

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 989 843**

51 Int. Cl.:

F03D 3/00	(2006.01)
F03D 9/00	(2006.01)
F03D 7/06	(2006.01)
F03D 3/02	(2006.01)
F03D 80/00	(2006.01)
F03D 3/06	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.05.2015 PCT/IL2015/050537**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.11.2015 WO15177798**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.05.2015 E 15796413 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.07.2024 EP 3146203**

54 Título: **Agrupación de turbinas de eje vertical**

30 Prioridad:
21.05.2014 US 201462001103 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.11.2024

73 Titular/es:
**FLOWER TURBINES LLC (100.0%)
P.O.Box 90056
99190 Belt Shemesh, IL**

72 Inventor/es:
FARB, DANIEL

74 Agente/Representante:
CURELL SUÑOL, S.L.P.

ES 2 989 843 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

Agrupación de turbinas de eje vertical

5 **Antecedentes de la invención**

La presente invención se refiere a turbinas agrupadas, en particular turbinas de arrastre de eje vertical. El uso principal es para el viento, pero también para otros fluidos como el agua. Esta es una nueva forma de considerar las turbinas de eje vertical del tipo de tipo arrastre, como un sistema interactivo mediante el que se pueden regular los parámetros del parque eólico para aumentar la potencia total de salida. Históricamente, una dificultad para las turbinas eólicas ha sido que interfieren entre sí aerodinámicamente creando estelas turbulentas. Este aspecto sigue siendo un problema para todas las turbinas eólicas de eje horizontal. Las turbinas eólicas de sustentación de eje vertical presentan un problema similar en términos de creación de turbulencia. Una zona de estudio reciente ha sido cómo utilizar esos tipos de turbinas y su turbulencia resultante para obtener una ventaja.

15 No es conocido que se haya aplicado el enfoque de agrupación a turbinas de tipo arrastre.

La patente US 8545168 B2 trata de parques eólicos de turbinas de sustentación de eje vertical. El hecho de que el documento US 8545168 B2 se refiera a la sustentación y que esta invención sea para el arrastre es suficiente para distinguir las mismas por estructura, especialmente porque las palas de arrastre presentan un borde delantero y trasero y con forma de copa. Hay diferenciaciones adicionales. El documento US 8545168 B2 se refiere básicamente solo a filas de turbinas y no a las distancias entre las mismas.

25 Esta solicitud trata solo del arrastre (aunque algunas reivindicaciones del procedimiento sin técnica anterior en el documento US 8545168 B2 también se refieren a turbinas de sustentación), por lo que no hay superposición.

La reivindicación principal del documento US 8545368 B2 se refiere a filas de turbinas a contragiro. Dicha patente, además, no es técnica anterior porque el documento US 8545168 B2 conlleva la realización de ciertas disposiciones de turbinas que giran todas a contragiro unas junto a otras, por lo que las disposiciones de la presente solicitud son únicas ya que el contragiro se limita aquí a circunstancias específicas. Además, se muestra más adelante que la prescripción del documento US 8545168 B2 para el contragiro en realidad haría que el rendimiento de las turbinas de tipo arrastre disminuyera en la mayor parte de un parque eólico.

35 Se expone un caso en el que el contragiro resultaría útil con solo la periferia en un lado.

Las turbinas eólicas de eje vertical del tipo predominantemente de arrastre comprenden una ciencia diferente a la de las de eje horizontal. Una de las mismas es que los efectos de estela difieren. Las turbinas de la presente invención se deben considerar del mismo tamaño y conformación, pero no necesariamente limitadas en este sentido.

40 Los documentos WO 2011/101650 A2, WO 2014/055865 A1 y DE 20 2013 003148 U1 muestran agrupamientos a título de ejemplo de turbinas eólicas de eje vertical según la técnica anterior.

45 **Breve resumen de la invención**

La presente invención trata las deficiencias de las configuraciones conocidas hasta el momento proporcionando una disposición de turbinas eólicas en relaciones específicas de mayor rendimiento.

50 Un sistema de una pluralidad de turbinas de eje vertical y un procedimiento de colocación de turbinas de eje vertical, según la invención, presenta las características de las reivindicaciones 1 y 4.

A continuación se describe por primera vez un sistema de una pluralidad de turbinas de eje vertical, con una solidez del 20 % o más, que comprende árboles centrales y palas periféricas con un borde trasero y un borde delantero que se encuentran en un borde interior y exterior, siendo dicho borde exterior el perímetro de rotación de la turbina, que comprende: la Turbina 1, una turbina de arrastre de rotación antihorario o horario, y la Turbina 2, de sustancialmente el mismo diámetro que la Turbina 1, dispuesta en una relación de 35 a 90 grados con respecto a la Turbina 1 encarada a un flujo de fluido proveniente de 180 grados en cualquier momento en su orientación de flujo, cuyo perímetro, cuando está más próximo al perímetro de la Turbina 1, se encuentra a una distancia del árbol de la Turbina 1 del radio de la Turbina 1 entre 1,05 y 1,6 veces aproximadamente.

60 Según otra forma de realización, la solidez de la Turbina 1 es del 60 % o más y la distancia desde el centro del árbol de la Turbina 1 hasta el perímetro de la Turbina 2 es el radio de la Turbina 1 aproximadamente 1,2 veces. Según otra forma de realización, la Turbina 2 gira en sentido antihorario y hacia la izquierda de la Turbina 1 orientada hacia el flujo, o en sentido horario y hacia la derecha. Según otra forma de realización, la Turbina 2 gira en sentido antihorario y hacia la derecha de la Turbina 1 orientada hacia el viento, o en sentido horario y hacia la izquierda. Según otra forma de realización, el perímetro de la Turbina 2 está situado a una distancia de entre 1,05

y 1,25 veces el radio de la Turbina 1 desde el centro del árbol de la Turbina 1. Según otra forma de realización, el perímetro de la Turbina 2 está situado a una distancia de entre 1,4 y 1,6 veces el radio de la Turbina 1 desde el centro del árbol de la Turbina 1. Según otra forma de realización, la Turbina 2 está en una segunda fila y está retrasada con respecto a la línea perpendicular de la Turbina 1 lejos de la dirección del flujo. Según otra forma de realización, el ángulo desde la dirección del flujo predominante con respecto a una línea virtual que conecta los árboles de las turbinas 1 y 2 es de aproximadamente 45 o 135 grados. Según otra forma de realización, la Turbina 2 es una turbina de arrastre. En una forma de realización, el sistema comprende además una turbina 3 adicional a aproximadamente 90 o 270 grados con respecto a la Turbina 1 en relación con el flujo. En una forma de realización, el sistema comprende además una turbina 4 adicional a aproximadamente 90 o 270 grados con respecto a la Turbina 2 en relación con el flujo. Según otra forma de realización, el árbol de cualquier otra turbina en la primera línea de flujo está a aproximadamente 135 o 225 grados con respecto al árbol de la Turbina 2. Según otra forma de realización, las turbinas 1 y 2 giran en la misma dirección. Según otra forma de realización, la Turbina 1 gira en sentido antihorario y la Turbina 2 está a su derecha y gira en el sentido horario, o bien la Turbina 1 gira en el sentido horario y la Turbina 2 está a su izquierda y gira en el sentido antihorario.

A continuación, se describe por primera vez un procedimiento para colocar una pluralidad de turbinas de arrastre de eje vertical provistas de árboles centrales y de palas con un borde periférico, dispuestas en relación con el viento procedente de 180 grados en cualquier momento de su orientación, que comprende: disponer la Turbina 1 y disponer la Turbina 2 a sotavento de la Turbina 1, estando la mayor parte de la Turbina 2 situada a un ángulo mayor que 30 grados o menor que 330 grados en relación con la dirección del viento en la línea que une los árboles de las turbinas. Según otra forma de realización, la Turbina 1 gira en el sentido antihorario y la Turbina 2 gira en el sentido antihorario y está situada a la izquierda, o bien la Turbina 2 gira en el sentido horario y está situada a la derecha, o exactamente al revés de dichas condiciones.

A continuación, se describe por primera vez un procedimiento para situar por lo menos dos turbinas de arrastre de eje vertical, en el que una segunda turbina está a sotavento con respecto a una primera turbina, donde parte de la segunda turbina, a lo largo de su borde delantero, se encuentra en la zona de turbulencia circular a sotavento de la primera turbina.

