimiento del rotor situado en la salida del difusor, encargado de generar la corriente de succión.

El documento US 2009/0280008 A1 fundamenta la aceleración del flujo de aire en la zona de ubicación del rotor del aerogenerador mediante dos flujos de aire que recorren, a velocidades elevadas, la pared exterior del difusor y la pared interior de un tubo. Estos flujos ejercen un arrastre por succión sobre el flujo de aire que finalmente impulsa el rotor, mejorando el coeficiente de potencia con respecto a un aerogenerador sin ningún dispositivo de aceleración de flujo. Además, se sitúa, en el lado a barlovento del rotor, una entrada de aire con sección convergente en la dirección del flujo, es decir, una tobera. Sin embargo, esta entrada recorta parte de la superficie de oposición al viento de

las palas en la parte más alejada al eje, reduciendo el coeficiente de potencia del rotor. Además, la sección convergente en la dirección del flujo (tobera) resulta menos eficaz que una sección divergente (difusor).

5 El documento US 2011/0037268 A1, además de acelerar el flujo mediante la utilización de difusores, emplea generadores de vórtices cuya función es evitar o retrasar el desprendimiento de la capa límite originada en las superficies exteriores e interiores de los difusores. Se utilizan dos aerogeneradores coaxiales ubicados consecutivamente en la dirección de flujo. Sin embargo, el aerogenerador situado en
10 segundo lugar en el recorrido del flujo del aire, bloquea la salida de aire del aerogenerador situado aguas arriba, frenando el fluido que impulsa este aerogenerador. Además, el segundo aerogenerador en la trayectoria del fluido no funciona en condiciones óptimas, debido a los regímenes turbulentos asociados a la estela del aerogenerador ubicado aguas arriba. Por lo tanto, ambos generadores alcanzan
15 coeficientes de potencia inferiores a los alcanzados si el dispositivo sólo estuviese conformado por un único aerogenerador.

El efecto venturi es un mecanismo de aceleración del fluido mediante la disminución de la sección transversal a la dirección del flujo, manteniendo el flujo de masa
20 constante. El documento US 4320304 basa su funcionamiento en este efecto, y en él se describe un modelo con un difusor a la salida del rotor de un aerogenerador. Sin embargo, el ángulo de apertura comprendido entre cualquiera de los planos tangentes a la superficie del difusor y su eje longitudinal está limitado a 7° debido a que para ángulos superiores se presenta desprendimiento de la capa límite generada en la pared
25 interior del difusor, afectando negativamente al rendimiento del aerogenerador.

El documento US 4684316 utiliza tres difusores coaxiales para originar un incremento de la velocidad en la zona de ubicación del rotor del aerogenerador mediante la generación de una región de bajas presiones a la salida del dispositivo. Dicha región de
30 bajas presiones se produce como consecuencia de la aceleración experimentada por el flujo de aire, al circular por los espacios dejados entre los difusores ubicados

coaxialmente. Sin embargo, su principal limitación es que, debido a la ubicación del rotor de la turbina, el flujo sólo incide directamente sobre la superficie de las palas más próximas al eje. Además, las superficies de las palas más alejadas del eje se encuentran tapadas por el difusor situado en su entrada de aire, causando una disminución del par de rotación y a su vez de la potencia generada.

El documento US 4720640 tiene un principio de funcionamiento similar al de la anterior, pero para un único difusor, presentando su principal diferencia en el rotor del aerogenerador. Dicho rotor consta de un anillo exterior unido a los extremos de las palas, el cual evita los vórtices originados en los extremos de las palas que reducen el rendimiento de la máquina, e incrementa el peso del motor, siendo su principal consecuencia el aumento de la velocidad de viento necesaria para que el rotor comience a girar. Además, el difusor no presenta ningún sistema para mantener la capa límite pegada a la superficie interior del mismo. Por lo tanto, algunos de los perfiles de los difusores cuyos ángulos de inclinación con respecto a la horizontal son elevados, presentan desprendimiento de la capa límite en la superficie interior del difusor próxima a su salida, de tal forma que el coeficiente de potencia de la turbina disminuye.

La solicitud de patente internacional WO 00/55440 presenta el mismo principio de funcionamiento que las patentes descritas en los casos anteriores para lograr un incremento del coeficiente de potencia de un aerogenerador. Sin embargo, una de las desventajas del difusor son sus elevadas dimensiones, ya que implican una serie de consecuencias tales como: un incremento del coste de la estructura, la necesidad de mejorar la resistencia de la estructura para soportar cargas aerodinámicas mayores y un mayor impacto visual siendo difícil su ubicación en entornos urbanos.

Mediante la incorporación de un bisel en el exterior del difusor, ubicado próximo a su salida, también se puede crear una región de bajas presiones en torno a la salida del difusor. Dicho mecanismo se aplica en el dispositivo de la patente americana US 6756696 B2, en el que el fluido que recorre el exterior del difusor a una elevada velocidad impacta contra el bisel exterior, generando una región turbulenta de bajas

presiones en el lado a sotavento del bisel. Este dispositivo no aplica ningún mecanismo de control de desprendimiento de capa límite, lo que puede derivar en un desprendimiento de la misma desde las paredes interiores del difusor, y una consecuente pérdida de rendimiento de la turbina.

5

El documento US 4075500, describe un dispositivo cuyo cometido es acelerar el flujo en el interior del difusor comprendido en el mismo, mediante la generación de una región de bajas presiones en la salida del mismo. El fluido circulando por el exterior del difusor experimenta una aceleración en su recorrido hasta la salida, originando una zona de bajas presiones en torno a la misma y, consecuentemente ejerciendo una succión sobre el aire próximo a la entrada del difusor. De este modo, el fluido experimenta una aceleración en la región interior del difusor, cercana a su entrada de aire, y por lo tanto se incrementa la potencia eléctrica generada en la máquina. Además, el difusor presenta una serie de orificios en su superficie, formando una circunferencia, mediante los cuales se permite la entrada de flujo exterior al interior del difusor, produciéndose una aportación energética sobre la capa límite formada en la superficie interior del difusor y, consecuentemente evitando o retrasando el desprendimiento de la misma.

10

15

20

Sin embargo, la ubicación de las guías del estator, en el lado a barlovento del rotor, resulta más un inconveniente que una ventaja, ya que la estela generada por las mismas disminuye el coeficiente de potencia de la turbina. Además, el sistema de control para la segunda guía representa un consumo de energía eléctrica que disminuye el balance energético de la máquina. Por último, los orificios que presenta el difusor disminuyen el flujo de aire que alcanza la salida del difusor al recorrer la superficie exterior del mismo, ya que parte del fluido que recorre la superficie externa del difusor pasa al interior del mismo. Como consecuencia, la región de bajas presiones generada en la salida del difusor ejerce un menor efecto de succión, disminuyendo a su vez el flujo de aire a la entrada del difusor.

