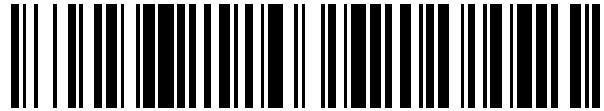


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 496 672**

51 Int. Cl.:

**F03D 3/04**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.05.2009 E 09741590 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.07.2014 EP 2307713**

54 Título: **Turbina eólica**

30 Prioridad:

**07.05.2008 AU 2008902218**  
**26.05.2008 AU 2008902592**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**19.09.2014**

73 Titular/es:

**DESIGN LICENSING INTERNATIONAL PTY LTD**  
**(100.0%)**  
**8 Nelson Street**  
**South Fremantle, W.A. 6162, AU**

72 Inventor/es:

**ATTEY, GRAEME SCOTT**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 496 672 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).

**DESCRIPCIÓN**

Turbina eólica

**Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere a las turbinas eólicas. Más particularmente, se refiere a las turbinas eólicas que tienen un eje de rotación generalmente perpendicular a la dirección del viento. Dichas turbinas están diseñadas, en general, como turbinas de flujo transversal. Dichas turbinas se conocen también como turbinas "de eje vertical", aunque esta terminología puede inducir a error.

**Antecedentes de la invención**

10 Las turbinas eólicas puede dividirse, en general, en dos tipos: turbinas eólicas 'de eje horizontal' (Horizontal Axis Wind Turbine, HAWT), que tienen un eje de rotación dispuesto para ser alineado con la dirección del viento predominante; y turbinas eólicas "de eje vertical" (Vertical Axis Wind Turbine, VAWT) o de flujo transversal, que tienen un eje de rotación dispuesto para ser generalmente perpendicular a la dirección del viento predominante.

Dentro de la categoría VAWT, las turbinas se clasifican, en general, en una de entre dos categorías más: de tipo arrastre y de tipo sustentación.

15 Las turbinas de tipo arrastre, de entre las cuales la más conocida es la turbina eólica Savonius, funcionan con álabes que tienen, cada uno, mayor resistencia aerodinámica cuando se mueven con el viento que cuando se mueven contra el viento. Esta diferencia en la resistencia aerodinámica, induce un par de torsión alrededor de un eje, causando la rotación de los álabes alrededor del eje.

20 Las turbinas de tipo sustentación, tales como las turbinas Darrieus, usan el flujo de aire sobre los álabes para generar una fuerza de sustentación sobre los álabes, que se traduce en un movimiento de rotación.

Los álabes de tipo arrastre están limitados necesariamente a desplazarse más lentamente que los vientos dominantes. Sin embargo, los álabes de tipo sustentación pueden alcanzar una relación de velocidad de la punta (velocidad de la punta del álabe: velocidad del viento dominante) muy superior a 1,0.

25 Generalmente, las turbinas VAWT de tipo sustentación son mucho más eficientes en la producción de energía que las turbinas VAWT de tipo arrastre. Sin embargo, se han experimentado diversos problemas en la producción eficiente de las turbinas VAWT para aplicaciones comerciales.

30 Uno de los problemas es el arranque de la turbina y el funcionamiento con vientos ligeros. Las turbinas de tipo sustentación dependen de la sustentación proporcionada por la rotación del álabe (de esta manera, la rotación de la turbina requiere una cierta velocidad para ser autosuficiente). Esto puede requerir la provisión de un motor para arrancar la turbina. De manera similar, si la velocidad del viento no es suficiente para mantener la velocidad de rotación mínima de la turbina, la turbina se detendrá.

Otro problema experimentado es el de la separación de las turbinas. Generalmente, las turbinas eólicas funcionan mejor en aire "limpio", sin obstáculos cercanos que podrían actuar ralentizando el flujo del viento. Por esta razón, generalmente es necesario separar las turbinas eólicas de manera que sus flujos de aire no se interfieran entre sí.

35 Una manera utilizada en la técnica anterior para abordar este problema se describe en el documento GB 561 435 A, que describe una configuración de turbina eólica que comprende una pluralidad de turbinas eólicas. Cada una de las turbinas incluye una serie de túneles de viento con extremos abiertos, con formas y tamaños uniformes, dispuestos radialmente alrededor de un rotor central. Los túneles de viento sirven para dirigir el aire (o el agua) desde cualquier dirección a los álabes de los rotores de las turbinas. La relación del área de sección transversal de entrada al área de sección transversal de salida de suministro constrictivo sirve para canalizar el aire (o el agua) a las turbinas.

40 La solicitud de patente internacional número PCT/AU2007/001865 del presente solicitante, actualmente pendiente, pretende superar el primero de estos problemas mediante la incorporación de características de una turbina de tipo arrastre en una turbina de tipo sustentación. Esto se lleva a cabo incorporando una característica recortada o "en forma de copa" a la cara interior de cada álabe de turbina. La idea detrás de este concepto es que la turbina usará la diferencia de resistencia aerodinámica entre las superficies exterior e interior del álabe para generar un par de torsión a bajas velocidades, siendo este par suficiente para acelerar el rotor a una velocidad a la que se genera una sustentación suficiente para hacer girar el rotor.

50 Investigaciones y desarrollos adicionales han demostrado que la presencia de dichas "copas" tiene un impacto considerable sobre las propiedades aerodinámicas del álabe de turbina, lo que resulta en una disminución de la sustentación generada a velocidades más altas. Se ha establecido que un recorte de lámina del 50%, tal como se

sugería en la solicitud anterior, puede resultar en una caída del rendimiento de la turbina superior al 10%. Además, la introducción de las copas puede conducir a una debilidad estructural de los álabes, reduciendo la rigidez del álabes. También se ha encontrado que el flujo de aire alterado resultante de la presencia de las copas o recortes puede conducir a un aumento del ruido.

- 5 La presente invención pretende proporcionar una turbina eólica que funciona más eficientemente que la descrita en el documento PCT/AU2007/001865. También pretende abordar el problema de la separación de las turbinas, y proporcionar una configuración mediante la cual pueden disponerse un número de turbinas de una manera compacta.

**Sumario de la invención**

- 10 Según la presente invención, se proporciona una turbina eólica que tiene un eje central; al menos una primera placa de extremo y una segunda placa de extremo, cada una montada transversalmente al eje y dispuesta para girar alrededor del eje, en el que las placas de extremo, primera y segunda, están separadas axialmente; en el que una pluralidad de álabes de turbina se extienden entre las placas de extremo, primera y segunda, y están dispuestas para girar alrededor del eje; y al menos dos barreras contra el viento opuestas de manera sustancialmente diametral, en el que cada barrera contra el viento se extiende sustancialmente paralela al eje entre la posición axial de la primera placa de extremo y la posición axial de la segunda placa de extremo, en el que cada una de las barreras contra el viento tiene un borde interior que se extiende axialmente separado radialmente de una superficie de barrido exterior de los álabes de la turbina. Es preferible que la separación de las barreras contra el viento con respecto a la superficie barrida exterior sea de aproximadamente el 7% del radio de la superficie barrida exterior, aunque se prevé que puede encontrarse un efecto beneficioso con una separación de entre el 2% y el 20% del radio de la superficie barrida exterior.

25 Se cree que las placas de extremo y las barreras contra el viento se combinan para crear una zona de aire de presión relativamente alta sobre los álabes giratorios. Esto, a su vez, proporciona una diferencia de presión relativamente grande entre esta zona de aire a alta presión, y baja velocidad, y aire a baja presión, y alta velocidad, que pasa a través de la turbina. Como resultado, el aire es "aspirado" efectivamente a través de la turbina.

Se cree también que las placas de extremo, que crean una barrera física en un plano perpendicular a la dirección de rotación, actúan para capturar el viento orientado en una dirección oblicua con respecto a la turbina. Esto significa que la turbina eólica puede ser fijada en posición con su eje principal en una dirección horizontal, y todavía puede ser eficaz en la captura de la energía desde el viento en casi todas las direcciones.

- 30 Cada barrera contra el viento tiene una cara de barlovento y una cara de sotavento. Es preferible que la orientación angular de la cara de barlovento esté dentro de un intervalo de 30° de alineación radial con respecto al eje. Más preferiblemente, la cara de barlovento puede estar alineada de manera sustancialmente radial con el eje. De manera similar, la cara de sotavento está preferiblemente dentro de un intervalo de 30° de alineación radial con respecto al eje y, más preferiblemente, está alineado de manera sustancialmente radial con el eje. En otras palabras, la configuración más preferible es aquella en la que la barrera contra el viento está formada por una placa que está orientada radialmente. En esta configuración, el borde interior que se extiende axialmente está alineado, más preferiblemente, con la placa, y presenta un borde afilado al flujo de viento entrante. De manera ventajosa, la placa puede ser bastante delgada, menos del 2% del radio de la turbina. El espesor de la placa puede ser del orden de 3 mm. Esto es contrario a la intuición, ya que toda la técnica anterior conocida por el presente solicitante sugiere el uso de deflectores de viento en ángulo para "canalizar" el viento hacia la turbina, creando un flujo de aire lo más suave posible.