A continuación, se describe por primera vez un procedimiento para fabricar una turbina que crea una zona adyacente similar sustancialmente verticalmente de mayor velocidad de fluido que la velocidad de fluido predominante en las inmediaciones de la turbina, a una distancia similar del centro de la turbina a diferentes alturas de dicha turbina, que comprende: proporcionar una turbina de arrastre de eje vertical, presentando dicha turbina variaciones de diámetro combinadas con variaciones de la forma en cada diámetro para cada altura.

A continuación, se describe por primera vez un procedimiento para colocar una turbina en una segunda fila a sotavento de una pluralidad de turbinas de primera fila, en el que la mayoría de por lo menos una pala de una turbina de segunda fila se encuentra en la región de flujo uniforme de entre las turbinas en la fila delantera. Según otra forma de realización, la turbina en la fila 2 presenta la misma dirección de rotación que la fila 1.

A continuación, se describe por primera vez un procedimiento para colocar una pluralidad de turbinas para una salida de potencia máxima, que comprende: por lo menos 2 turbinas en la primera fila y una segunda turbina a sotavento y al lado de la primera fila de turbinas, donde las turbinas de la primera fila giran en sentido antihorario, y la turbina de la segunda fila está a la derecha y gira en el sentido horario, o a la izquierda y la turbina de la segunda fila gira en el sentido antihorario, o al revés, es decir, las turbinas de la primera fila giran en el sentido horario, y la turbina de la segunda fila está a la izquierda y gira en el sentido antihorario, o a la derecha y gira en el sentido horario, donde el borde trasero de las palas de la segunda turbina se encuentra de manera predominante en la región de la velocidad del viento predominante al lado y a sotavento de la turbina de la fila delantera, y el borde delantero de las palas de la segunda turbina se encuentra de manera predominante en la región de turbulencia circular al lado y a sotavento de la primera fila.

A continuación, se describe por primera vez un procedimiento para colocar una pluralidad de turbinas de arrastre de eje vertical para una producción máxima de energía, que comprende una pluralidad de turbinas en la primera fila dispuestas perpendiculares al viento, por lo menos una en una segunda fila adyacente y periférica a un lado en la primera fila a una distancia con respecto al perímetro de una turbina de la segunda fila de 1.05 a 1.6 veces el radio de la primera turbina hasta el árbol de la turbina de la fila anterior.

A continuación, se describe por primera vez un procedimiento para coordinar la interacción entre las palas de un parque de energía con turbinas de eje vertical, que comprende las etapas de proporcionar por lo menos dos turbinas a una distancia entre sí inferior a un diámetro de pala, y proporcionar un microprocesador con memoria que recibe información sobre por lo menos las posiciones de las palas y la velocidad y dirección del viento, y coordinar por medio de la salida del microprocesador la posición de las palas entre sí.

A continuación, se describe por primera vez un procedimiento para colocar turbinas de arrastre de eje vertical en un parque, proporcionando una primera y una segunda fila de turbinas, en el que una turbina en la segunda fila está parcialmente en la estela de una turbina de la primera fila y parcialmente fuera de dicha estela y el borde

trasero de las palas de una turbina en la segunda fila está en la dirección del flujo de fluido fuera de la estela.

5 A continuación, se describe por primera vez un procedimiento para aumentar la salida eléctrica de por lo menos dos turbinas en por lo menos dos filas en un parque de energía, en el que por lo menos la mitad del diámetro de una turbina de la segunda fila está colocada en una zona de mayor velocidad del viento adyacente y detrás de la primera turbina y dicha área de mayor velocidad del viento está orientada hacia los bordes traseros.

10 A continuación, se describe por primera vez un procedimiento para disponer una pluralidad de turbinas de arrastre de eje vertical, que comprenden conformaciones y tamaños similares, con una solidez del 20 % o más, proporcionando la colocación de las turbinas a una distancia desde el árbol central de una hasta el perímetro de la otra de 1.05 a 1.6 veces el radio,

15 A continuación, se describe por primera vez un procedimiento para aproximar turbinas en un flujo de 180 grados, que comprende las etapas de proporcionar por lo menos una turbina en un ángulo recto con respecto a la primera turbina en cada lado, y colocar las turbinas a menos de 3 diámetros de pala desde el árbol de una turbina hasta el otro de su lado, y coordinar el movimiento de las palas de turbinas adyacentes con por lo menos uno entre el grupo de: inclinar una pala de la Turbina 2 aproximadamente en la posición del punto medio del ángulo de dos palas de la turbina 1, dirigir el ángulo de las palas de modo que los ángulos de las turbinas adyacentes estén en diferentes ángulos, proporcionando diferentes revoluciones por minuto de las turbinas. En una forma de realización, el procedimiento comprende además: (d) Colocar un dispositivo de desvío de flujo adyacente a cualquiera de las turbinas. Según otra forma de realización, las turbinas son de un diámetro de 2 aspas o menos de árbol a árbol.

25 A continuación, se describe por primera vez un procedimiento para disponer turbinas de arrastre de eje vertical en un parque, cada turbina con una solidez del 20% o más, y siendo la distancia desde el árbol de una primera turbina hasta el perímetro de una segunda Turbina 1.05 a 1.6 veces el radio de la primera turbina, en presencia de un número limitado de turbinas, mediante la etapa de proporcionar tantas turbinas como sea posible en una fila perpendicular al viento antes de colocar más en una segunda fila.

30 **Breve descripción de varias vistas de los dibujos**

La invención se describe en la presente memoria, únicamente a título de ejemplo, haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

35 La figura 1 es un diagrama de una turbina de 3 palas de un solo eje vertical al viento.

La figura 2 es un diagrama del flujo alrededor de una turbina de 2 palas en un plano.

La figura 3 es un diagrama del flujo alrededor de una turbina de 2 palas en un segundo plano.

40 La figura 4 es un diagrama del flujo alrededor de una turbina de 2 palas en un tercer plano.

La figura 5 es un diagrama del flujo alrededor de 3 turbinas de tres palas.

45 La figura 6 es un diagrama del flujo alrededor de dos filas de 3 turbinas de tres palas.

La figura 7 es un diagrama del flujo alrededor de dos filas a contragiro.

La figura 8 es un diagrama de las convenciones de derecha e izquierda que se muestran en la patente.

50 La figura 9 es un diagrama de la definición de solidez.

La figura 10 es un diagrama de un diseño de parque eólico modificado en forma de V.

55 La figura 11 es un diagrama de la coordinación de la posición de las palas con un dispositivo de deflexión de flujo.

Descripción detallada de la invención

60 La presente invención proporciona soluciones innovadoras para obtener la máxima producción de pequeñas turbinas de arrastre de eje vertical al considerarlas como un sistema de agrupación energético. Esta agrupación permite crear más potencia en un espacio reducido. La patente se aplica a cualquier fluido. En el presente documento, se utiliza "viento" simplemente como la aplicación más común, pero cualquier uso de "viento" se refiere también a otros fluidos.

65 **Definiciones:** El borde delantero es la parte de una pala que está al frente. El borde trasero está detrás. El borde trasero captura el viento en una turbina de arrastre. Es una variación de una copa. En la figura 8, el número de

referencia (54) representa la dirección del viento que golpea el borde trasero. Para mayor claridad, la turbina encara el viento que viene de 180 grados, por lo que el número de referencia (55) es el lado derecho y el número de referencia (56) es el izquierdo.

5 Una turbina de sustentación es como un ala, y se mueve no por contener la corriente de fluido en el borde trasero, sino por los efectos aerodinámicos del movimiento hacia zonas de baja presión creadas por la forma de la pala o el ala. Por lo tanto, las turbinas de sustentación y de arrastre presentan estructuras diferentes.

10 Se hace referencia al viento que se acerca a la turbina desde 180 grados. Por lo tanto, la derecha está a 90 grados y la izquierda a 270 grados. Esto permite enfatizar que el viento puede venir de cualquier dirección, pero que las disposiciones están en una dirección predominante del viento en relación con las turbinas.