25

30

RESUMEN DE LA INVENCION

La presente invención trata de resolver los inconvenientes mencionados anteriormente mediante un sistema de aceleración del flujo de aire para aerogeneradores que permite
5 incrementar el flujo de entrada de aire a un aerogenerador, y consecuentemente mejorar su coeficiente de potencia.

Concretamente, en un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un dispositivo de aceleración del flujo de aire de entrada a un aerogenerador, que
10 comprende un difusor configurado para albergar un aerogenerador sustancialmente a la entrada de dicho difusor en la dirección del flujo del aire. Las superficies exterior e interior de dicho difusor presentan una pluralidad de hendiduras configuradas para transformar la capa límite laminar generada respectivamente en cada una de dichas superficies en capa límite turbulenta.

15 En una posible realización, la superficie exterior del difusor comprende una pluralidad de placas configuradas para proteger al dispositivo.

En una posible realización, el extremo de mayor sección del difusor comprende un
20 bisel configurado para, durante el uso del dispositivo, crear una región turbulenta de bajas presiones a la salida de dicho difusor, ejerciendo un efecto de succión sobre el aire presente en torno a la entrada de dicho difusor, incrementando la velocidad del flujo de aire a la entrada.

25 Alternativamente, el extremo de mayor sección del difusor comprende al menos un aro coaxial configurado para, durante el uso del dispositivo, orientar el fluido de aire que alcanza el extremo de mayor sección del difusor hacia el interior de la salida del difusor, manteniéndose el flujo de aire sustancialmente en torno a la zona de mayor sección del difusor, ejerciendo un efecto de succión sobre el aire presente a la entrada
30 de dicho difusor e incrementando la velocidad del flujo de aire que alcanza el aerogenerador.

En una posible realización, en el extremo de mayor sección del difusor se sitúa al menos un segundo difusor.

5 En otra posible realización, el extremo de mayor sección de dicho al menos un segundo difusor comprende un bisel. Alternativamente, el extremo de mayor sección de dicho al menos un segundo difusor comprende al menos un aro coaxial.

10 En una posible realización, el dispositivo de la invención comprende un poste con medios de rodamiento, configurados para permitir el giro del dispositivo.

En una posible realización, en la parte de mayor sección del dispositivo se sitúa al menos una lámina configurada para girar el dispositivo.

Las ventajas de la invención se harán evidentes en la descripción siguiente.

15 **BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS**

20 Con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica del mismo, y para complementar esta descripción, se acompaña como parte integrante de la misma, un juego de dibujos, cuyo carácter es ilustrativo y no limitativo. En estos dibujos:

La figura 1 muestra un esquema de un dispositivo de acuerdo con una primera realización de la invención.

25 La figura 2 muestra un esquema de un dispositivo de acuerdo con una segunda realización de la invención.

La figura 3 muestra un esquema de un dispositivo de acuerdo con una tercera realización de la invención.

30

La figura 4 muestra un esquema de un dispositivo de acuerdo con una cuarta realización de la invención.

5 La figura 5 muestra un esquema de un dispositivo de acuerdo con una quinta realización de la invención.

La figura 6 muestra un esquema de un dispositivo de acuerdo con una sexta realización de la invención.

10 La figura 7 muestra una vista lateral de un esquema de un dispositivo de acuerdo con una realización de la invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

15 En este texto, el término “comprende” y sus variantes no deben entenderse en un sentido excluyente, es decir, estos términos no pretenden excluir otras características técnicas, aditivos, componentes o pasos.

20 Además, los términos “aproximadamente”, “sustancialmente”, “alrededor de”, “unos”, etc. deben entenderse como indicando valores próximos a los que dichos términos acompañen, ya que por errores de cálculo o de medida, resulte imposible conseguir esos valores con total exactitud.

25 Además, se entiende por capa límite, la zona donde el movimiento de un fluido es perturbado por la presencia de un sólido con el que dicho fluido está en contacto. En el contexto de la presente invención, se refiere a la región de fluido comprendida entre la zona de contacto directo con las superficies interior y exterior de los difusores utilizados, donde la velocidad del fluido es cero, hasta la distancia
30 perpendicular con respecto a dichas superficies donde la velocidad del fluido es igual al 0.9 de la velocidad de la corriente no perturbada. La capa límite puede ser laminar o turbulenta en función del régimen del fluido. En un flujo laminar el fluido se

mueve en laminas paralelas sin entremezclarse. Sin embargo el flujo turbulento se caracteriza por un movimiento caótico o aleatorio de las partículas del fluido.

5 Además, se entiende por número de Reynolds, el parámetro adimensional que describe el ratio entre las fuerzas de inercia debidas al movimiento del fluido y las fuerzas viscosas que se oponen al mismo. Se suele utilizar para caracterizar el movimiento de un fluido: los flujos turbulentos se presentan en números de Reynolds elevados y los flujos laminares en números de Reynolds bajos. La transición de un flujo laminar a turbulento sucede a un determinado número de Reynolds critico el cual depende del
10 tipo de aplicación.

Además, se entiende por bajas presiones, una región donde la presión estática absoluta del aire es inferior a la presión atmosférica.

15 Además, se entiende por altas presiones, una región donde la presión estática absoluta del aire es superior a la presión atmosférica.

Las características del aparato de la invención, así como las ventajas derivadas de las mismas, podrán comprenderse mejor con la siguiente descripción, hecha con referencia
20 a los dibujos antes enumerados.

Las siguientes realizaciones preferidas se proporcionan a modo de ilustración, y no se pretende que sean limitativos de la presente invención. Además, la presente invención cubre todas las posibles combinaciones de realizaciones particulares y preferidas aquí
25 indicadas. Para los expertos en la materia, otros objetos, ventajas y características de la invención se desprenderán en parte de la descripción y en parte de la práctica de la invención.

A continuación se describe una configuración mínima del dispositivo de la invención
30 para el incremento del flujo de entrada de aire a un aerogenerador, de acuerdo con el esquema del mismo de la figura 1.

El dispositivo de la figura 1 comprende un difusor 12, encargado de incrementar la velocidad del viento en su interior con respecto a la velocidad del viento aguas arriba sin perturbar. Preferentemente el difusor 12 tiene forma de cono truncado.

5 Dicho difusor 12 está configurado para albergar un aerogenerador 11 sustancialmente en su entrada en la dirección del flujo del aire, que en el caso de un difusor es el extremo del difusor de menor sección. Nótese que el elemento 11 referido como “aerogenerador” es en realidad una parte del mismo, más concretamente el rotor de un aerogenerador. En cualquier caso, el aerogenerador y sus partes quedan fuera del
10 alcance de la invención.