De esta manera, la turbina eólica de la presente invención consigue un funcionamiento eficiente mediante el uso de la diferencia de presión de aire, en lugar de simplemente el volumen de aire que pasa a través de la misma.

- 45 Puede formarse una turbina eólica más grande montando una pluralidad de turbinas eólicas, tal como se ha descrito, coaxialmente, y considerando cada una de las turbinas individuales como una unidad de turbina de la turbina más grande. Esta puede ser una disposición modular, en la que las unidades de turbina contiguas están conectadas mediante medios de conexión adecuados, tales como una disposición de bloqueo. Las barreras contra el viento pueden ser elementos discretos asociados con una unidad de turbina respectiva, o pueden ser elementos de tira continuos dispuestos a lo largo de una longitud de la turbina más grande. Es preferible que la orientación angular de los álabes de turbina en las unidades de turbina contiguas esté relativamente desplazada. Esto proporcionará un par de torsión más suave a un generador montado axialmente.

- 55 La turbina puede estar dispuesta con su eje horizontal o vertical (o, de hecho, en otro ángulo). Cuando la turbina está dispuesta con un eje vertical, puede estar provista de medios para situar las barreras contra el viento sustancialmente perpendiculares al flujo del viento. En una realización sencilla, esto significa que puede haber veletas unidas al lado de sotavento de las barreras contra el viento.

Según la presente invención, se proporciona un dispositivo de captación de energía eólica que comprende una pluralidad de turbinas, tal como se ha descrito anteriormente en la presente memoria, en el que las turbinas están dispuestas con los ejes respectivos paralelos y separados uno de otro por una distancia mayor que dos veces el radio de la superficie de barrido exterior de cada turbina y, preferiblemente, menos de cuatro veces el radio de la superficie de barrido exterior de cada turbina. Las barreras contra el viento están dispuestas de manera que sus bordes interiores que se extienden axialmente se encuentran en un plano definido por los ejes respectivos. Preferiblemente, las barreras contra el viento están dispuestas de manera que cada barrera contra el viento situada entre las turbinas tenga un borde interior que se extiende axialmente y un borde exterior que se extiende axialmente con respecto a una primera turbina de entre las turbinas, en el que el borde exterior que se extiende axialmente actúa como un borde interior que se extiende axialmente con respecto a una segunda turbina de entre las turbinas. Este aspecto reconoce que el funcionamiento de una turbina individual no tendrá un efecto significativo sobre las presiones de aire sobre una turbina vecina. Esto contrasta con las turbinas conocidas, que requieren un gran volumen de aire, donde las turbinas deben estar bien separadas para asegurar que cada una reciba aire "limpio".

Preferiblemente, las turbinas vecinas están dispuestas para girar en sentido contrario.

El dispositivo de captación de energía eólica puede estar formado por una matriz de turbinas eólicas, con una pluralidad de turbinas coaxiales situadas en cada uno de los ejes paralelos.

Según la presente invención, se proporciona una turbina eólica que tiene una pluralidad de álabes dispuestos para su rotación alrededor de un eje central, en la que cada álabe está orientado sustancialmente paralelo al eje, cada álabe tiene una superficie interior orientada hacia el eje y una superficie exterior orientada alejándose del eje, al menos un álabe tiene una forma de perfil aerodinámico con superficies exterior e interior continuamente curvadas, de manera que cuando el álabe gira alrededor del eje se genera sustentación sobre el álabe, en el que el álabe es asimétrico siendo la superficie exterior convexa y la superficie interior cóncava, al menos en parte.

En una realización preferida, la superficie interior es cóncava a lo largo de su longitud, desde un borde de ataque del álabe a un borde de salida del álabe, con un radio de curvatura mayor que el de la distancia desde el eje hasta el punto más externo de la superficie interior. La superficie exterior es convexa, con un radio de curvatura que se aleja del borde de ataque que es aproximadamente igual a la distancia desde el eje a un punto más externo de la superficie exterior, y que tiene un centro de curvatura situado más adelante que el eje. Esto inclina efectivamente el álabe, aumentando el ángulo de ataque cuando se mueve hacia el viento. La disposición es tal que la línea de curvatura media es sustancialmente perpendicular al radio de la turbina en el borde de ataque del álabe, y se curva hacia dentro con respecto al eje hacia el borde de salida del álabe.

### Breve descripción de los dibujos

Será conveniente describir adicionalmente la invención con referencia a realizaciones preferidas de la turbina eólica de la presente invención. Otras realizaciones son posibles y, por consiguiente, debería entenderse que la particularidad de la descripción siguiente no sustituye la generalidad de la descripción anterior de la invención. En los dibujos:

La Figura 1 es una vista lateral, en sección transversal, de una unidad de turbina eólica, según la presente invención;

La Figura 2 es una vista frontal esquemática de una turbina eólica que comprende tres unidades de turbina eólica tal como se muestra en la Figura 1, dispuestas coaxialmente;

La Figura 3 es una vista frontal esquemática, en sección transversal, de un dispositivo de captación de energía eólica que comprende seis unidades de turbina eólica tal como se muestra en la Figura 1, dispuestas en tres módulos, cada uno con dos unidades de turbina;

La Figura 4 es una vista esquemática, en sección transversal, de unos medios de conexión en el interior del dispositivo de captación de energía eólica de la Figura 3;

La Figura 5 es una vista esquemática desde un extremo de la turbina eólica de la Figura 1;

La Figura 6 es una vista frontal de un dispositivo de captación de energía eólica que comprende una pluralidad de turbinas eólicas, tal como se muestra en la Figura 2, dispuestas en una matriz de dos dimensiones;

Las Figuras 7(a) y 7(b) son vistas en sección transversal de una parte del dispositivo de captación de energía eólica de la Figura 6, que muestra las direcciones de rotación;

La Figura 8 es una vista en planta, en sección transversal, de una turbina eólica según la presente invención, dispuesta para ser orientada verticalmente;

La Figura 9 es una vista frontal esquemática de un aparato de ensayo para la presente invención; y

La Figura 10 es una tabla que muestra los datos de ensayo representativos del aparato de la Figura 9.

**Descripción de la realización preferida**

5 La Figura 1 muestra una sección transversal de una unidad 10 de turbina eólica. La unidad 10 de turbina eólica de esta realización tiene un eje 12 situado alrededor de un eje central, dos álabes 14 y dos placas 16 de extremo.

Las placas 16 de extremo son paralelas, circulares y centradas alrededor del eje 12. En sección transversal, definen una circunferencia 18 exterior de la unidad 10 de turbina eólica. La distancia desde el eje central a esta circunferencia exterior puede ser considerada como el radio de la turbina.

10 La unidad 10 de turbina tiene una primera placa 16 de extremo y una segunda placa 16 de extremo, que están separadas axialmente y actúan para definir un primer extremo axial y un segundo extremo axial de la unidad 10 de turbina. Los álabes 14 de la turbina se extienden entre las placas 16 de extremo, primera y segunda. Conforme giran las placas 16 de extremo alrededor del eje, los álabes 14 giran también, de esta manera, alrededor del eje.

15 Los álabes 14 están diametralmente opuestos alrededor del eje 12. Cada álabe 14 tiene un borde 20 de ataque y un borde 22 de salida, conectados por una superficie 24 exterior y una superficie 26 interior. El álabe 14 tiene una forma de perfil aerodinámico asimétrico en sección transversal, en la que la superficie 24 exterior actúa como una superficie de baja presión y la superficie 26 interior actúa como una superficie de alta presión. El movimiento de los álabes 14 a través del aire crea, de esta manera, una sustentación que actúa generalmente lejos del eje 12.

20 La superficie 24 exterior comprende una curva convexa continua. El radio de curvatura de la superficie 24 exterior es sustancialmente igual a la distancia entre el eje de la turbina y la parte más externa de la superficie 24 exterior, excepto en la parte contigua al borde 20 de ataque, donde la superficie exterior se curva para presentar una forma de borde de ataque característica. El centro de curvatura de la superficie 24 exterior está situado hacia adelante del eje de la turbina. En otras palabras, la superficie 24 exterior está 'inclinada' con respecto a una orientación circunferencial a fin de aumentar el ángulo de ataque del álabe 14 cuando se mueve hacia el viento. De esta manera, la distancia entre la superficie 24 exterior del álabe 14 y la circunferencia 18 exterior de la unidad 10 de turbina eólica es mayor en el borde 22 de salida que en el borde 20 de ataque.