15 Solidez: Las turbinas de la presente patente son turbinas de arrastre de eje vertical. Por lo tanto, suelen tener una mayor cantidad de solidez, porque tienen forma de copa en lugar de forma de ala, y necesitan, en general, contener la mayor cantidad posible de flujo de fluido. La figura 9 ilustra este aspecto. Los números de referencia (57), (59) y (61) son los diámetros de la turbina. Los números de referencia (58), (60) y (62) son los espacios abiertos entre las palas que, en general, son mucho menores en una turbina de arrastre que en una turbina de sustentación y la solidez es la proporción de (57) menos (58) dividido entre (57), que en la figura es de alrededor del 80 %. La solidez es el porcentaje de pala de la turbina que bloquea el recorrido recto teórico del fluido a través de la turbina. En una
20 turbina de arrastre de baja solidez, la relación del diámetro (59) menos el espacio abierto (60) dividido entre (59) es mucho menor, alrededor del 40 %. Esta baja solidez significa que habrá un menor efecto de agrupación por desviación del flujo hacia los lados. Debido a ello, se excluye de la esta invención una solidez del 20 % o inferior. Con el propósito de simplificar la explicación de los diagramas, se ignora el impacto del árbol. En general, se presenta una solidez mucho menor en las turbinas de eje vertical de sustentación. Sus palas (63) son estructuras
25 largas y delgadas que crean un efecto de sustentación similar al de un ala. En este caso, el espacio abierto (62) es casi igual al del diámetro (61), de modo que la solidez es de alrededor del 10 %.

30 Se utilizan los sentidos horario y antihorario para los ejemplos de turbinas que giran en grupos. Sin embargo, puede existir exactamente la misma situación cuando se invierten los roles de las turbinas. Por lo tanto, el lenguaje se deberá entender como una convención para poder realizar comparaciones.

Los principios y el funcionamiento de un parque de turbinas de arrastre de eje vertical según la presente invención se pueden entender mejor haciendo referencia a los dibujos y a la descripción adjunta.

35 Haciendo referencia ahora a los dibujos, la figura 1 ilustra una turbina eólica de 3 palas de tipo arrastre (2) mientras se mueve debido al viento. El viento procede de la izquierda. El elemento (1) muestra la escala de las velocidades del viento que se muestran a partir de la interacción de la turbina y el viento, de menor a mayor velocidad del viento en la parte superior. Originalmente, la figura estaba en color. En consideración a la normativa de las figuras en patentes, las partes relevantes están numeradas y comentadas. El elemento (3) es una línea de puntos que
40 muestra el diámetro de la turbina. Dicha turbina se muestra girando en sentido antihorario. Orientado en la dirección del viento, el punto (4) es donde el viento de la derecha ha alcanzado alta velocidad después de perder velocidad en la zona de la turbina. Se extiende hasta un ángulo de alrededor de 150 grados con respecto al viento desde el árbol de la turbina. El punto (5) es el mismo a la izquierda. Se debe observar que a la izquierda, se ha producido una recuperación parcial de la velocidad más cerca de la turbina que en el punto (5), pero está más lejos que el
45 retorno a la velocidad máxima. En el lado derecho, la recuperación de velocidad alta igual o mayor que el viento predominante es aproximadamente de 0,05 a 0,25 veces el diámetro de la turbina desde la parte exterior de la turbina en el plano perpendicular a la dirección del viento en el árbol de la turbina. A la izquierda, la recuperación se encuentra en una relación de alrededor de 0,4 a 0,6 veces el diámetro de la turbina en el plano perpendicular a la dirección del viento en el eje de la turbina. La línea teórica (6) muestra que el ángulo desde los lados de la turbina
50 donde está presente la estela de vórtices turbulentos (el número de referencia 8 es el ejemplo más intenso) se extiende en abanico entre 15 y 30 grados a ambos lados de la turbina. Esta es una imagen bastante típica de las estelas vistas desde las turbinas eólicas. Cabe destacar que la zona de mayor turbulencia circular esté confinada en la zona (8). El punto (7) muestra una región adyacente donde la velocidad del viento es más uniforme y ligeramente más alta que la de la zona turbulenta en un lado, y donde la desviación del viento con respecto a la
55 turbina hacia su izquierda está comenzando a aumentar en velocidad. Esto sugiere que colocar una segunda fila de turbinas de dirección giratoria similar con un árbol en la zona del punto (7) permitiría que dicha turbina se beneficiara tanto de las áreas de viento interno de paso entre las palas de la turbina como del viento desviado de la turbina, al mismo tiempo que se beneficia de una resistencia reducida si sus palas pasan a través de la zona que se muestra con el número de referencia (8) en una dirección antihoraria. El punto (7) se encuentra en el borde de una zona de turbulencia circular, donde los vectores del viento están empezando a enderezarse. Se presenta una interfase similar a favor del viento y a la derecha de la turbina. Dado que el viento pasa a ser rápido hacia el exterior de los puntos (4) y (5) aproximadamente en el plano de las palas, esas regiones serían ideales para colocar
60 turbinas adyacentes que experimentarían velocidades de viento más altas y, por lo tanto, una mayor producción de electricidad que cada turbina individualmente. Las turbinas de eje vertical normalmente presentan la desventaja de tener que resistir el viento de la misma velocidad en el recorrido de regreso, ya que sus bordes delanteros están orientados al viento en lugar de que los bordes traseros lo capturen; las figuras del presente documento que
65

muestran un parque eólico que funciona como un sistema muestran cómo se puede minimizar esta desventaja mediante la colocación adecuada de las turbinas en relación con las demás.

5 El tema de las estelas también es importante para las turbinas de eje horizontal, y es donde se pueden adoptar algunos enfoques que también se aplican a las turbinas de eje vertical. La práctica estándar ha sido separar las turbinas de eje horizontal, incluso en la misma fila, perpendicularmente al viento predominante a una distancia de 3 a 5 diámetros de pala para evitar interacciones negativas de estela. La figura 11 sugiere dos procedimientos para acercar las palas que también se aplican a las turbinas de eje vertical. Las palas de las turbinas se pueden coordinar de modo que estén en diferentes ángulos con respecto a la dirección del viento al mismo tiempo. La figura 11 ilustra este aspecto con dos turbinas de eje horizontal (72) y (73) cuyas palas se encuentran en diferentes ángulos al mismo tiempo. Sus efectos de orientación (el ángulo de las palas hacia el viento) y las revoluciones por minuto también pueden afectar las estelas. Otro procedimiento es utilizar un dispositivo de desvío de flujo, en cualquier relación con las turbinas, ya sea en contra del viento para afectar la potencia o en ángulos rectos para bloquear las estelas, tal como se muestra con el número de referencia (74), en coordinación con cualquiera de estos procedimientos. Utilizando estos procedimientos, se podría lograr una distancia entre turbinas adyacentes de 2 diámetros de pala incluso para turbinas de eje horizontal.

20 Las figuras 2 a 4 muestran unas simulaciones de una turbina eólica de arrastre de eje vertical único con diferentes formas en diferentes niveles verticales. En las figuras 2 a 4, las líneas de puntos (9), (14), (19) representan los diámetros de las turbinas a varias alturas. Las distancias (11), (13), (16), (17), (21) y (22) muestran las distancias desde el borde de la turbina hasta las áreas donde la velocidad del viento se recupera hasta la velocidad predominante. Las palas de otra turbina eólica centrada en las áreas de (10), (12), (15), (18), (20) y (23) obtendrían el mayor beneficio de la zona de viento que es mayor que la velocidad predominante. Después de los puntos exteriores de las áreas (10), (12), (15), (18), (20) y (23), el viento desciende hasta la velocidad predominante. Se deberá observar que, aunque los diámetros de la turbina difieren en diferentes niveles, ya que se trata de una turbina ahusada, siendo la de la figura 4 la más pequeña, la diferencia en las formas hace que la misma distancia desde el árbol de la turbina a varias alturas sea la ubicación que experimenta el aumento en la velocidad del viento desde la interacción del viento con la turbina. Este aspecto único del diseño permite el agrupamiento de turbinas con variaciones en las formas.

30 La figura 5 muestra la agrupación de una sola fila de turbinas que giran todas en el mismo sentido, en este caso en sentido antihorario. La Turbina 1 se indica con el número de referencia (24), la Turbina 2 se indica con el número de referencia (25) y la Turbina 3 se indica con el número de referencia (26). Los puntos (27) y (28) son donde la velocidad del viento se recupera a la velocidad del viento predominante o superior, y serían los puntos en los que, si fuera ideal, se colocaría el borde de una turbina eólica adyacente. La combinación de turbinas similares en una fila consigue desplazar la zona de turbulencia circular más a sotavento con respecto a la primera fila de turbinas que lo que tenía lugar con una sola turbina, y permite colocar una segunda fila de turbinas a sotavento de la primera, cuyas palas pueden aprovechar el viento canalizado entre las turbinas en los puntos 29 y 30.