Las superficies exterior 13 e interior 14 de dicho difusor 12 presentan una pluralidad de hendiduras 15. Gracias a estas hendiduras 15, se consigue transformar la capa límite laminar generada respectivamente en cada una de dichas superficies 13, 14 en capa
15 límite turbulenta, mediante la reducción del número de Reynolds crítico. En una posible realización, las hendiduras 15 de la primera mitad de la generatriz del difusor 12 en la dirección del flujo de aire, no se encuentran alineadas con las hendiduras 15 de la segunda mitad de la generatriz, con el fin de extender la superficie circular afectada por la capa límite en régimen turbulento en la segunda mitad.

20 Un experto en la materia entenderá que la zona de desprendimiento de la capa límite turbulenta en su recorrido por el interior del difusor desde la entrada, se retrasa, es decir se produce a mayor distancia respecto a la entrada de aire al difusor, con respecto al caso de una capa límite laminar, debido a que la capa límite turbulenta resulta más
25 energética.

Este retraso en el desprendimiento de la capa límite, gracias a la pluralidad de hendiduras 15 que transforman la capa límite laminar en capa límite turbulenta, permite diseñar el difusor 12 con un ángulo de apertura entre cualquiera de los planos tangentes
30 a las superficies exterior 13 e interior 14 del difusor 12 y el eje longitudinal del difusor

12, mayor que dicho ángulo en el caso de no conseguir dicho retraso en el desprendimiento de la capa límite.

5 Las corrientes de aire que recorren la superficie exterior de un difusor en su extremo de mayor sección, siempre fluyen a una mayor velocidad con respecto a su extremo de menor sección, produciendo una región de bajas presiones en el extremo de mayor sección. Esto es debido a un estrechamiento de la sección virtual transversal a las líneas de flujo, causado por la superficie exterior del difusor que comprime las líneas de flujo en su recorrido.

10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65
70
75
80
85
90
95
100
105
110
115
120
125
130
135
140
145
150
155
160
165
170
175
180
185
190
195
200
205
210
215
220
225
230
235
240
245
250
255
260
265
270
275
280
285
290
295
300
305
310
315
320
325
330
335
340
345
350
355
360
365
370
375
380
385
390
395
400
405
410
415
420
425
430
435
440
445
450
455
460
465
470
475
480
485
490
495
500

Cuanto mayor es el ángulo de apertura entre cualquiera de los planos tangentes a las superficies exterior 13 e interior 14 del difusor 12 y el propio eje longitudinal del difusor 12, mayor es la velocidad máxima alcanzada por el flujo de aire al recorrer la superficie exterior 13 del difusor 12 y por tanto mayor es la diferencia entre las velocidades de flujo entre los extremos del difusor 12, lo cual, incrementa el efecto de succión ejercido por la región de bajas presiones a la salida del difusor 12 y como consecuencia se aumenta el flujo de aire a la entrada del difusor 12. Sin embargo, un incremento de dicho ángulo puede anticipar el desprendimiento de la capa límite en la superficie interior 14 del difusor 12, en su recorrido a lo largo de dicha superficie, disminuyendo el efecto de succión. Por lo tanto, es necesario buscar un equilibrio, de forma que se aumente dicho ángulo sin en ningún caso provocar el desprendimiento de la capa límite.

En una posible realización, dicho ángulo varía dentro del rango comprendido entre aproximadamente 5 grados y 35 grados, siendo preferentemente de unos 10 grados.

La longitud del difusor 12 debe estar en los márgenes convencionales de los difusores de minieólica. En una realización particular, la longitud del difusor 12 varía dentro del rango comprendido entre aproximadamente 0.4 metros y 0.8 metros, siendo preferentemente de 0.6 metros.

Un experto en la materia entenderá que un incremento de la longitud del difusor 12, supone un incremento de la velocidad del flujo de aire al recorrer la superficie exterior 13 y por lo tanto resulta beneficioso para la eficiencia del sistema. Sin embargo, por otro lado, un incremento de la distancia entre la región de bajas presiones en el extremo de mayor sección del difusor 12 y el extremo de menor sección del mismo reduce la intensidad de la succión ejercida sobre el aire en el extremo de menor sección. En consecuencia se debe adoptar una solución de compromiso con respecto a la longitud del difusor 12.

Además, en una posible realización, el ratio de las secciones de entrada y salida del difusor 12 varía dentro del rango comprendido entre aproximadamente 1.14 y 4.49, siendo preferentemente de 1.46

Además, preferentemente el espacio entre la superficie interior 14 del difusor 12 y los extremos de las palas del aerogenerador 11 es inferior a aproximadamente 5 milímetros. Esto impide y reduce la generación de vórtices en los extremos de las palas, evitando la reducción del coeficiente de potencia del aerogenerador 11 y los ruidos, debido a que el aire no encuentra espacio suficiente para fluir de la región de altas presiones en uno de los lados de la pala a la región de bajas presiones en el otro.

Las siguientes figuras muestran realizaciones alternativas en las que el dispositivo incluye elementos opcionales que incrementan el flujo de aire de entrada al aerogenerador con respecto a la configuración mínima.

Como muestra la figura 2, opcionalmente, la superficie exterior 23 del difusor 22 comprende una pluralidad de placas 29 configuradas para proteger al dispositivo frente a velocidades de viento excesivas. Preferentemente dichas placas 29 se sitúan aproximadamente a la mitad de la generatriz de dicha superficie exterior 23. Dicha pluralidad de placas 29 se encuentran unidas a dicha superficie exterior 23 por un resorte y un eje de giro. En condiciones de viento suave, las placas 29 se quedan pegadas a la superficie exterior 23 del difusor 22, mediante la acción del resorte.

Sin embargo, la presencia de fuertes vientos genera una fuerza de succión sobre las placas 29, separándolas de la superficie exterior 23 del difusor 22, y desviando las líneas de corriente.

5 Cuando las placas 29 se quedan pegadas a la superficie exterior 23, las líneas de corriente fluyen paralelas a dicha superficie; sin embargo, cuando las placas 29 se separan de la superficie exterior 23, las líneas de corriente adquieren un nuevo ángulo con respecto a la superficie exterior 23 similar al ángulo de inclinación que forman las propias placas 29 con dicha superficie.

10 Este desvío de las líneas de corriente en presencia de fuertes vientos, provoca que dichas líneas se alejen del extremo de mayor sección del difusor 22, evitando que alcancen a gran velocidad dicho extremo y, por lo tanto, reduciendo el efecto de succión generado sobre la entrada del difusor 22. Como consecuencia, se evita una
15 excesiva aceleración de flujo a la entrada del aerogenerador 21 que pueda sobrecalentar el motor del aerogenerador 21 y dañarlo.

La figura 3 ilustra otra posible realización de la invención, que comprende un difusor 32 como el descrito en la figura 1. Además, el extremo de mayor sección del difusor 32
20 comprende un bisel 36, sobre el cual impacta directamente el flujo de aire que recorre la superficie exterior 33 de dicho difusor 32, creando una región turbulenta de bajas presiones a la salida de dicho difusor 32. Dicha región de bajas presiones ejerce un efecto de succión sobre el aire presente a la entrada del difusor 32, incrementando la
velocidad del flujo de aire que alcanza el aerogenerador 31.