25 La superficie 26 interior comprende una curva cóncava continua, que tiene un radio de curvatura mayor que el radio de la turbina. Esto resulta en que el álabe 14 tiene forma bulbosa, en la que ambas superficies interior y exterior tienen centros de curvatura en el lado interior del álabe 14.

30 La línea de curvatura media, que es la curva entre el borde 20 de ataque y el borde 22 de salida situada a medio camino entre las superficies exterior e interior, es sustancialmente tangencial al eje central en el borde 20 de ataque, y tiene un radio de curvatura decreciente hacia el borde 22 de salida.

35 Los álabes 14 están situados de manera que la parte radialmente más exterior de la superficie 24 exterior está cerca de la circunferencia 18 exterior de la unidad 10 de turbina eólica. Cuando los álabes 14 giran alrededor de su eje, definen de esta manera una superficie de barrido exterior que es de forma cilíndrica, con un radio cercano a, pero ligeramente menor que, el radio de la turbina.

40 La Figura 1 muestra el flujo 30 del viento actuando sobre los álabes 14. Cuando la relación de velocidad de la punta (TSR) es menor que uno, el viento causará una fuerza de resistencia aerodinámica sobre cualquier superficie del álabe 14 enfrentada al viento. Tal como se muestra en la Figura 1, esto es sobre la cara interior del álabe 14 superior y sobre la cara exterior del álabe 14 inferior. La curva cóncava sobre la cara 26 interior proporciona una resistencia aerodinámica mucho más grande que la curva convexa sobre la cara 24 exterior. Como resultado de esta diferencia en la resistencia aerodinámica, se crea un par de torsión alrededor del eje 12, causando la rotación de los álabes en el sentido horario según se ve en la orientación de la Figura 1.

45 Conforme los álabes giran, se generan fuerzas de sustentación y de resistencia aerodinámica adicionales debidas al flujo de aire con relación a la forma de perfil aerodinámico de los álabes 14. Las fuerzas de sustentación actúan a través de una línea por delante del eje y, de esta manera, proporcionan un par al eje 12 mayor que el par opuesto generado por la resistencia aerodinámica. Este par acelera los álabes 14 a un punto en el que la relación de velocidad de la punta puede exceder el valor unidad. En esta condición, la cara interior del álabe 14 se mueve más rápido que la velocidad del viento, de manera que los efectos del flujo de aire con relación al álabe 14 desde el borde 20 de ataque al borde 22 de salida son mucho mayores que el efecto directo del flujo 30 de viento sobre la cara 26 interior.

50 La Figura 2 muestra una turbina 40 eólica que comprende tres unidades 10 de turbina eólica conectadas coaxialmente. La disposición es tal que las unidades 10 de turbina contiguas comparten las placas 16 de extremo.

En esta realización, los álabes 14 de cada unidad 10 de turbina están desplazados angularmente en incrementos de 60° con relación a la unidad de turbina contigua respectiva. Esta disposición ayuda a proporcionar un par motor más suave que es menos susceptible a la pulsación que una única unidad de turbina.

5 Una disposición coaxial mayor de unidades 10 de turbina se muestra en la Figura 3. En esta realización, un dispositivo 50 de captación de energía eólica es una disposición modular, que tiene tres módulos 42 de turbina. Cada uno de los módulos 42 de turbina es similar a la turbina 40 de la Figura 2, sin embargo comprende sólo dos unidades 10 de turbina. Se observará que los álabes de las unidades de turbina contiguas están desplazados en incrementos de 90°.

10 El dispositivo 50 de captación de energía eólica incluye un único generador 52 montado en un extremo axial del dispositivo 50. La disposición es tal que el par generado por cada una de las seis unidades 10 de turbina es transmitido a lo largo del eje 12 al generador 52.

15 Los módulos 42 de turbina están unidos a los módulos 42 de turbina contiguos por unos medios de conexión. Uno de dichos medios es una disposición 54 de bloqueo, tal como se muestra en la Figura 4. La disposición 54 de bloqueo comprende conectores de enclavamiento situados 56 en el interior de cojinetes 58 contiguos. Los cojinetes 58 pueden estar fijados entre sí en su exterior, por ejemplo mediante el uso de un bastidor. Se apreciará que esta forma de conexión puede ser usada para desplazar angularmente los álabes 14 de los módulos 42 de turbina contiguos, si se desea.

20 La Figura 5 muestra una vista en sección transversal de la unidad 10 de turbina de la Figura 1, con barreras 62 contra el viento situadas contiguas a la unidad 10 de turbina. Cada barrera 62 contra el viento comprende placas alargadas, que se extienden axialmente a lo largo y por el exterior de la unidad 10 de turbina desde un primer extremo en la posición axial de la primera placa 16 de extremo a un segundo extremo en la posición axial de la segunda placa 16 de extremo. Esta realización muestra dos barreras 62 contra el viento, ambas orientadas en una dirección radial con respecto al eje central y separadas diametralmente alrededor de la unidad 10 de turbina. En las realizaciones ensayadas, las barreras 62 contra el viento tienen un espesor del orden de 3 mm. Se prevé que se conseguirán buenos resultados usando barreras 62 contra el viento que tienen un espesor de menos de 5 mm. También pueden encontrarse resultados aceptables con barreras 62 que tienen espesores de hasta aproximadamente 10 mm. Esto es con relación a un radio de turbina del orden de 225 mm.

30 Cada una de las barreras 62 contra el viento tiene un borde 64 interior que se extiende axialmente y un borde 66 exterior que se extiende axialmente. Los bordes 64 interiores están separados de la turbina eólica por un hueco estrecho, en el que la separación desde la superficie exterior de barrido del álabe 14 a un borde interior de la barrera contra el viento es de aproximadamente el 7% del radio de la superficie exterior de barrido. En las realizaciones ensayadas indicadas más adelante, un hueco de 5-35 mm ha demostrado ser eficaz.

35 El hueco entre los bordes 64 interiores y la circunferencia 18 exterior de las placas 16 de extremo es menor del 1% del radio de la superficie exterior de barrido. Esto se hace como un intento de prevenir la creación de vórtices sobre la circunferencia 18 exterior.

40 Cada una de las barreras 62 contra el viento tiene un lado 68 de barlovento y un lado 70 de sotavento. En la realización preferida de los dibujos, tanto el lado 68 de barlovento como el lado 70 de sotavento están alineados, de manera sustancialmente radial, con el borde 64 interior que está alineado tanto con el lado 68 de barlovento como con el lado 70 de sotavento. Es preferible que la unión entre el borde 64 interior y los lados 68, 70 de la barrera 62 sea de 90° más o menos, en lugar de ser biselada o redondeada.

Se prevé que las barreras contra el viento puedan estar orientadas en un ángulo con respecto a la dirección radial, con un desplazamiento de hasta 30° en cualquier dirección considerada como posible, aunque menos deseable. Por consiguiente, en otras realizaciones, la barrera contra el viento puede tener forma de V en lugar de forma de placa, con un ángulo incluido de hasta 60°.

45 De manera alternativa, las barreras 62 contra el viento pueden comprender una parte estrecha cerca del borde 64 interior, y una parte 65 más ancha separada del borde 64 interior con el fin de proporcionar un soporte estructural adicional. Un ejemplo de dichas barreras 62 puede observarse en la Figura 7.

50 Los ensayos en el túnel de viento sugieren que la presencia de las barreras 62 contra el viento, en conjunción con las placas 16 de extremo, causa una aceleración del flujo de aire a través de la unidad 10 de turbina. En particular, los ensayos han medido una velocidad del viento a través de la unidad 10 de turbina que es mayor que la velocidad del viento en las zonas de flujo de aire "libre" fuera de los bordes 66 exteriores de las barreras 62 contra el viento.

Este fenómeno no se entiende completamente, pero se conjetura que el uso de las placas planas, orientadas de manera sustancialmente perpendicular al flujo del viento, y con un borde limpio, crea una zona de alta presión de aire sobre la unidad 10 de turbina eólica. La presión relativamente baja en el interior de la turbina de aire puede

actuar entonces para acelerar el aire que pasa a través de la misma.