40 En general, se observa que la mayoría de las turbinas deberían estar girando en el mismo sentido, excepto las que están en los bordes exteriores de un parque eólico, y ese aspecto depende de si las turbinas giran en el sentido horario o en el sentido antihorario.

45 Los puntos (31) y (32) muestran el límite entre el viento turbulento y el viento no turbulento de mayor velocidad. El ángulo es mucho menor que con una sola turbina (6). Esto significa que, especialmente en una zona donde el viento procede mayoritariamente de una dirección, o donde hay restricciones en las áreas disponibles para colocar las turbinas, la colocación ideal es o bien una al lado de la otra en una sola fila, o bien cada una aguas abajo de la otra muy ligeramente hacia un lado.

50 La figura 6 muestra dos filas de tres turbinas cada una, (33) a (38). Las líneas de puntos (40) y (41) muestran que la zona de turbulencia circular y de menor velocidad del viento se vuelve aún más confinada a favor del viento con dos filas de turbinas. La turbina (38) se beneficia de una concentración de la velocidad del viento de la corriente (42). La turbina (36) se beneficia de la corriente (43).

55 La figura 7 muestra dos filas de turbinas (44) a (49). Las turbinas (44), (46) y (48) giran en sentido antihorario, las turbinas (45), (47) y (49) giran en sentido horario en un patrón alternativo. En general, este parece ser un enfoque inferior. Los ángulos de las líneas (50) y (51) son mucho mayores. Los vórtices de menor velocidad ocupan mucho más espacio. Las corrientes (52) y (53) muestran que la segunda fila todavía se beneficia, pero no tanto. La conclusión es que el contragiro solo tiene sentido para la turbina exterior, a la derecha cuando la mayoría de las turbinas giran en sentido antihorario, y a la izquierda cuando la mayoría giran en sentido horario. Este aspecto demuestra claramente que la técnica anterior que hace referencia al contragiro es irrelevante para las turbinas de arrastre.

65 Si hay un número limitado de turbinas disponibles, una de las soluciones ventajosas es colocarlas en una fila en la línea perpendicular al viento predominante. Otra opción es utilizar una disposición en V o en V modificada que aproveche las corrientes a favor del viento y el hecho de estar en la primera fila. La figura 10 muestra una

disposición en V modificada. Idealmente, la primera fila (67, 68) prevé más de una turbina, de este modo, se limita el área de vórtices a más de una turbina. El mismo proceso tiene lugar para la segunda fila, que se muestra con turbinas (65, 66, 69, 70) a cada lado y, así, sucesivamente.

- 5 La fórmula ideal para la distancia desde el árbol de una turbina hasta el borde de la siguiente, reivindicada para todas las turbinas de un parque, en las formas de realización de la primera fila o de dos turbinas adyacentes cualesquiera en cualquier fila o de fila a fila, es de 1.2 veces el radio, con un rango de entre 1.05 a 1.6. En una forma de realización, esto se aplica a la solidez (en referencia al área de la sección transversal que cubre las palas) del 50 % o más. En otra forma de realización, se aplica al 20 % o más. En una forma de realización, esto se aplica a turbinas de diámetro de 1 a 5 metros. Otra forma de definir la reivindicación es una distancia de separación de 0.2 metros, más o menos el 10 %, desde el borde de las posiciones más cercanas de las palas en forma de copa en dos turbinas. En otra forma de realización, las turbinas adyacentes giran en sentido contrario dentro de una fila. En otra forma de realización, las turbinas de arrastre adyacentes entre una fila y otra giran en sentido contrario.
- 10
- 15 En otra forma de realización, un microprocesador controla la coordinación de las posiciones y/o orientaciones de las palas de turbinas adyacentes en un parque eólico para obtener la máxima potencia. Esto se ha analizado con anterioridad para turbinas de eje horizontal, pero también es novedoso para turbinas de eje vertical. En otra forma de realización, las configuraciones anteriores se colocan en un tejado. Una forma de realización es la colocación de turbinas de diferentes tipos adyacentes entre sí. Por ejemplo, una turbina de arrastre de eje vertical de 3 palas
- 20 podría coordinar una potencia de salida mejorada con una turbina de elevación de eje vertical de 2 palas.

Se han realizado algunas simulaciones para varias disposiciones posibles:

Número de filas	Disposición	Espacio ocupado total (m ²)	Espacio ocupado total por turbina (m ²)	Máxima CP por turbina	Potencia total (6 m/s)	Potencia total (12 m/s)
1	9x1	100	11	0.14	1.9	15.4
2	5+4	270	30	0.12	1.6	13.2
3	3+3+3	200	22	0.09	1.2	9.8

- 25 La tabla anterior muestra que una fila inicial larga proporciona la combinación ideal de espacio consumido y potencia producida. El parámetro Cp se refiere a la eficiencia de la turbina.

Si bien la invención se ha descrito con respecto a un número limitado de formas de realización, se apreciará que se pueden realizar muchas variaciones, modificaciones y otras aplicaciones de la invención.

30

REIVINDICACIONES

1. Sistema de una pluralidad de turbinas de eje vertical que comprende unos árboles centrales y unas palas periféricas,
- 5 cada turbina comprende un eje y por lo menos una pala curvada y en forma de copa del tipo de arrastre que incluye una parte delantera y una parte trasera, el tipo de arrastre definido como una pala que se asemeja más a una copa que a un perfil aerodinámico, que comprende:
- 10 cada una de dichas turbinas fijadas en una ubicación,
- una turbina designada como Turbina 1, una turbina de arrastre de rotación en sentido antihorario o en sentido horario, presentando dicha turbina una solidez del 20 % o más, siendo la solidez el porcentaje de las palas de turbina que bloquea el recorrido recto teórico del viento a través de la turbina,
- 15 una turbina designada como Turbina 2, cuyo perímetro, cuando está más cerca del perímetro de la Turbina 1, se encuentra a una distancia del árbol de la Turbina 1 de entre 1.05 y 1.6 veces el radio de la Turbina 1, la Turbina 2 dispuesta en una relación de 35 a 90 grados con respecto a la Turbina 1 orientada a un flujo de fluido procedente de 180 grados en cualquier momento en su orientación de flujo, presentando las turbinas 1 y 2 el mismo diámetro de turbina,
- 20 cada turbina presenta una variación en el diámetro a lo largo de su altura de manera que es una turbina ahusada y una variación en la forma a lo largo de su altura de manera que la misma distancia desde el árbol de cada turbina a varias alturas es una ubicación que experimenta un aumento en la velocidad del viento a partir de la interacción del viento con cada turbina, lo que permite la agrupación de las Turbinas 1 y 2, estando una de las turbinas situada de manera que se beneficie del aumento de la velocidad del viento de la otra turbina.
- 25
2. Sistema según la reivindicación 1, en el que las Turbinas 1 y 2 giran en la misma dirección (33 y 34).
- 30
3. Sistema según la reivindicación 1, en el que las Turbinas 1 y 2 giran en sentidos opuestos (45 y 46).
4. Procedimiento para colocar turbinas de eje vertical, comprendiendo cada turbina un árbol y por lo menos una pala curvada y en forma de copa del tipo de arrastre que incluye una parte delantera y una parte trasera, en un flujo que comprende las etapas siguientes:
- 35 proporcionar la turbina 1, fija en una ubicación, una turbina de arrastre con una rotación en sentido antihorario o en el sentido horario, presentando dicha turbina una solidez del 20 % o más, siendo la solidez el porcentaje de las palas de la turbina que bloquea el recorrido recto teórico del viento a través de la turbina,
- 40 proporcionar la Turbina 2, situada a una distancia fija con respecto a la Turbina 1, cuyo perímetro, cuando está más cerca del perímetro de la Turbina 1, está ubicado a una distancia del árbol de la Turbina 1 aproximadamente de 1.05 a 1.6 veces el radio de la Turbina 1, la Turbina 2 dispuesta en una relación de 35 a 90 grados con respecto a la Turbina 1 orientada a un flujo de fluido procedente de 180 grados en cualquier momento en su orientación de flujo, presentando las Turbinas 1 y 2 el mismo diámetro de turbina,
- 45 cada turbina presenta una variación de diámetro a lo largo de su altura de manera que es una turbina ahusada y una variación de forma a lo largo de su altura de manera que la misma distancia con respecto al árbol de cada turbina a varias alturas es una ubicación que experimenta un aumento en la velocidad del viento a partir de la interacción del viento con cada turbina, lo que permite la agrupación de las Turbinas 1 y 2, estando una de las turbinas colocada de manera que se beneficie del aumento de la velocidad del viento de la otra turbina.
- 50
5. Procedimiento según la reivindicación 4, que comprende asimismo: colocar un dispositivo de desviación de flujo adyacente a cualquiera de las turbinas.
- 55
6. Procedimiento según la reivindicación 4, en el que la dirección del viento se define como fluyendo desde 180 grados hasta cero grados, en el que la Turbina 1 gira en sentido antihorario y la Turbina 2 gira en sentido antihorario, y la Turbina 2 está situada a la izquierda de la Turbina 1 orientada hacia el viento (33 y 34), o la Turbina 2 gira en el sentido horario (45) y está situada a la derecha de la Turbina 1 orientada hacia el viento, o la Turbina 1 gira en el sentido horario y la Turbina 2 gira en el sentido horario y está situada a la derecha de la Turbina 1 orientada hacia el viento, o la Turbina 1 gira en el sentido horario y la Turbina 2 gira en el sentido horario y está situada a la derecha de la Turbina 1 orientada hacia el viento.
- 60
7. Procedimiento según la reivindicación 4, que comprende asimismo colocar la Turbina 2 (49) de manera que por lo menos parte de por lo menos su parte delantera de pala curvada se encuentre a sotavento de la Turbina 1 (46) en una zona de turbulencia circular a sotavento de dicha Turbina 1.
- 65