25 Además, opcionalmente, se incluyen una pluralidad de placas 39, como las descritas en la figura 2, para proteger al dispositivo frente a velocidades de viento excesivas, evitando el impacto directo de las líneas de corriente contra el bisel 36.

30 La figura 4 ilustra una realización alternativa a la de la figura 3. En este caso, el extremo de mayor sección del difusor 42 comprende, en lugar de un bisel, al menos un

aro coaxial 46 al difusor 42, estando unidos dicho al menos un aro coaxial 46 y el difusor 42 mediante una chapa o soporte vertical.

5 Sobre dicho al menos un aro coaxial 46 impacta directamente el flujo de aire que recorre la superficie exterior 43 del difusor 42. La función principal de dicho al menos un aro coaxial 46 es orientar el fluido de aire que alcanza el extremo de mayor sección del difusor en el sentido ilustrado por las flechas de la figura 4, es decir, hacia el interior de la salida del difusor 42, manteniéndose el flujo de aire sustancialmente en torno a la zona de mayor sección del difusor, ejerciendo un efecto de succión sobre el
10 aire presente a la entrada de dicho difusor 42 e incrementando la velocidad del flujo de aire que alcanza el aerogenerador 41.

La figura 5 muestra otra posible realización de la invención, que comprende un difusor 52 como el descrito en la figura 1. Además, comprende un segundo difusor 57,
15 situado coaxialmente al primer difusor 54 y preferentemente unidos entre sí mediante unos tubos soldados. Ambos difusores deben situarse tal que el extremo de menor sección del segundo difusor 57 se ubica aguas arriba del extremo de mayor sección del primer difusor 52. En una posible realización, dicha distancia varía dentro del rango comprendido entre aproximadamente 0.02 metros y 0.08 metros.

20 En el extremo de mayor sección de dicho segundo difusor 57, las corrientes de aire presentes generan una región de bajas presiones, ejerciendo un efecto de succión sobre el aire presente en la entrada. Este efecto de succión en el extremo de menor sección del segundo difusor 57, produce un incremento en la velocidad del aire que rodea el extremo de mayor sección del primer difusor 52, y como consecuencia, se incrementa
25 el efecto de succión ejercido sobre el fluido que circula por el interior del primer difusor 52, incrementando el flujo a su entrada. Por lo tanto, el efecto de succión ejercido sobre el aire en torno al extremo de menor sección del primer difusor 52, es más intenso que el producido con un único difusor. Dicho segundo difusor 57 tiene
30 forma de cono truncado con perfil cóncavo.

En una posible realización, el ángulo β mostrado en la figura 7, que representa el ángulo comprendido entre el plano que contiene la sección de menor tamaño del segundo difusor 57 y el plano perpendicular a la superficie del difusor en la sección de mayor tamaño de dicho difusor 57, varía dentro del rango comprendido entre aproximadamente 20 y 40.

5

Además, en una posible realización, la longitud de dicho segundo difusor 57 varía dentro del rango comprendido entre aproximadamente 0.1 metros y 0.35 metros, siendo preferentemente de unos 0.22 metros.

10

Además, en una posible realización, la distancia comprendida entre el centro del arco que describe la superficie del segundo difusor 57, y la propia superficie de dicho difusor 57, representado por R en la figura 7, varía dentro del rango comprendido entre aproximadamente 0.3 metros y 0.55 metros.

15

Preferentemente, el primer difusor 52 comprende en su extremo de mayor sección un bisel 56, de tal forma que la región de bajas presiones en el extremo de mayor sección del primer difusor 52, no sólo es generada por el incremento en la velocidad de aire gracias al segundo difusor 57, sino además por las turbulencias causadas en el sotavento del bisel 56, tal y como se ha explicado anteriormente.

20

Alternativamente, el extremo de mayor sección del primer difusor 52 comprende, en lugar de un bisel 56, al menos un aro coaxial (no ilustrado) al difusor 52, cuyo funcionamiento y unión con dicho primer difusor 52 se ha explicado anteriormente.

25

Además, opcionalmente, la superficie exterior 53 de dicho primer difusor 52 comprende una pluralidad de placas 59 configuradas para proteger al dispositivo frente a velocidades de viento excesivas, cuyo funcionamiento y disposición se han explicado anteriormente.

30

Preferentemente, el segundo difusor 57 lleva un bisel 56, que potencia las ventajas del dispositivo. El bisel 56 genera una región turbulenta de bajas presiones en el

extremo de mayor sección del segundo difusor 57, que intensifica el efecto de succión producido sobre la región de aire en el extremo de menor sección de dicho difusor 57, en relación al caso de no emplear dicho bisel 56. Consecuentemente, la velocidad del flujo de aire en el extremo de menor sección de dicho difusor 57 es mayor y esto produce, presiones menores en el extremo de mayor sección del primer difusor 52 lo cual intensifica el efecto de succión sobre el flujo de aire en el interior de dicho difusor 52, y aumenta el flujo a la entrada del primer difusor 52.

Alternativamente, el extremo de mayor sección del segundo difusor 57 comprende, en lugar de un bisel 56, al menos un aro coaxial (no ilustrado) al difusor 52, estando unidos dicho al menos un aro coaxial y el difusor 57 mediante una chapa o soporte vertical. La función principal de dicho al menos un aro coaxial se ha explicado anteriormente.

Opcionalmente, y al igual que el primer difusor 52, el segundo difusor 57 presenta una pluralidad de hendiduras (no ilustrado), las cuales incrementan el efecto de succión y mejoran la eficacia de este segundo difusor 57.

Opcionalmente, se pueden situar más difusores a continuación, lo cual incrementa la aceleración del flujo de aire a la entrada del primer difusor 52. En dicho caso, preferentemente se incluye además un motor para permitir orientar el sistema en la dirección predominante de viento.

La figura 6 muestra otra posible realización de la invención, que comprende un difusor 62 como el descrito en las figura 1. Opcionalmente, dicho difusor comprende otros elementos descritos con anterioridad como son una pluralidad de placas 69 y un bisel 66 en el extremo de mayor sección. Además, opcionalmente, un segundo difusor 67 se sitúa coaxialmente al primer difusor 62. Dicho segundo difusor 67, opcionalmente, presenta un bisel 68 en su extremo de mayor sección, y se encuentra unido al primero mediante unos tubos soldados.

Opcionalmente, el dispositivo de la invención comprende un poste 70 con medios de rodamientos, configurados para permitir el giro del dispositivo. Preferentemente, dicho poste 70 se encuentra soldado a la parte inferior del primer difusor 62. Alternativamente, un soporte (no ilustrado) se encuentra unido al primer difusor mediante una soldadura donde anclar el poste.