La Figura 6 muestra una realización adicional de la presente invención, que es un dispositivo 80 de captación de energía eólica que comprende cuatro módulos 42 de turbina similares a los de la Figura 3. En el caso de la Figura 6, sin embargo, los módulos de turbina están dispuestos en una matriz, con dos módulos 42 de turbina situados en cada uno de dos ejes paralelos.

La disposición es tal que los dos ejes son coplanarios, en la que las barreras 62 contra el viento entre los ejes están dentro del plano de los ejes. De esta manera, cada barrera 62 contra el viento actúa como una barrera 62 para dos turbinas 42, con un borde que es un borde 64 interior para una turbina y un borde 66 exterior para una turbina vecina.

Los ensayos de túnel de viento de este concepto han producido resultados sorprendentes. Cuando se han ensayado dos turbinas 40 con ejes paralelos, la salida combinada de las turbinas ha superado la suma de las salidas de cada turbina 40 ensayadas individualmente. Se supone que esto es debido a la aplicación más completa de la teoría de la diferencia de la presión del viento descrita anteriormente.

Se prevé que los ejes vecinos estarán dispuestos para girar en sentido contrario, uno con respecto a otro. Esto se muestra conceptualmente en la Figura 7.

Aunque cada una de las realizaciones descritas se ha descrito en términos en los que un eje de turbina es horizontal, se prevé que la unidad 10 de turbina puede ser desplegada también verticalmente. La Figura 8 muestra dicha una manera de despliegue de una unidad 10 de turbina, con barreras 62 contra el viento montadas alrededor de la unidad de turbina de manera que sea capaz de girar alrededor del eje de la turbina. Las barreras 62 contra el viento en esta realización incluyen álabes 72 de guía, que actúan para orientar las barreras 62 contra el viento perpendiculares al flujo 30 del viento.

Las modificaciones y variaciones que serían evidentes para un destinatario con conocimientos en la materia se consideran incluidas en el alcance de la presente invención. Por ejemplo, la unidad de turbina puede estar dispuesta para tener algunos álabes dispuestos para obtener más sustentación cuando funcionan a velocidades con una TSR superior a la unidad, y algunos álabes dispuestos para obtener más par debido a una diferencia de resistencia aerodinámica en un funcionamiento a baja velocidad.

Tal como se ha indicado anteriormente en la presente memoria, algunas de las realizaciones descritas han sido sometidas a ensayos en túnel de viento.

Los ensayos se realizaron en un túnel 77 de viento que medía 2,85 m de ancho por 2,24 m de alto, suministrando viento a una velocidad teórica de  $4,0 \text{ ms}^{-1}$  usando un ventilador de túnel a 20 Hz. Las mediciones de la velocidad del viento real 1 m aguas arriba de las turbinas ensayadas indicaban que la velocidad del viento real era de entre aproximadamente de  $3,5 \text{ ms}^{-1}$  y  $4,5 \text{ ms}^{-1}$ .

El aparato de ensayo se muestra esquemáticamente en la Figura 9. Está compuesto de dos turbinas 40 eólicas situadas una encima de la otra. Cada una de las turbinas 40 comprendía tres unidades 10 de turbina montadas coaxialmente. Las turbinas 40 se colocaron en el interior de un bastidor 75 orientado verticalmente, que incluía tres barreras 62 contra el viento horizontales entre las cuales se colocaron dos turbinas 40. El bastidor 75 incluía también elementos laterales alineados verticalmente que, además de proporcionar soporte estructural, permiten que las turbinas 40 sean posicionadas en el interior del centro del túnel 77 de viento por encima del suelo del túnel de viento.

El bastidor 75 definía dos espacios rectangulares que medían 2,53 m de largo por 0,66 m de alto. Cada uno de los dispositivos 40 tenía una longitud axial de 2,34 m y un diámetro de 435 mm.

Se realizaron tres conjuntos de ensayos: un conjunto que usa sólo la turbina 40 superior y que tiene la turbina inferior eliminada (dejando una parte vacía del bastidor 75); un conjunto similar que usa sólo la turbina 40 inferior; y un conjunto que tiene ambas turbinas 40 en su posición. Los resultados representativos de este ensayo se muestran en la Figura 10,

De manera significativa, haciendo funcionar cada turbina 40 independientemente, y dejando una parte vacía del bastidor 75, resultó en una salida de energía por cada dispositivo del orden de 10 vatios, con una eficiencia de aproximadamente el 27%. Haciendo funcionar las dos turbinas 40 juntas, se consiguió una salida de energía total del orden de 30 vatios, con una eficiencia de aproximadamente el 41%.

**REIVINDICACIONES**

1. Un dispositivo (80) de captación de energía eólica que comprende una pluralidad de turbinas (42, 10) eólicas, en el que cada turbina (42, 10) tiene un eje central y comprende:

- 5           – al menos una primera placa (16) de extremo y una segunda placa (16) de extremo, cada una montada transversalmente al eje y dispuesta para girar alrededor del eje, en el que las placas (16) de extremo, primera y segunda, están separadas axialmente,
- una pluralidad de álabes (14) de turbina que se extienden entre las placas (16) de extremo, primera y segunda, y dispuestas para girar alrededor del eje,
- 10          – al menos dos barreras (62) contra el viento, situadas sustancialmente opuestas diametralmente, en el que cada barrera (62) contra el viento se extiende sustancialmente paralela al eje entre la posición axial de la primera placa (16) de extremo y la posición axial de la segunda placa (16) de extremo, en el que cada barrera (62) contra el viento tiene un borde (64) interior que se extiende axialmente separado radialmente de una superficie de barrido exterior de los álabes (14) de turbina,

caracterizado por que

- 15           – cada álabe de turbina tiene una forma de perfil aerodinámico en sección transversal, con una superficie (24) exterior, de baja presión, y una superficie (26) interior, de alta presión, de manera que el movimiento de los álabes (14) de turbina a través del aire crea una sustentación que actúa generalmente lejos del eje, en el que
- las turbinas (42, 10) están dispuestas con ejes (12) respectivos paralelos y separados entre sí por una distancia mayor que dos veces el radio de la superficie barrida exterior de cada turbina (42, 10), y en el que
- 20           – las barreras (62) contra el viento están dispuestas de manera que sus bordes (64) interiores, que se extienden axialmente, están situados en un plano definido por los ejes (12) de turbina respectivos.

25           2. Dispositivo de captación de energía eólica según la reivindicación 1, en el que las barreras (62) contra el viento están dispuestas de manera que cada barrera (62) contra el viento situada entre las turbinas (42, 10) tiene un borde (64) interior que se extiende axialmente y un borde (66) exterior que se extiende axialmente con respecto a una primera turbina de entre las turbinas (42, 10), en el que el borde (66) exterior, que se extiende axialmente, actúa como un borde (64) interior, que se extiende axialmente, con respecto a una segunda turbina de entre las turbinas (42, 10).

30           3. Dispositivo de captación de energía eólica según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que las turbinas (42, 10) vecinas están dispuestas para girar en sentido contrario.

4. Dispositivo de captación de energía eólica según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el dispositivo (80) de captación de energía eólica está formado por una matriz de turbinas (42, 10) eólicas, con una pluralidad de turbinas (10) coaxiales situadas en cada uno de los ejes (12) paralelos.

35           5. Dispositivo de captación de energía eólica según la reivindicación 4, en el que las turbinas (42, 10) contiguas están conectadas por una disposición (54) de bloqueo adecuada.

6. Dispositivo de captación de energía eólica según la reivindicación 4, en el que las turbinas (10) contiguas comparten placas (16) de extremo.

7. Dispositivo de captación de energía eólica según una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, en el que la orientación angular de los álabes (14) de la turbina sobre las turbinas (10) contiguas está relativamente desplazada.

40           8. Dispositivo de captación de energía eólica según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la separación de las barreras (62) contra el viento desde la superficie de barrido exterior es de entre el 2% y el 20% del radio de la superficie de barrido exterior.

45           9. Dispositivo de captación de energía eólica según la reivindicación 8, en el que la separación de las barreras (62) contra el viento desde la superficie de barrido exterior es de aproximadamente el 7% del radio de la superficie de barrido exterior.

10. Dispositivo de captación de energía eólica según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que cada barrera (62) contra el viento tiene una cara (68) de barlovento y una cara (70) de sotavento, y la cara (68) de barlovento está alineada, de manera sustancialmente radial, con el eje de turbina correspondiente.



11. Dispositivo de captación de energía eólica según la reivindicación 10, en el que cada barrera (62) contra el viento incluye una placa con un borde (64) interior, que se extiende axialmente, que está alineado con la placa, y en el que el borde (64) interior presenta un borde afilado al flujo (30) de viento entrante.