8. Procedimiento según la reivindicación 4, en el que la dirección del viento se define como fluyendo desde 180 grados hasta cero grados, que comprende:

5 proporcionar la Turbina 2 en una primera fila adyacente a la Turbina 1, estando la Turbina 2 situada aproximadamente a 270 grados de la Turbina 1, estando una Turbina 3 colocada en una segunda fila, a sotavento, entre y al lado de las Turbinas 1 y 2, en el que las Turbinas 1 y 2 giran en sentido antihorario (34 y 35), y la Turbina 3 está entre cero y 180 grados de la Turbina 2 y gira en sentido horario, o la Turbina 3 se encuentra entre 180 y cero grados de la Turbina 1 y la Turbina 3 gira en sentido antihorario (36),

10 o bien las Turbinas 1 y 2 giran en el sentido horario, y la Turbina 3 se encuentra entre 180 y cero grados de la Turbina 1 y gira en el sentido antihorario, o bien la Turbina 3 se encuentra entre cero y 180 grados de la Turbina 2 y gira en el sentido horario,

15 en el que el borde trasero de las palas de la turbina 3 se encuentra predominantemente en la región de la velocidad del viento predominante a los lados y a sotavento de las Turbinas 1 y 2 (36 y 43), y el borde delantero de las palas de la Turbina 3 se encuentra predominantemente en una región de turbulencia circular a los lados y a sotavento de las Turbinas 1 y 2 (36).

20 9. Procedimiento según la reivindicación 4, que comprende las etapas adicionales de proporcionar un microprocesador con memoria que recibe información sobre por lo menos las posiciones de las palas de las turbinas a lo largo de sus ejes de rotación y la velocidad y dirección del viento, coordinando mediante la salida del microprocesador la posición de las palas de la Turbina 1 y la posición de las palas de la Turbina 2 a lo largo de sus rotaciones una con respecto a la otra, operativo para maximizar la provisión de viento de alta velocidad de una a la otra (72 y 73).

25 10. Procedimiento según la reivindicación 4, que comprende: colocar la Turbina 1 en una primera fila, en la que la Turbina 1 produce una región cercana de viento de mayor velocidad a sus lados cuando está orientada hacia una dirección de flujo, la Turbina 2 está situada de manera que, por lo menos la mitad del diámetro de la Turbina 2 está situada en la región de mayor velocidad del viento adyacente a la Turbina 1, y dicha área de mayor velocidad del viento está orientada hacia los bordes traseros de dicha por lo menos una pala de la Turbina 2 (24, 25, 26; 38 y 42).