Además, opcionalmente, el dispositivo de la invención comprende, en su extremo de mayor sección, al menos una lámina de auto orientación hacia el viento 60, unida por su parte inferior a dicho extremo, y configurada para girar el dispositivo en torno al poste mediante el sistema de rodamientos. Al impactar el viento contra dicha al menos una lámina 60, el dispositivo gira en torno a dicho poste 70 mediante el sistema de rodamientos. Preferentemente, la forma de dicha al menos una lámina 60 es rectangular.

Al incrementar la superficie de dicha al menos una lámina 60, el par de giro respecto al poste 70 es mayor, lo cual implica que la orientación del dispositivo es factible para valores del modulo de la velocidad de viento inferiores y su orientación es más rápida ante un cambio repentino de la dirección de viento predominante. La superficie debe ser lo suficientemente grande para que ejerza la oposición necesaria al viento y sea capaz de orientar el dispositivo adecuadamente.

Los materiales de los que puede estar formado dicho dispositivo, a excepción del poste 70 en cuyo caso se utilizará una aleación de acero, son aquellos materiales que se caracterizan por ser poco flexibles, ligeros y resistentes, como por ejemplo aleaciones de aluminio, fibra de vidrio reforzada con resina poliéster, fibra de vidrio reforzada con resina epoxi, fibra de carbono o aramidas y materiales compuestos (madera, madera-epoxi, madero-fibra-epoxi).

El dispositivo de la invención soluciona los inconvenientes detectados en el estado actual de la técnica, y es adecuado para su uso en el sector de la energía minieólica, siendo útil para aumentar el flujo de aire a la entrada de un

aerogenerador.

Ejemplos

5 A continuación se muestra un ejemplo concreto de realización de la invención y los resultados obtenidos.

Se ha simulado un dispositivo que comprende un difusor, encargado de acelerar el flujo de aire en su interior y cuya forma es de cono truncado. Dicho difusor está configurado para, en su extremo de menor sección, albergar un aerogenerador.

Las superficies exterior e interior de dicho difusor presentan 24 hendiduras en total (12 hendiduras la superficie exterior y 12 hendiduras la superficie interior) configuradas para transformar la capa límite laminar generada respectivamente en cada una de dichas superficies en capa límite turbulenta. Las hendiduras aplicadas sobre la primera mitad de la generatriz del difusor en la dirección del flujo de aire, no se encuentran alineadas con las hendiduras aplicadas en la segunda mitad de la generatriz, con el fin de extender la superficie circular afectada por la capa límite en régimen turbulento en la segunda mitad.

20 El diámetro de entrada y de salida del difusor es de 1000 mm y 1200 mm respectivamente, y la longitud del difusor es de 600 mm.

Además, el espacio entre la superficie interior del difusor y los extremos de las palas del aerogenerador es de aproximadamente 5 milímetros.

La superficie exterior del difusor comprende a la mitad de la generatriz de dicha superficie exterior, 12 placas configuradas para proteger al dispositivo frente a velocidades de viento excesivas. Dichas placas se encuentran unidas a dicha superficie por un resorte y un eje de giro, siendo el ángulo de apertura máxima de las placas con respecto al eje longitudinal del difusor de 40°. Además, dichas 12 placas se encuentran

alineadas con las hendiduras aplicadas sobre la segunda mitad en la dirección del flujo del aire de la generatriz de la superficie exterior del difusor, de tal forma que el flujo de aire que circula entre las distintas placas no pasa por una zona con hendiduras. Dichas placas se separan de la superficie del difusor en condiciones de velocidades de viento
5 excesivas.

El extremo de mayor sección del difusor comprende un bisel, sobre el cual impacta directamente el flujo de aire que recorre la superficie exterior de dicho difusor, creando una región turbulenta de bajas presiones a la salida del difusor.

10 En el extremo de mayor sección del difusor se sitúa coaxialmente un segundo difusor, con mayores diámetros de entrada y de salida que el primer difusor, el cual incrementa el flujo de aire a través del espacio comprendido entre la superficie interior de dicho difusor y el bisel del primer difusor. Los dos difusores se encuentran
15 unidos mediante unos tubos soldados.

La distancia horizontal entre la entrada del primer difusor y la entrada del segundo difusor en la dirección del flujo de aire es de 560 mm, y el diámetro de entrada y de salida del segundo difusor es de 1560 mm y 1700 mm respectivamente. Además, la
20 entrada del segundo difusor se sitúa a una distancia horizontal de 0.05m aguas arriba de la salida del primer difusor.

Dicho segundo difusor es un cono truncado con perfil cóncavo, cuya sección transversal es divergente en la dirección del flujo de aire.

25 La longitud de dicho segundo difusor es de 0.22 metros. Dicho segundo difusor lleva un bisel, que potencia las ventajas del dispositivo.

El dispositivo comprende un poste con medios de rodamientos que permiten el giro
30 del dispositivo. Dicho poste se encuentra soldado a la parte inferior del primer difusor. Además, el dispositivo comprende dos láminas de auto orientación hacia el

viento, que se encuentran unidas por su parte inferior al lado de sotavento del bisel del segundo difusor, configuradas para girar el dispositivo en torno al poste mediante el sistema de rodamientos. Dichas láminas son de forma rectangular, de dimensiones 200 mm x 300 mm.

5

Alternativamente al bisel, en una segunda realización, en el extremo de mayor sección del primer difusor se sitúan tres aros coaxiales al difusor, estando unidos dichos tres aros y el difusor mediante una chapa o soporte vertical. Sobre los 3 aros coaxiales impacta directamente el flujo de aire que recorre la superficie exterior de dicho difusor.

10

El ángulo de inclinación de los aros coaxiales con respecto al eje longitudinal del difusor es de 30°, y la distancia mínima de separación entre los tres aros superpuestos es de 23 mm.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo de aceleración del flujo de aire de entrada a un aerogenerador (11, 21, 31, 41, 51, 61), que comprende un difusor (12, 22, 32, 42, 52, 62) configurado para albergar un aerogenerador (11, 21, 31, 41, 51, 61) sustancialmente a la entrada de dicho difusor (12, 22, 32, 42, 52, 62) en la dirección del flujo del aire, estando el dispositivo caracterizado por que las superficies exterior (13, 23, 33, 43, 53, 63) e interior (14, 24, 34, 44, 54, 64) de dicho difusor (12, 22, 32, 42, 52, 62) presentan una pluralidad de hendiduras (15, 25, 35, 45, 55, 65) configuradas para transformar la capa límite laminar generada respectivamente en cada una de dichas superficies en capa límite turbulenta.
- 10
2. El dispositivo de la reivindicación 1, donde la superficie exterior del difusor (12, 22, 32, 42, 52, 62) comprende una pluralidad de placas (29, 39, 49, 59, 69) configuradas para proteger al dispositivo.
- 15
3. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el extremo de mayor sección del difusor (12, 22, 32, 42, 52, 62) comprende un bisel (36, 56, 66) configurado para, durante el uso del dispositivo, crear una región turbulenta de bajas presiones a la salida de dicho difusor (12, 22, 32, 42, 52, 62), ejerciendo un efecto de succión sobre el aire presente en torno a la entrada de dicho difusor (12, 22, 32, 42, 52, 62), incrementando la velocidad del flujo de aire a la entrada.
- 20
4. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, donde el extremo de mayor sección del difusor (12, 22, 32, 42, 52, 62) comprende al menos un aro coaxial (46) configurado para, durante el uso del dispositivo, orientar el fluido de aire que alcanza el extremo de mayor sección del difusor (12, 22, 32, 42, 52, 62) hacia el interior de la salida del difusor (12, 22, 32, 42, 52, 62), manteniéndose el flujo de aire sustancialmente en torno a la zona de mayor sección del difusor (12, 22, 32, 42, 52, 62), ejerciendo un efecto de succión sobre el aire presente a la entrada de dicho difusor (12, 22, 32, 42, 52, 62) e incrementando la velocidad del flujo de aire que alcanza el aerogenerador (11, 21, 31, 41, 51, 61).
- 25
- 30

5. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde en el extremo de mayor sección del difusor (12, 22, 32, 42, 52, 62) se sitúa al menos un segundo difusor (57, 67).

5 6. El dispositivo de la reivindicación 5, donde el extremo de mayor sección de dicho al menos un segundo difusor (57, 67) comprende un bisel (58, 68).

7. El dispositivo de la reivindicación 5, donde el extremo de mayor sección de dicho al menos un segundo difusor (57, 67) comprende al menos un aro coaxial.

10 8. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un poste (70) con medios de rodamiento, configurados para permitir el giro del dispositivo.

15 9. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que en la parte de mayor sección del dispositivo se sitúa al menos una lámina (60) configurada para girar el dispositivo.

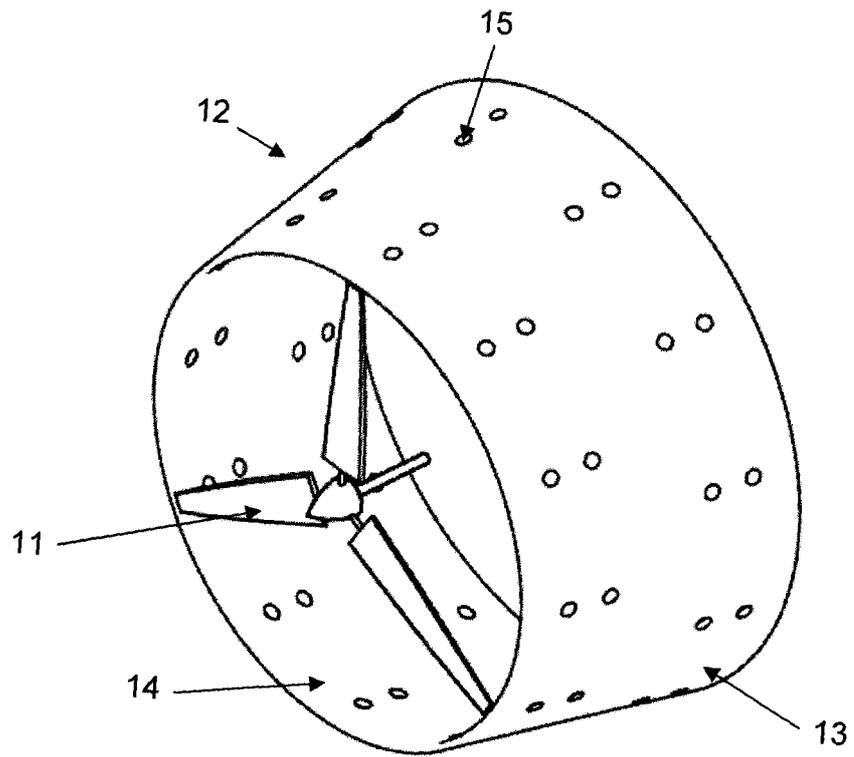


Figura 1

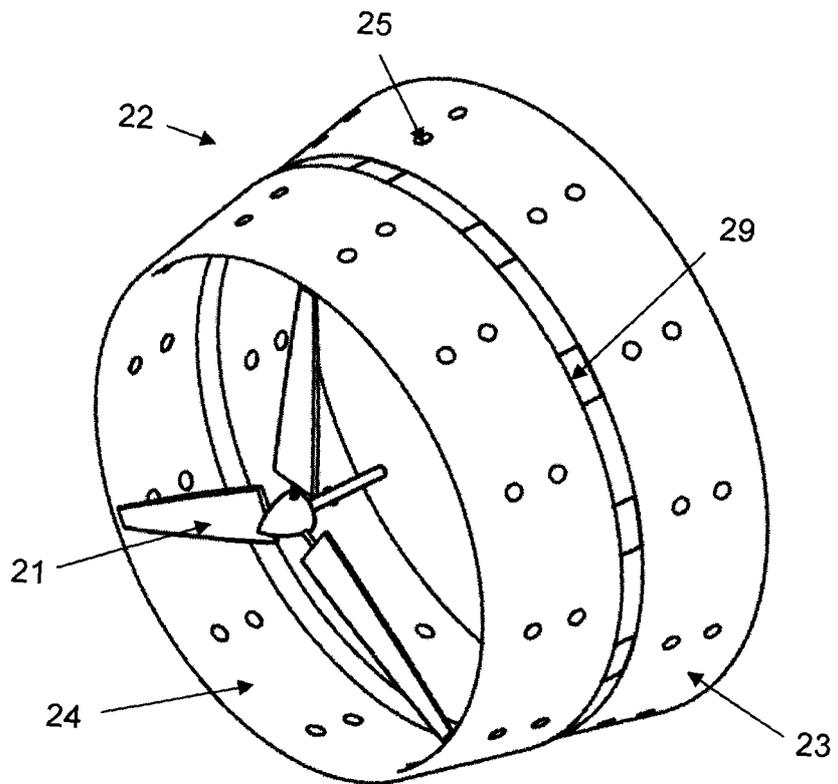


Figura 2

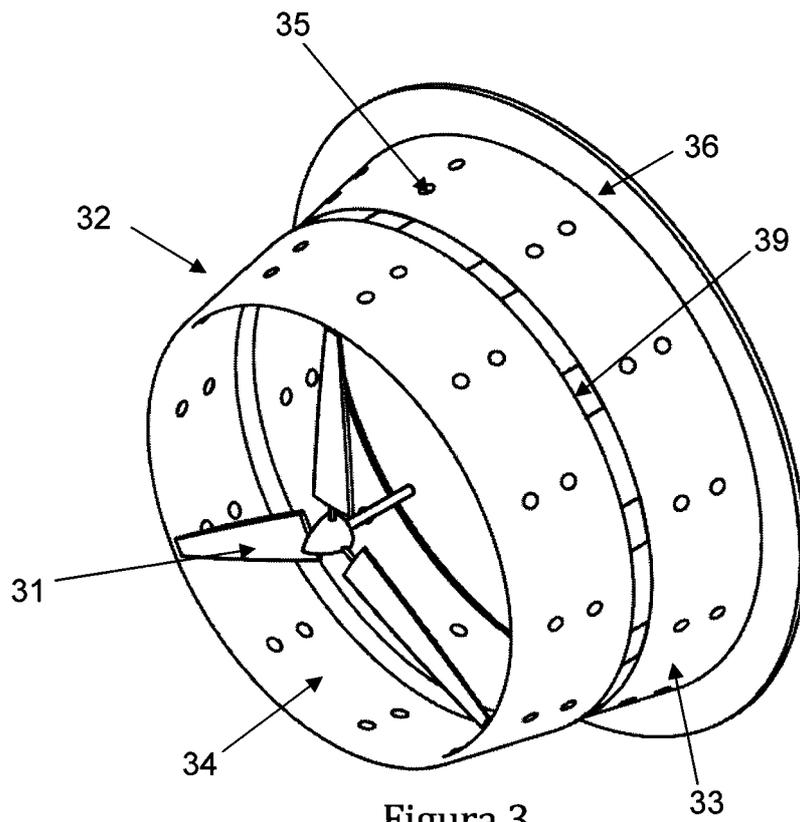


Figura 3

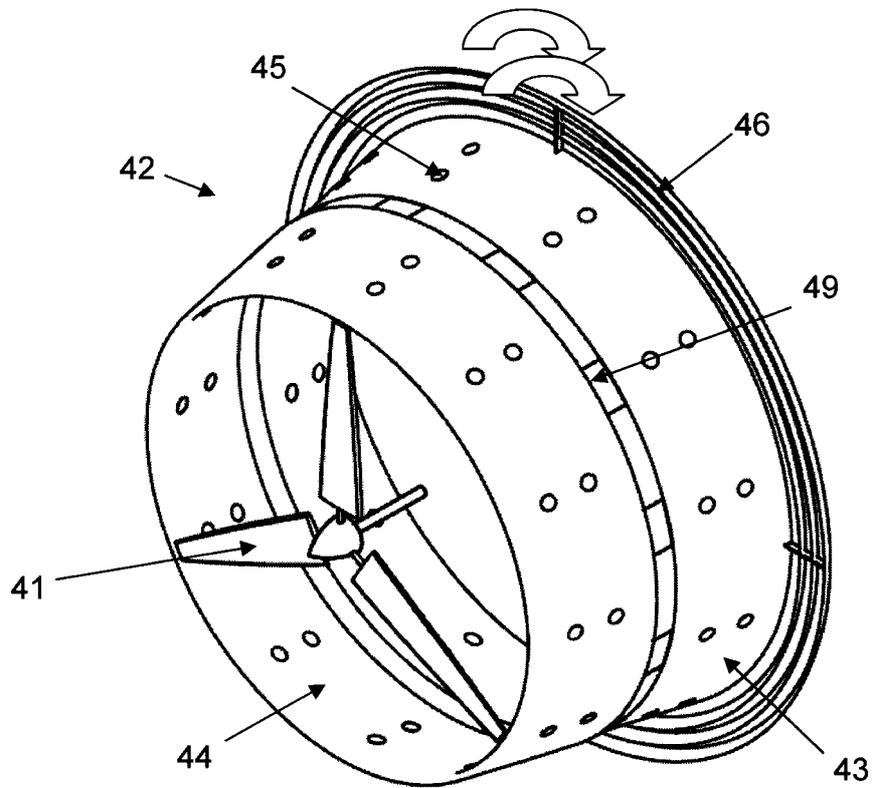


Figura 4

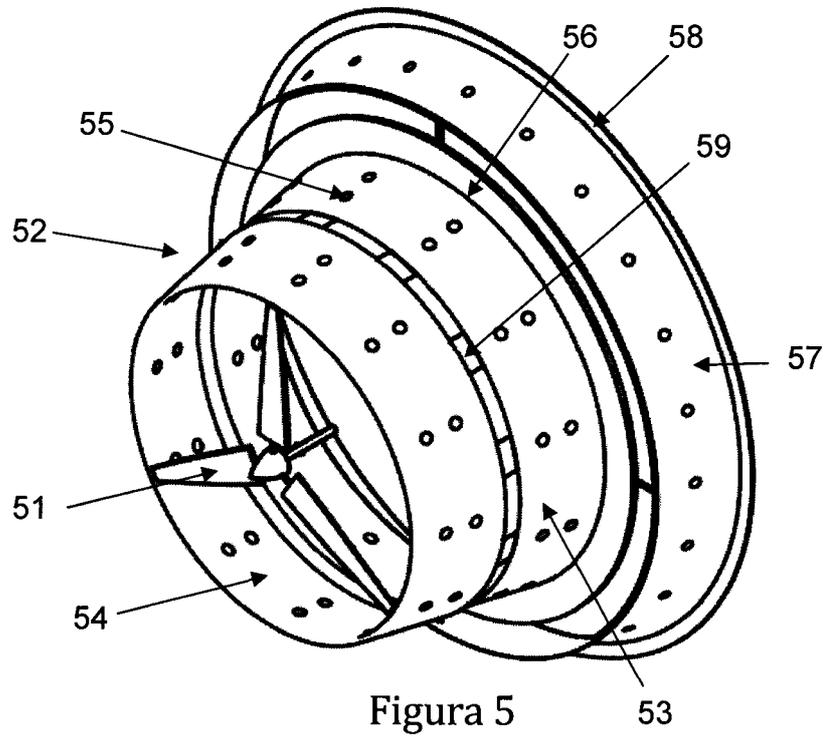


Figura 5

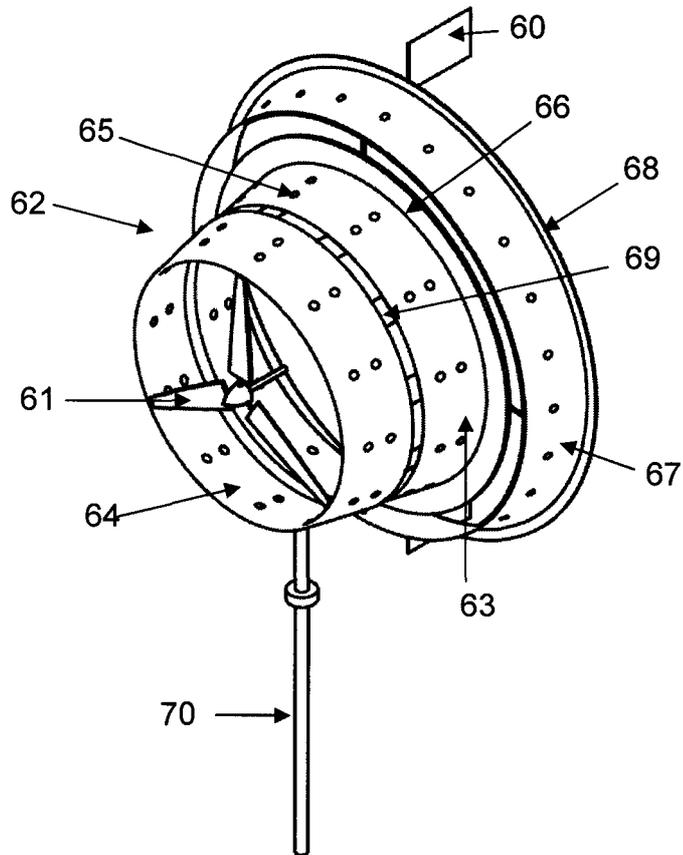


Figura 6

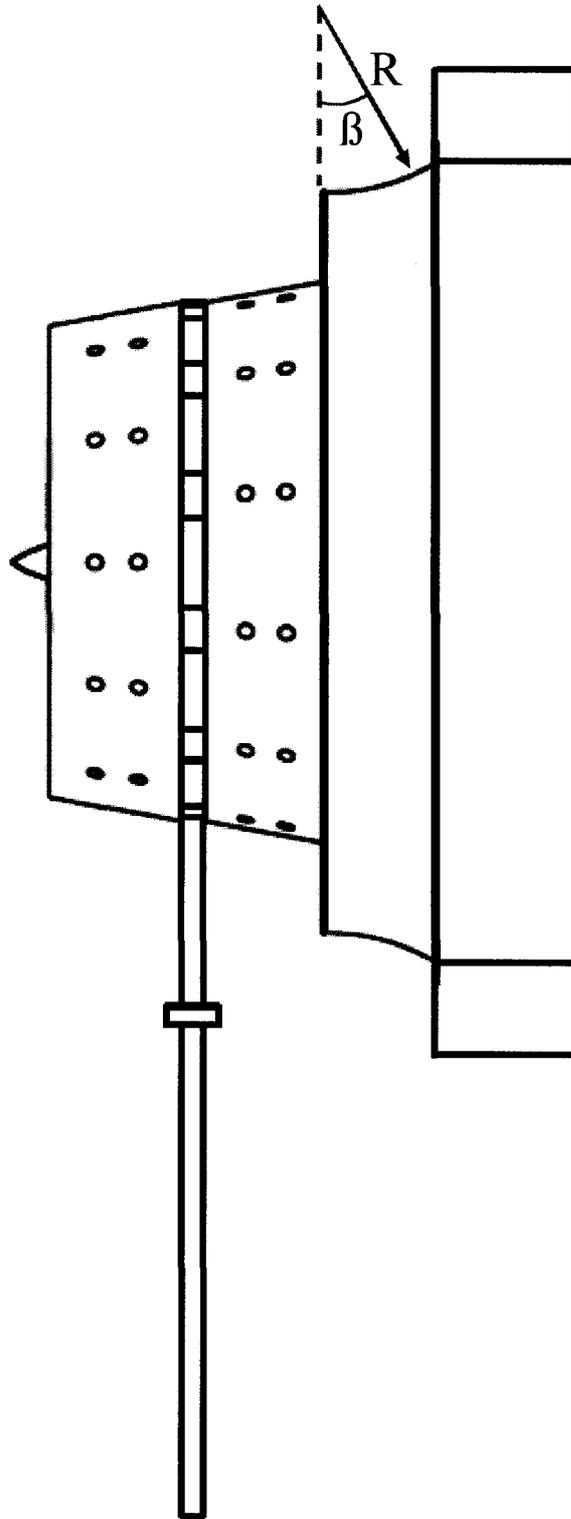


Figura 7



②① N.º solicitud: 201201047

②② Fecha de presentación de la solicitud: 17.10.2012

③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: **F03D1/04** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	US 4482290 A (FOREMAN KENNETH M et al.) 13.11.1984, columna 2, línea 39 – columna 3, línea 30; figuras 2,3.	1-3,5-6,8-9