5 12. Dispositivo de captación de energía eólica según la reivindicación 11, en el que la placa tiene un espesor menor del 2% del radio de la turbina.

13. Dispositivo de captación de energía eólica según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la superficie (24) exterior de cada álabe (14) es convexa y la superficie (26) interior de cada álabe (14) es cóncava, al menos en parte.

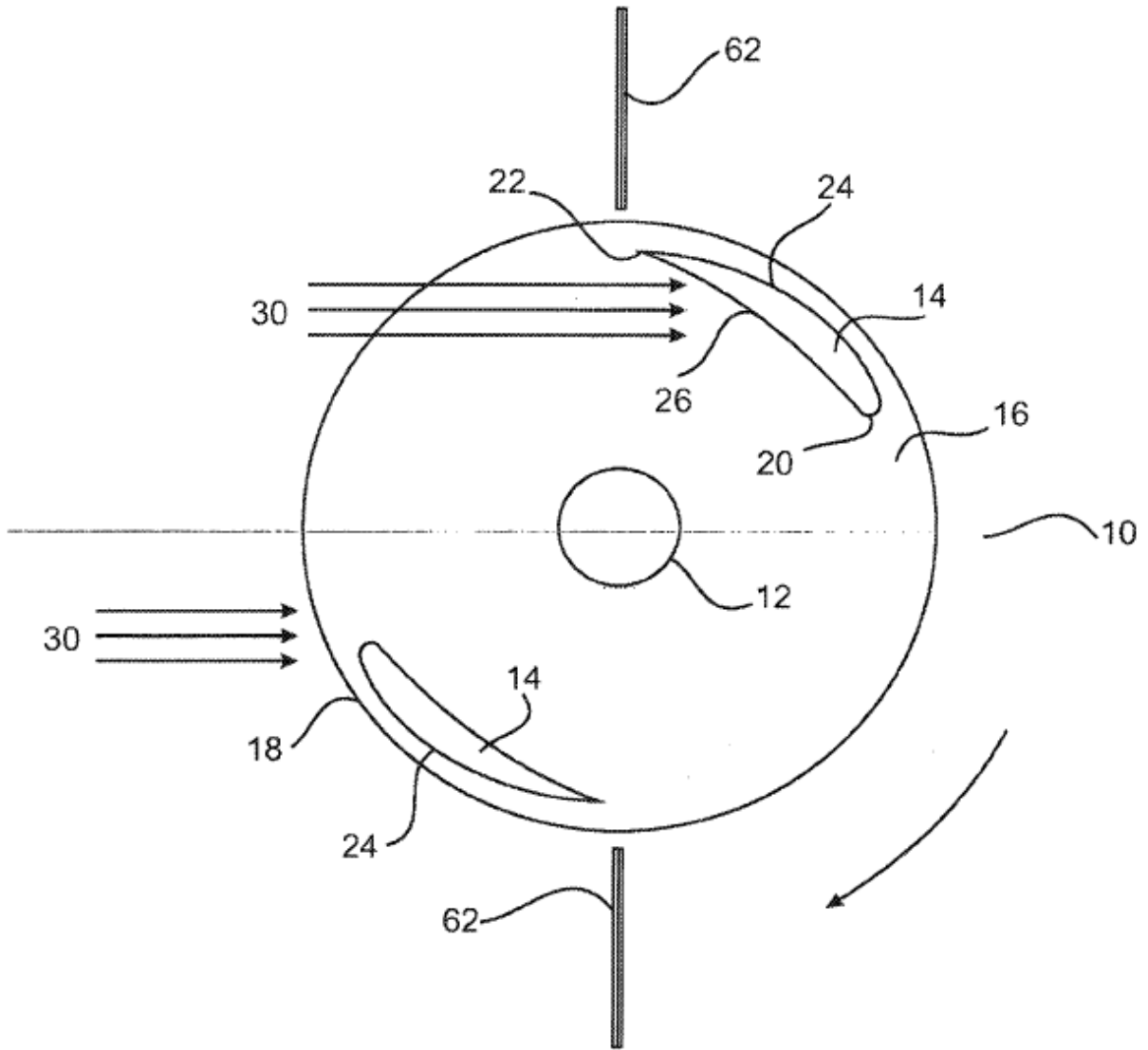


Fig 1

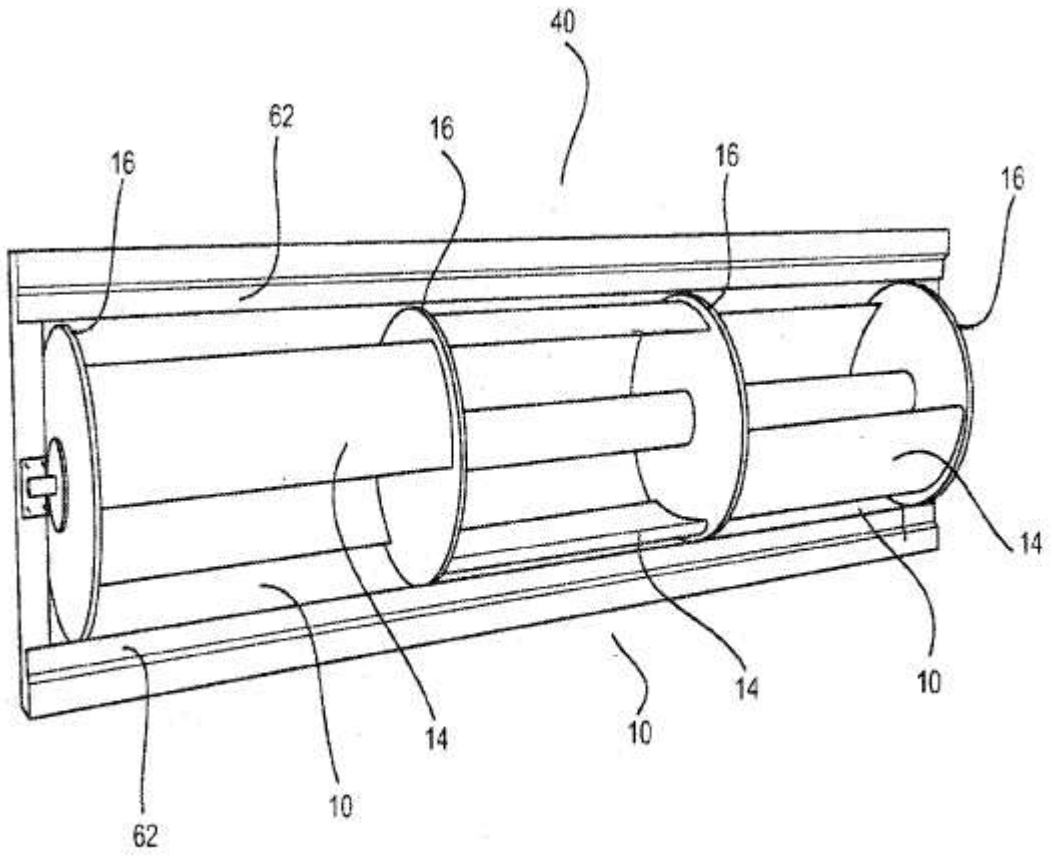


Fig 2

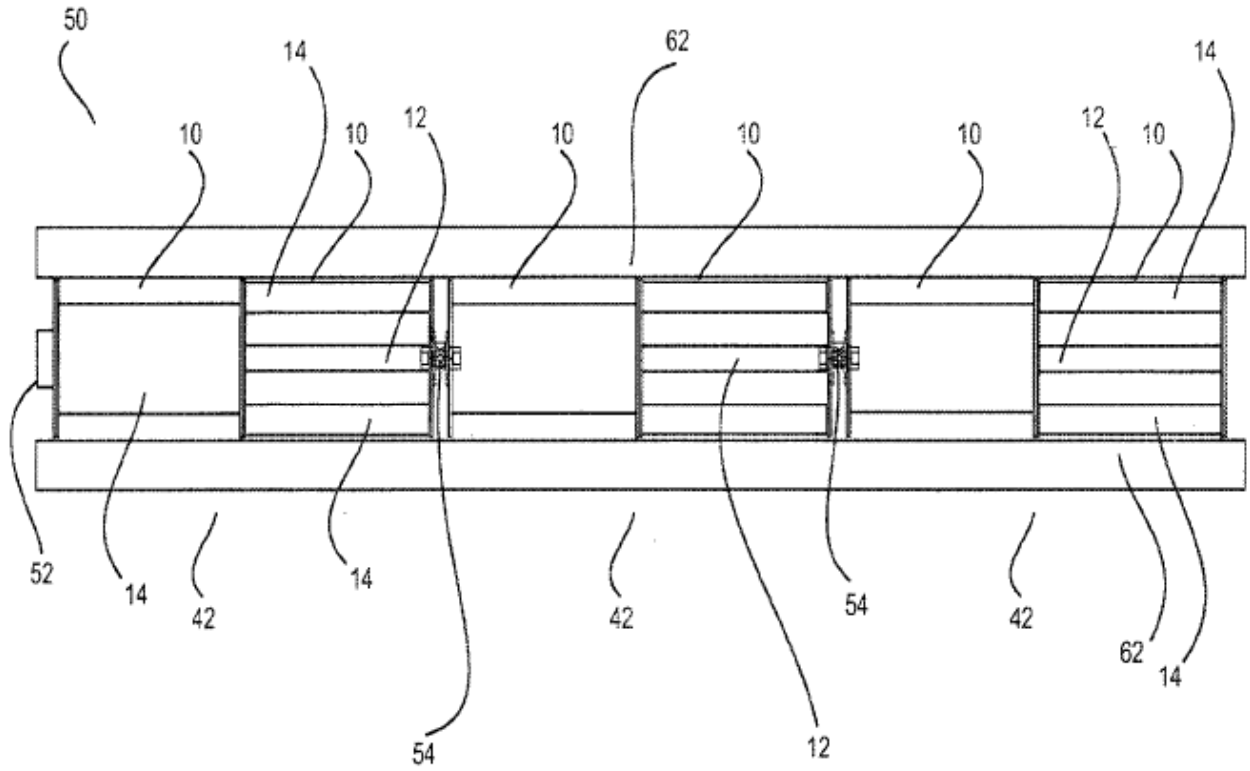


Fig 3

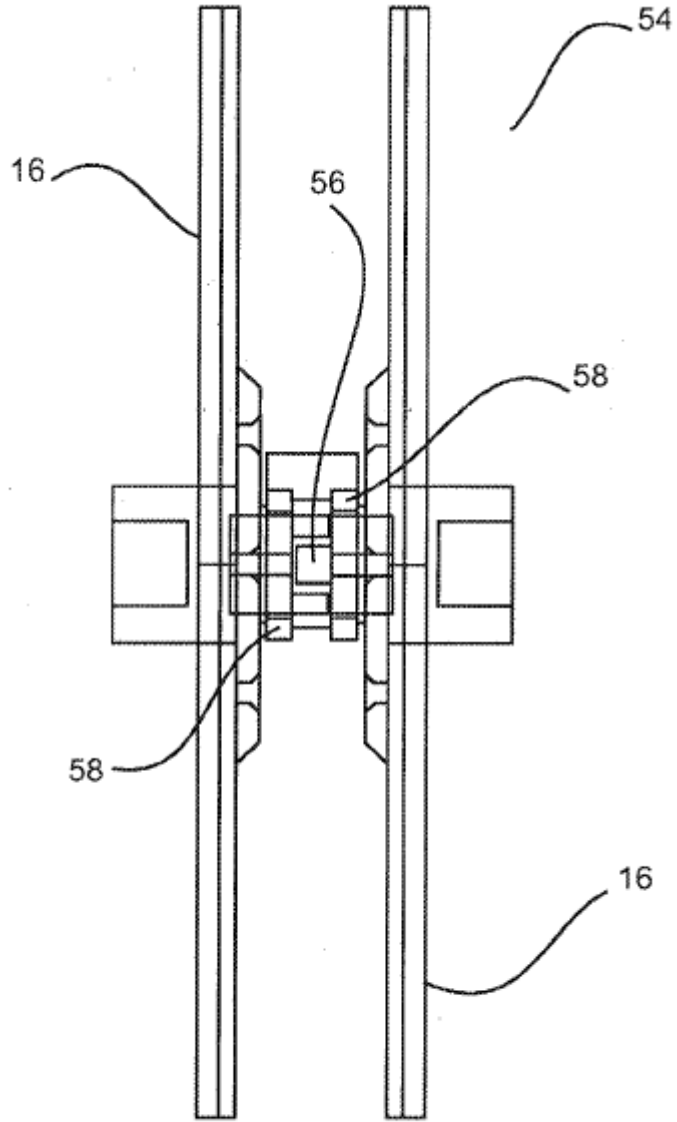


Fig 4

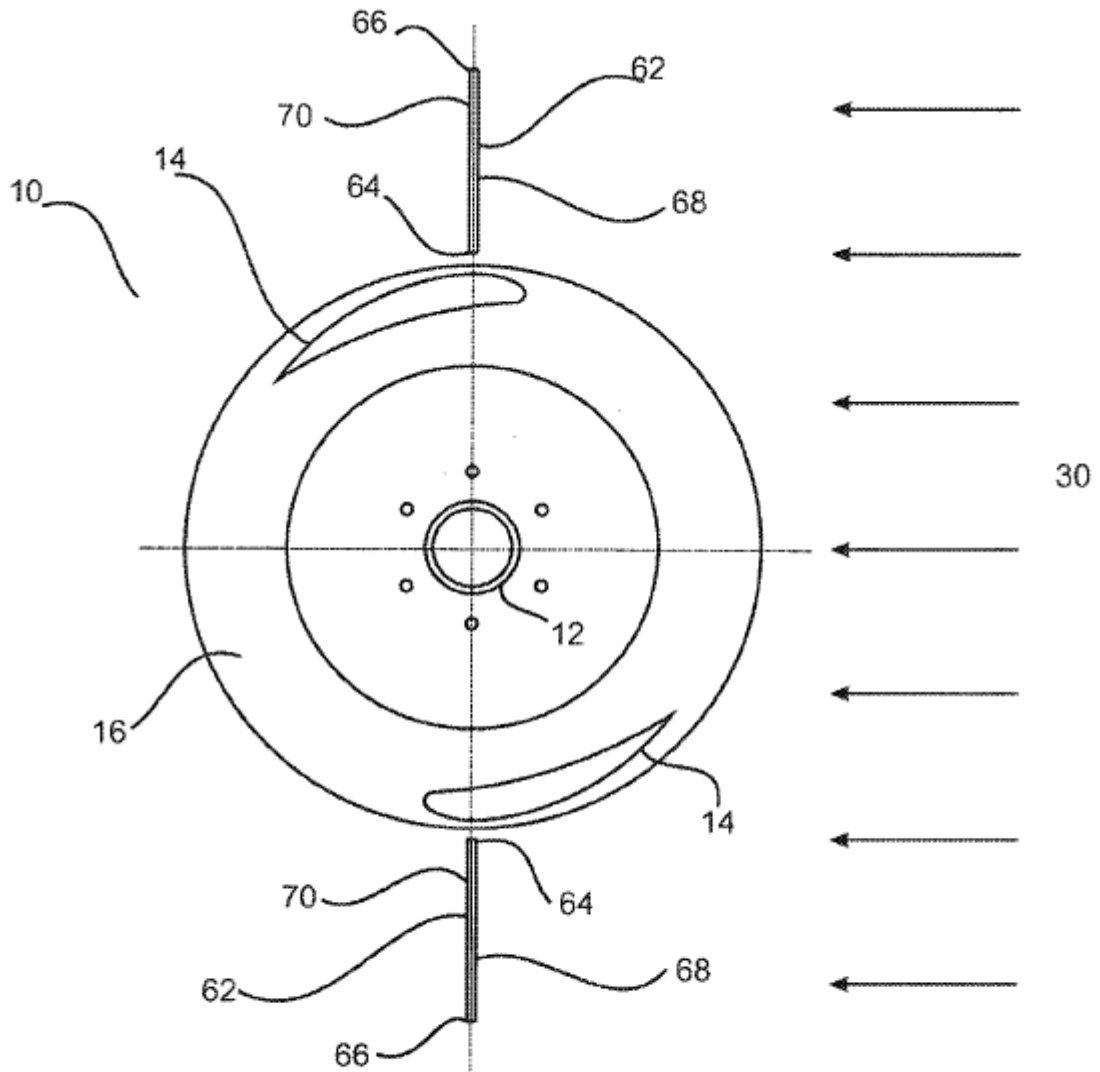


Fig 5

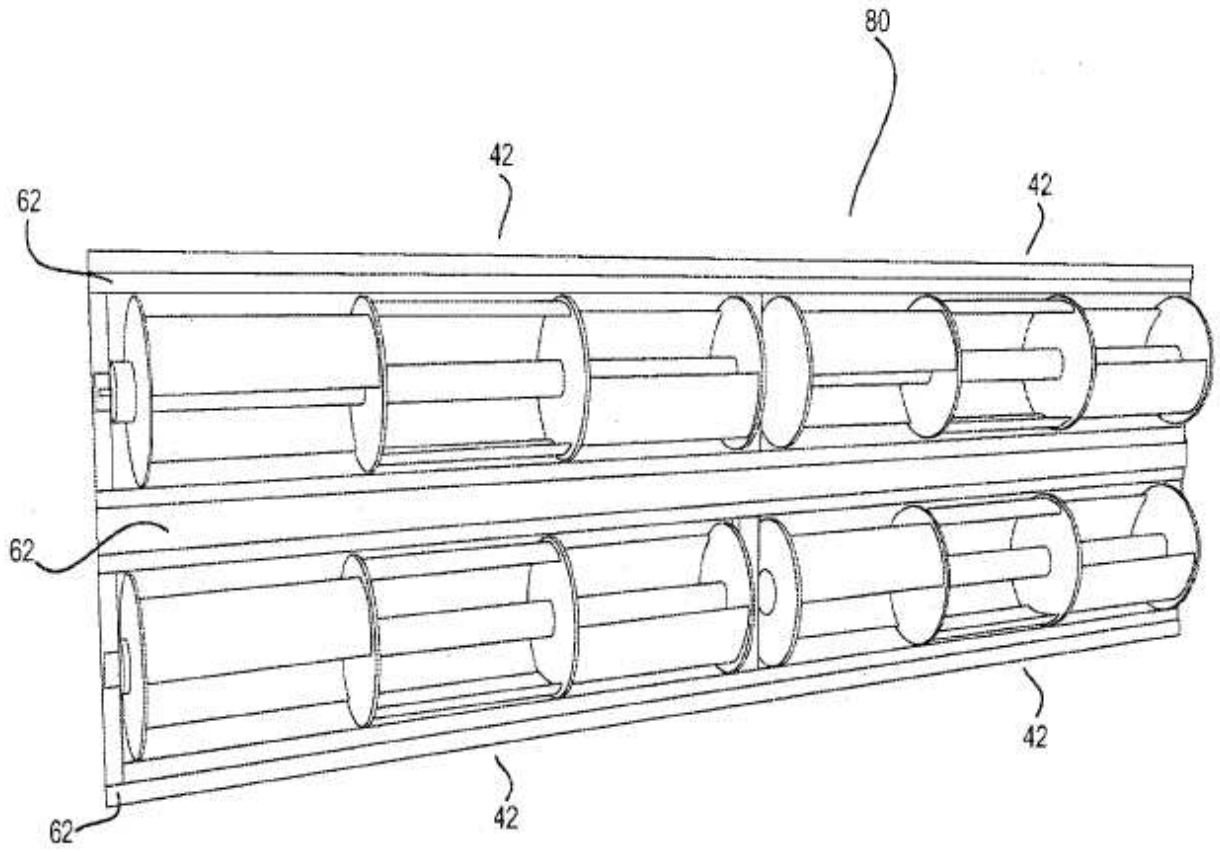