Figura 1

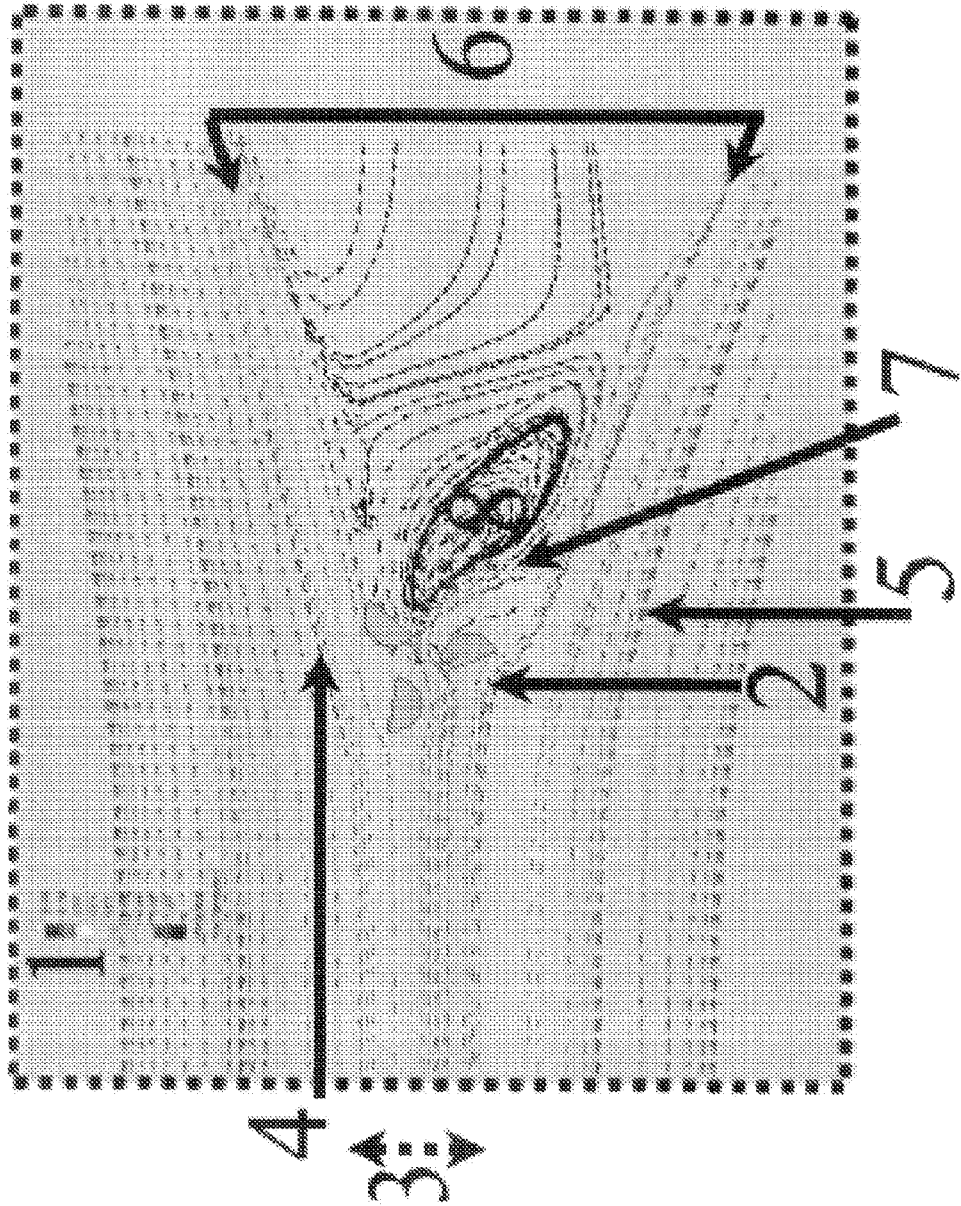


Figura 3

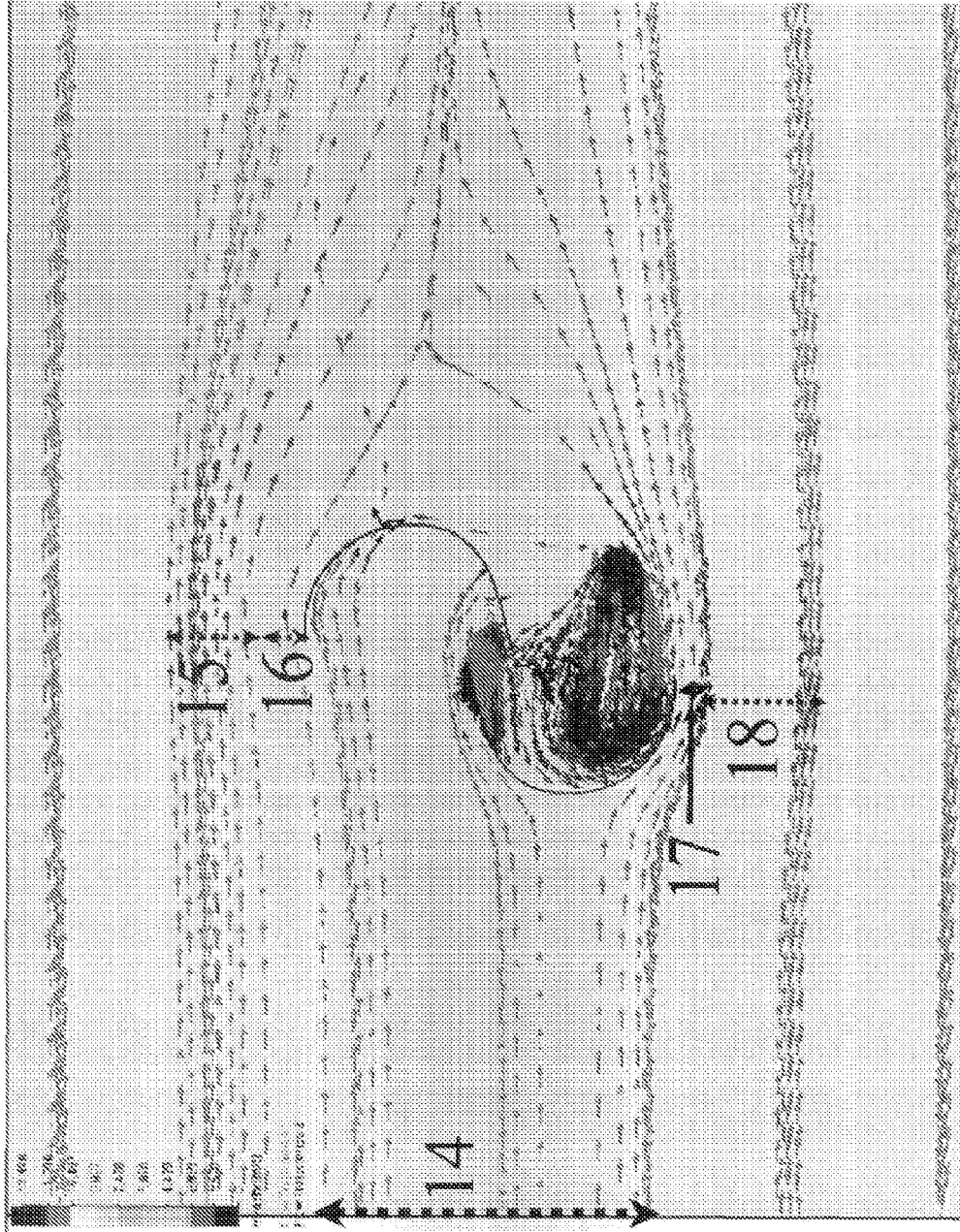


Figura 4

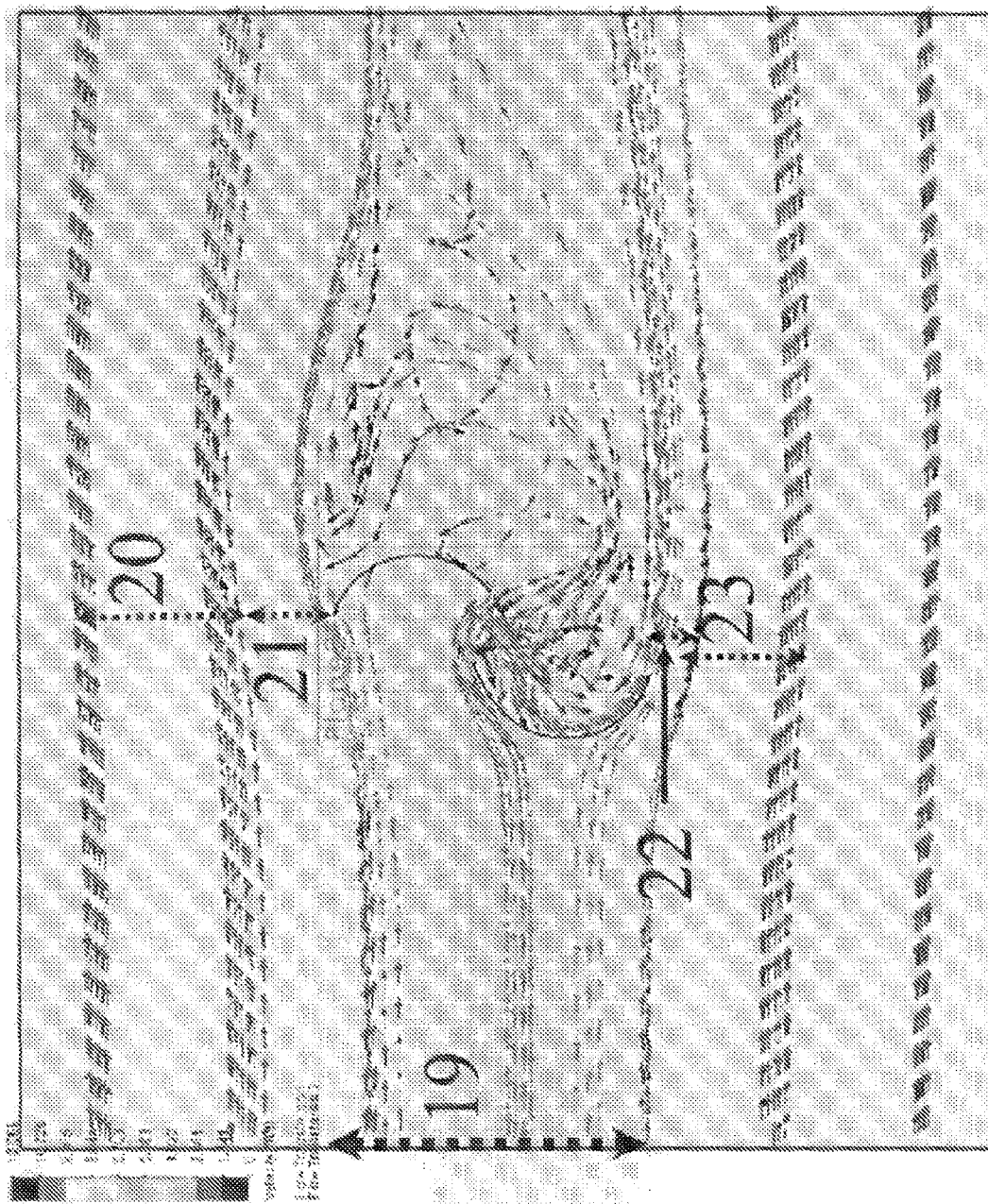


Figura 5

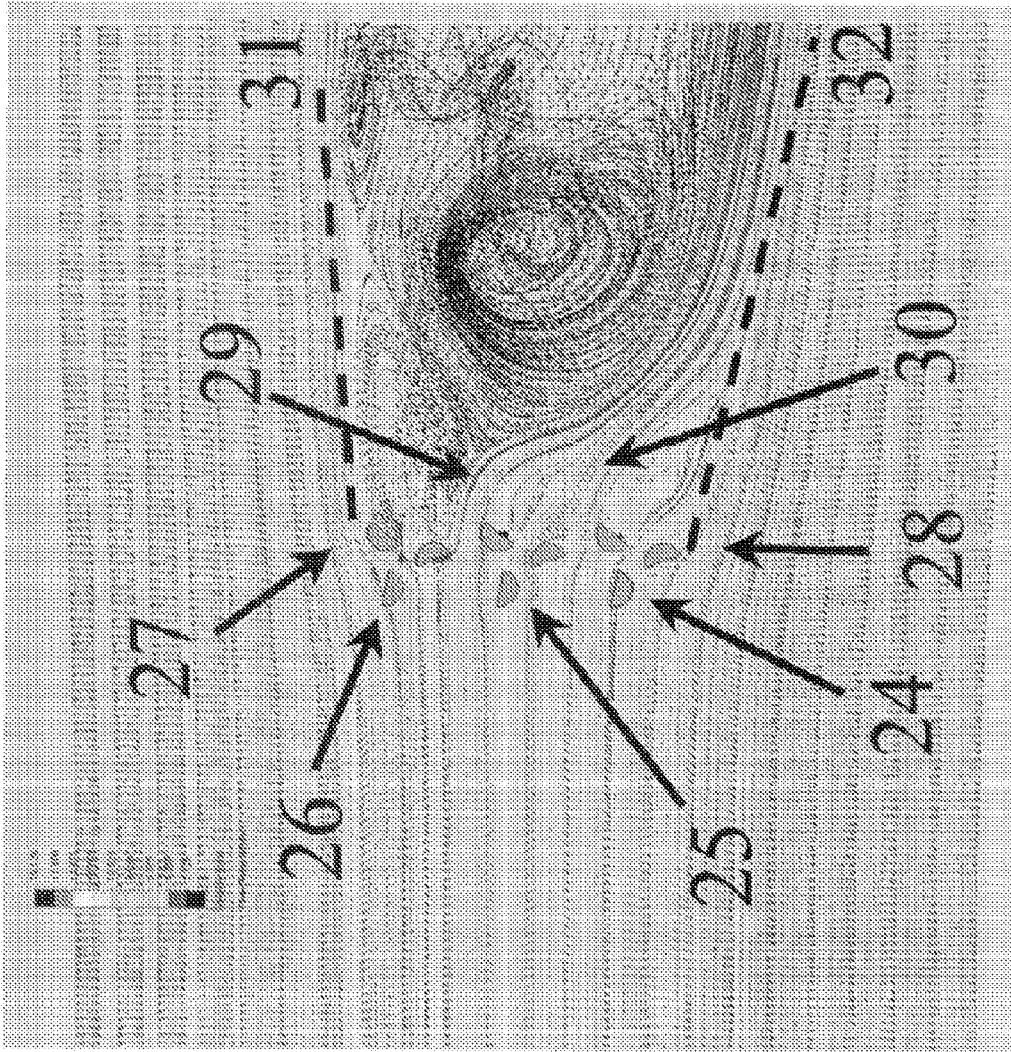