X	US 4075500 A (OMAN RICHARD A et al.) 21.02.1978, columna 4, línea 24 – columna 6, línea 9; figuras.	1,8,9
X	US 4422820 A (KIRSCH JEROME et al.) 27.12.1983, todo el documento.	1,8
A	US 2012128475 A1 (BAILEY RALPH-PETER) 24.05.2012, todo el documento.	1-9

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
20.10.2014

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: 20.10.2014

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-9	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones 4,7	SI
	Reivindicaciones 1-3,5-6,8-9	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 4482290 A (FOREMAN KENNETH M et al.)	13.11.1984
D02	US 4075500 A (OMAN RICHARD A et al.)	21.02.1978
D03	US 4422820 A (KIRSCH JEROME et al.)	27.12.1983
D04	US 2012128475 A1 (BAILEY RALPH-PETER)	24.05.2012

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 un dispositivo de aceleración del flujo de aire de entrada a un aerogenerador (Ver referencia 21 en Fig.2 de D01), que comprende un difusor (Ver referencia 20 en Fig.2 de D01) configurado para albergar un aerogenerador sustancialmente a la entrada de dicho difusor en la dirección del flujo de aire, estando el dispositivo caracterizado porque las superficies de dicho difusor (Ver referencias 24,25,26 en Fig.2 de D01) presentan una pluralidad de hendiduras (Ver referencias 28,29 en Fig.2, y Col. 1, líneas 61-64 de D01).