Fig 6

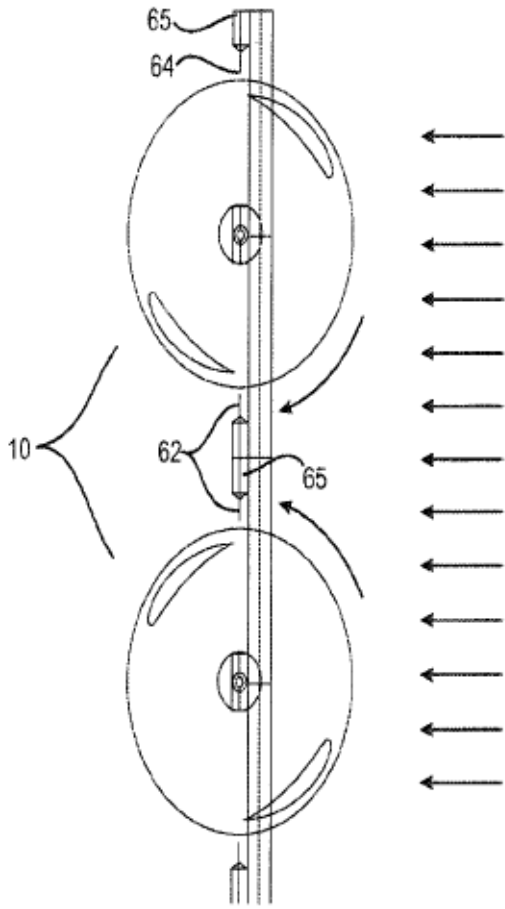


Fig 7a

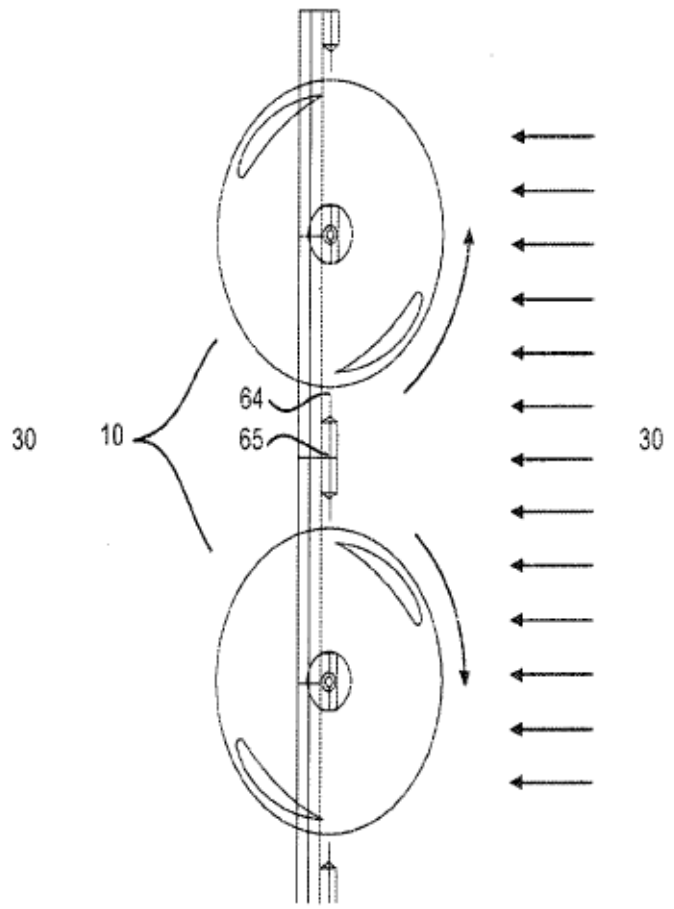


Fig 7b



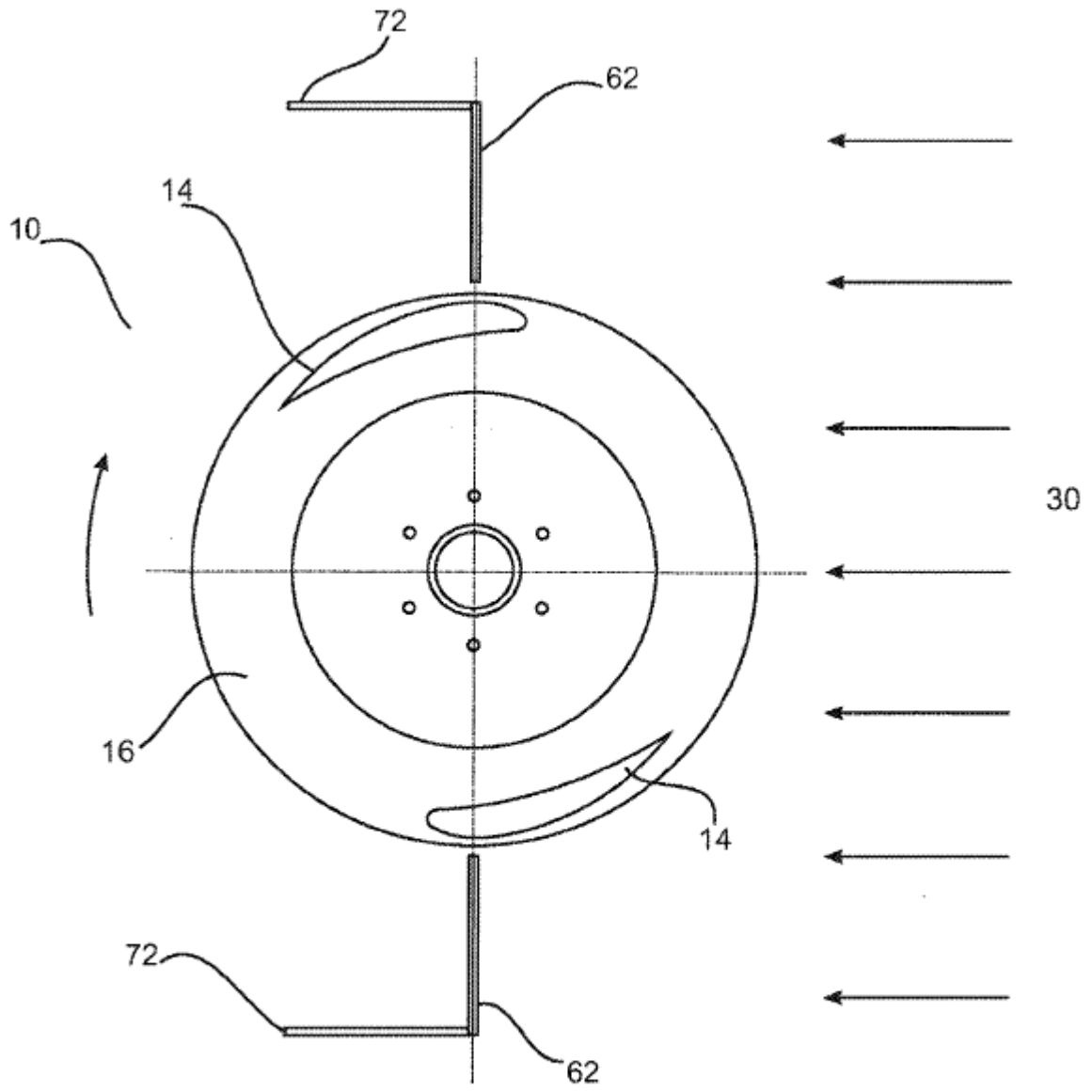


Fig 8

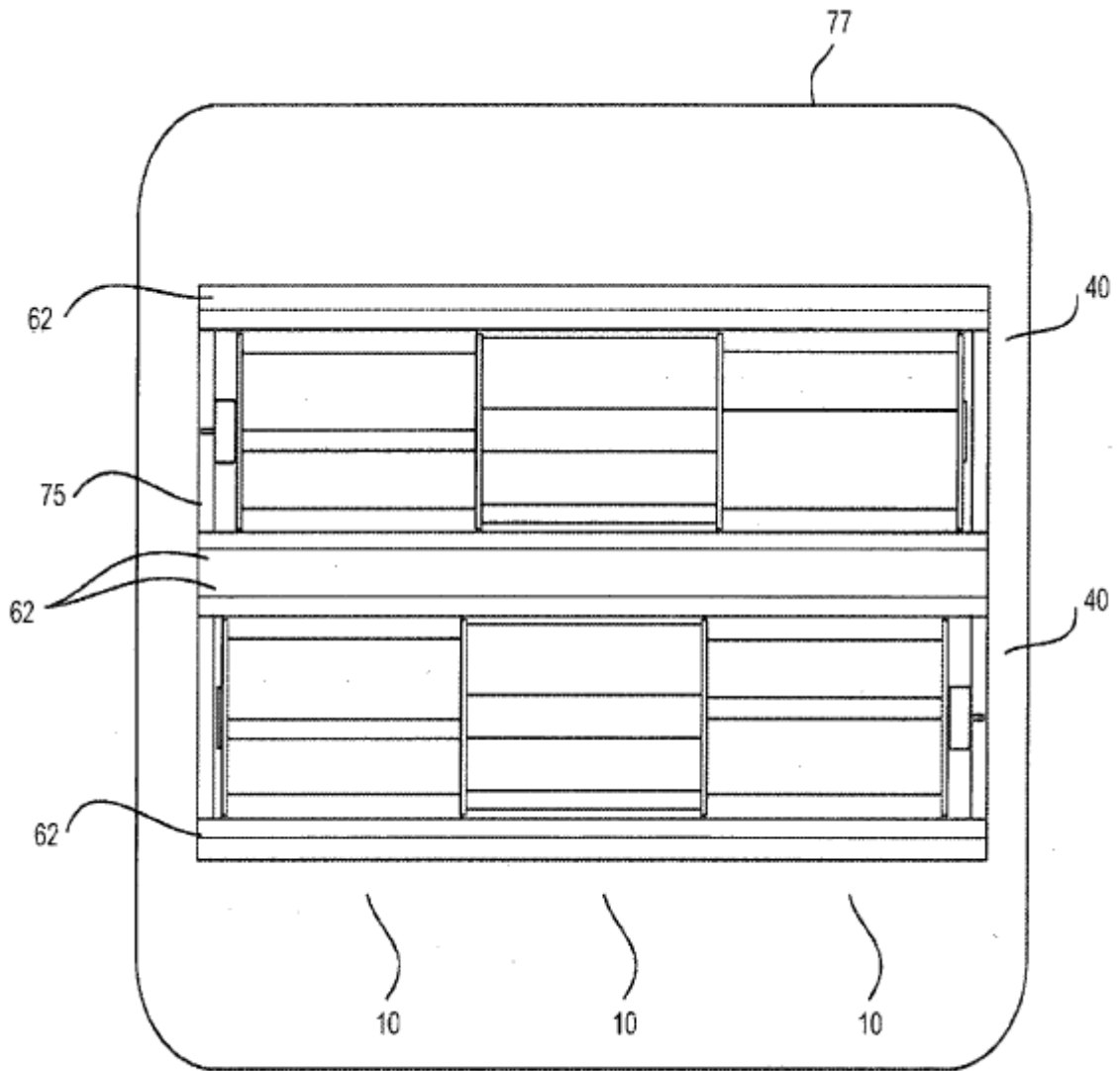


Fig 9

ES 2 496 672 T3

Diam	Circun	Disco	Disco	Disco	Viento	TSR	HZ	Temp	Long.	Area	Potencia	Potencia	Wattios	Amperio	Wattios	EFFIC.	Comentarios		
(m)	(m)	RPM	Rotac.	veidc.	veidc.			(°C)	(m)	(m <sup>2</sup> )	por m <sup>2</sup>	por area				(%)			
		porseg		(m/s)	(m/s)						(wattios)	(wattios)							
																	Base bastidor inferior a 30 mm del suelo		
0,435	1,367	334	5,6	7,61	4,00	1,90	20	25,0	2,34	1,00	37,9	38,57	50	23,9	0,478	11,42	26,6	Discos de dos caras solo en bastidor superior, 30 Ene	