Figura 6

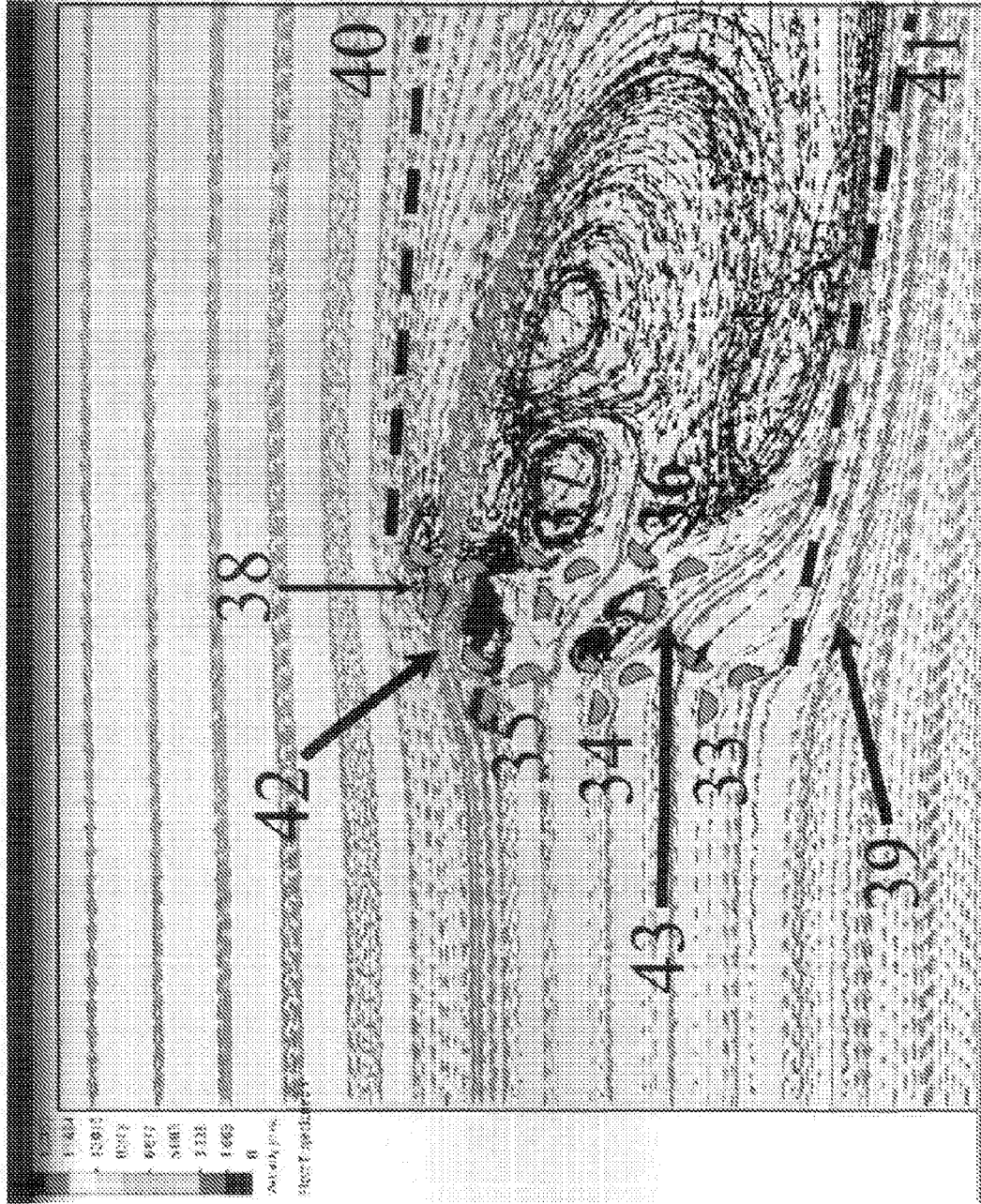


Figura 7

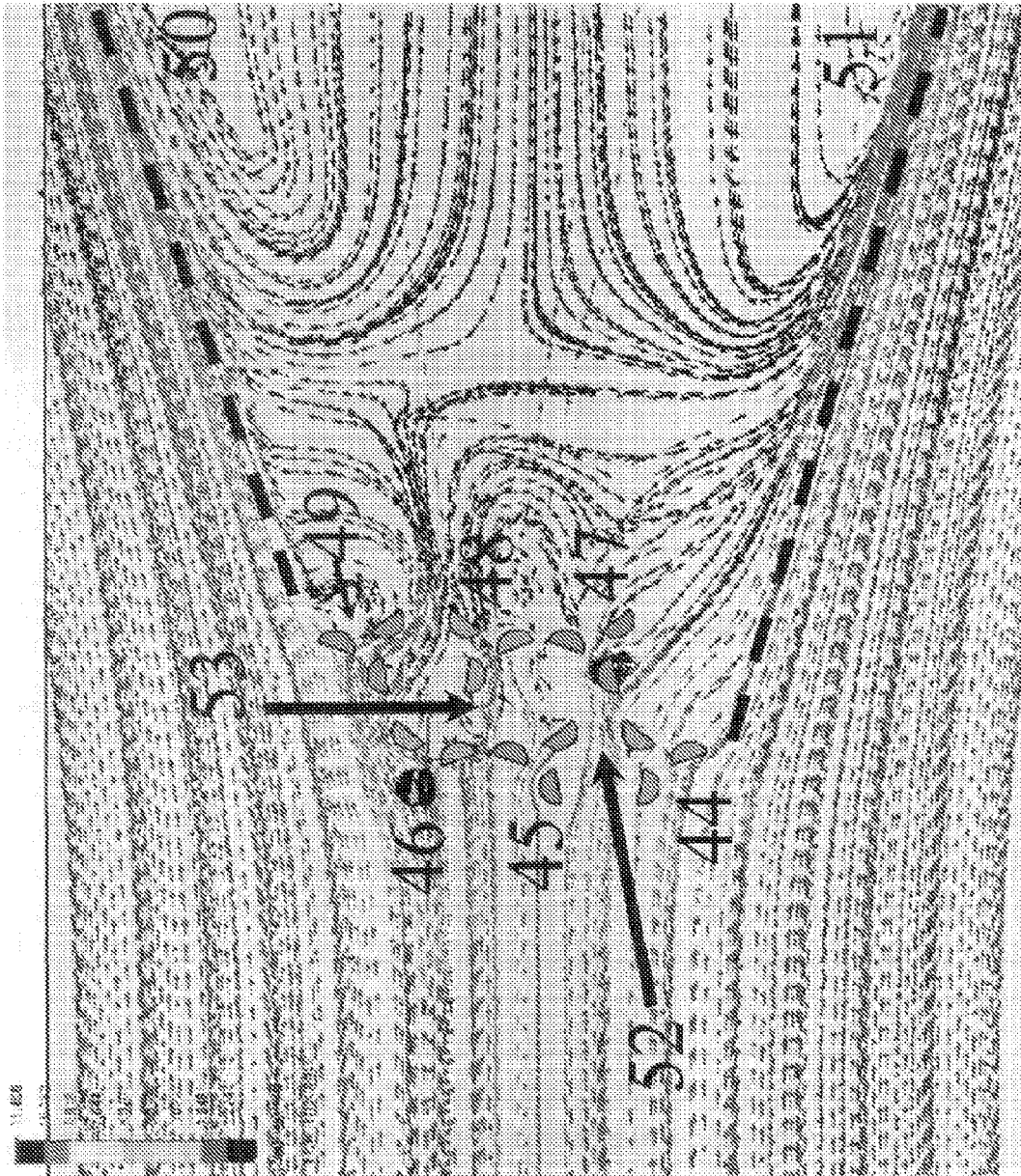
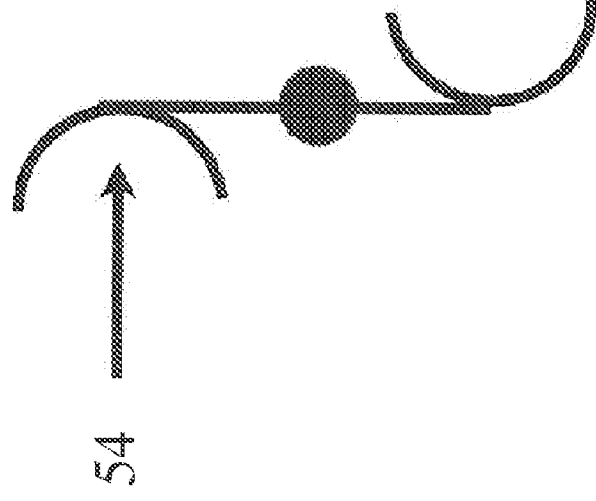


Figura 8

55 DERECHA