Esas hendiduras actúan como dispositivo de control para regular el desprendimiento de la capa límite turbulenta, y si bien no se explicita que las hendiduras transforman la capa límite laminar en turbulenta, un experto en la materia conoce por el estado de la técnica (Ver Col.4, líneas 45-50 del documento D02) que las hendiduras hacen que se retrase el desprendimiento de la capa límite turbulenta en su recorrido por el interior del difusor, es decir, que se produzca a mayor distancia de la entrada al difusor, con respecto al caso de una capa límite laminar, debido a que la capa límite turbulenta resulta más energética. Esto permite diseñar el difusor con un ángulo de apertura mayor que en el caso de no conseguir dicho retraso en el desprendimiento de la capa límite, siendo ésta la característica técnica que se persigue en el diseño del difusor, ya que con esto se consigue una mayor velocidad en la superficie exterior del difusor, consiguiendo mayor diferencia entre las velocidades de flujo entre los extremos del difusor, incrementando el efecto de succión, y aumentando el flujo de aire a la entrada del mismo.

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.

Las reivindicaciones dependientes 4 y 7 podrían tener actividad inventiva si se detallasen las características técnicas del aro coaxial y no meramente la finalidad que este pretende.

El resto de las reivindicaciones dependientes 2-3,5-6,8-9 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.