0,435	1,367	330	5,5	7,50	4,00	1,88	20	27,1	2,34	1,00	37,6	38,71	50	23,5	0,470	11,05	26,9	Discos de dos caras solo en bastidor superior, 2 Feb, lectura 1	
0,435	1,367	338	5,6	7,70	4,00	1,93	20	27,3	2,34	1,00	37,6	38,71	50	23,9	0,478	11,42	26,9	Discos de dos caras solo en bastidor superior, 2 Feb, lectura 2	
0,435	1,367	337	5,6	7,67	4,00	1,92	20	27,4	2,34	1,00	37,6	38,71	50	22,3	0,446	9,96	26,9	Discos de una cara solo en bastidor inferior, 2 Feb, lectura 1	
0,435	1,367	335	5,6	7,63	4,00	1,91	20	27,4	2,34	1,00	37,6	38,71	50	22,2	0,444	9,96	25,7	Discos de una cara solo en bastidor inferior, 2 Feb, lectura 2	
0,435	1,367	334	5,6	7,61	4,00	1,90	20	27,2	2,34	1,00	37,6	38,71	50	23,7	0,474	11,23	26,3	Discos de dos caras solo en bastidor superior, 2 Feb, lectura med	
0,435	1,367	336	5,6	7,66	4,00	1,91	20	27,4	2,34	1,00	37,6	38,71	50	22,3	0,445	9,90	25,8	Discos de una cara solo en bastidor inferior, 2 Feb, lectura med	
																21,54	27,6		
																			Funcionando conjuntamente:
0,435	1,367	405	6,9	9,29	4,00	2,31	20	27,5	2,34	1,00	37,6	38,71	50	28,8	0,576	16,94	43,3	Discos superiores de dos caras en bastidor superior, 2 Feb	
0,435	1,367	411	6,9	9,37	4,00	2,34	20	27,5	2,34	1,00	37,6	38,71	50	27,4	0,547	14,96	39,1	Discos inferiores de una cara en bastidor inferior, 2 Feb	
																31,56	41,2	Totales combinados	

Fig 10