56 IZQUIERDA

Figura 9

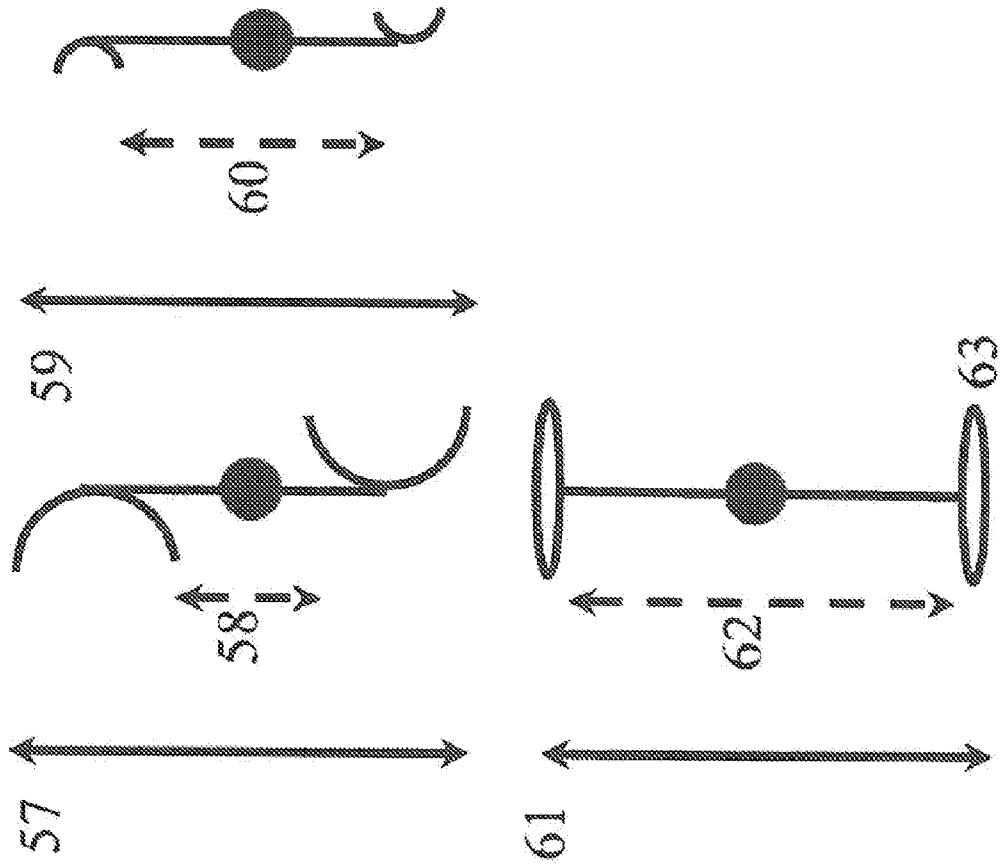


Figura 10

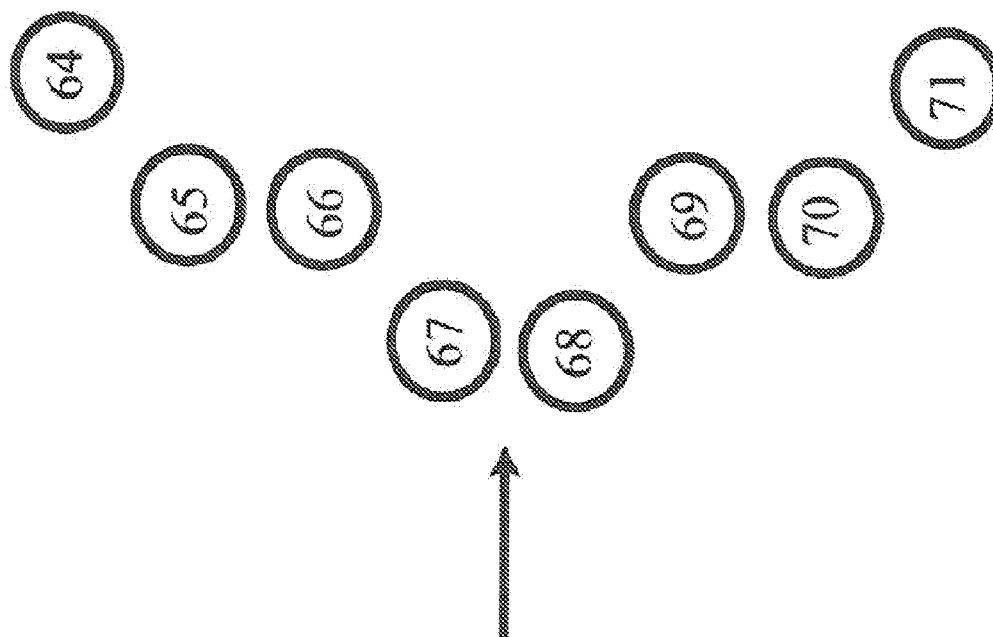
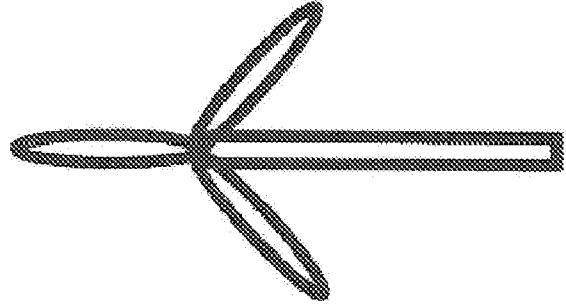


Figura 11

72



74



73

