

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 974 234**

51 Int. Cl.:

F03D 3/00 (2006.01)

F03D 3/02 (2006.01)

F03D 3/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.12.2019** **PCT/US2019/065950**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.06.2020** **WO20131563**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.12.2019** **E 19832531 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.01.2024** **EP 3899248**

54 Título: **Sistema de turbina con palas que producen sustentación**

30 Prioridad:

18.12.2018 US 201862781382 P
29.03.2019 US 201916370054

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
26.06.2024

73 Titular/es:

BERNOULLI LLC (100.0%)
3957 Mayfield Road
Cleveland Heights OH 44121, US

72 Inventor/es:

VAIL, JR., TOM y
LENARDUZZI, LONNIE P.

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 974 234 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

Sistema de turbina con palas que producen sustentación

5 Referencia cruzada a solicitud relacionada

Esta solicitud reivindica prioridad sobre la solicitud de patente de Estados Unidos 16/370.054, presentada el 29 de marzo de 2019, que reivindica prioridad sobre la solicitud provisional U.S. 62/781.382, presentada el 18 de diciembre de 2018.

10 Antecedentes

Campo de la invención

15 La presente invención se refiere en general a sistemas de turbinas de fluidos y, más específicamente, a sistemas de turbinas eólicas para convertir la energía cinética de un flujo de aire en energía eléctrica o energía mecánica al pasar sobre palas para hacer girar un vástago.

20 Descripción de la técnica relacionada

Los sistemas de turbinas de fluidos son bien conocidos en la técnica y son eficaces para extraer energía de un flujo de aire o flujo de fluido (de aquí en adelante denominados colectivamente “flujo de aire”, reconociéndose que los sistemas de turbinas de fluidos pueden funcionar cuando se exponen a un flujo de fluido tal como un flujo de agua o un flujo de gas o un flujo de aire). Las grandes turbinas eólicas comunes en la técnica implican vástagos con un eje de rotación horizontal, donde el vástago generalmente está dirigido y orientado para ser paralelo al flujo de aire (lo que se denominará de aquí en adelante turbina eólica de eje horizontal o “HAWT”). En la HAWT unas palas se extienden radialmente hacia afuera desde el eje de rotación y, por lo tanto, están orientadas generalmente perpendiculares a la dirección del flujo de aire. Las palas no son simétricas desde el borde anterior hasta el borde posterior en sección transversal, frecuentemente tienen un ancho variable a lo largo de su longitud, están construidas con torsión a lo largo de su longitud para variar el ángulo anterior al flujo de aire, están dispuestas radialmente alrededor del vástago, siendo la longitud de las palas perpendicular al vástago, y capturan el flujo de aire haciendo que el vástago gire. Se utiliza una torre o soporte para elevar la HAWT hasta el flujo de aire.

Estos diseños de turbinas HAWT conocidos se utilizan mucho comercialmente, pero tienen desventajas que incluyen un área de superficie frontal muy grande (es decir, la superficie frontal grande se ve a lo largo de la dirección del eje de rotación, y las palas se extienden radialmente hacia afuera desde el mismo sobre un radio/diámetro grande) dando como resultado una apariencia poco atractiva e impopular, propensión de las palas a golpear a las aves debido a que las secciones exteriores de las palas viajan a velocidades muy altas, altos niveles de ruido, altos costos de mantenimiento debido a la posición elevada del generador y problemas de estabilidad resultantes de una longitud de vástago corta y otras deficiencias que requieren parar las turbinas a altas velocidades de flujo de aire. Muchas aplicaciones propuestas de las HAWT típicas de tres palas están legalmente prohibidas debido a la altura extrema y al área frontal de las turbinas, lo que las hace poco atractivas, impopulares y sujetas a grandes y frecuentemente inaccesibles retranqueos respecto a los límites de propiedad necesarios para hacer que las HAWT sean invisibles desde las propiedades adyacentes y ciertos otros puntos de observación.

Las turbinas con vástagos en un eje de rotación vertical colocado perpendicular al flujo de aire (lo que generalmente se denomina en el presente documento turbina eólica de eje vertical o “VAWT”) son comunes en la técnica, pero se usan comercialmente con menos frecuencia. Generalmente, las VAWT son menos eficientes que las turbinas de eje horizontal porque las VAWT exponen las palas al flujo de aire durante toda la rotación de 360 grados de las palas, lo que hace que las palas del rotor se muevan contra el viento durante una parte de la rotación completa de 360 grados de las Palas, lo que producen una resistencia que imparte una fuerza opuesta a la dirección de rotación deseada. La gran mayoría de las VAWT siguen los modelos de diseño de Savonius o Darrieus. Ambos modelos podrían beneficiarse de mejoras.

Continuando con la discusión anterior, los modelos de estilo Savonius usan palas que tienen una sección transversal semicircular o semiesférica que no genera sustentación resultante de una menor presión en el lado convexo de la pala que en el lado no convexo de la pala, cuando el fluido pasa por ambos lados de las palas para producir sustentación según lo descrito por el principio de Bernoulli (esta fuerza de sustentación del principio de Bernoulli se denomina en el presente documento “sustentación”); más bien, estas VAWT estilo Savonius simplemente reciben el viento a modo de copa con una porción de superficie interna cóncava de la pala de la turbina, lo que hace que el vástago gire y presente una porción de superficie convexa y de menor arrastre de la pala de la turbina al flujo de aire cuando las palas se mueven contra el flujo de aire. Generalmente, las palas de las VAWT estilo Savonius no están suspendidas a una distancia de separación del eje de rotación y se transmite poca o ninguna fuerza de rotación por parte de las palas que se mueven en el lado de corriente abajo o sotavento del eje de rotación (de aquí en adelante denominado colectivamente “sotavento”, reconociéndose que la presente invención funciona cuando se expone a un flujo de fluido tal como un flujo de agua así como un flujo de gas o un flujo de aire). Las VAWT estilo Savonius no protegen las palas

frente al flujo de aire cuando se mueven en una dirección opuesta al flujo de aire, sino que simplemente presentan al flujo de aire el lado convexo de la pala, de menor resistencia, cuando las palas se mueven en una dirección opuesta al flujo de aire predominante. En el estilo Darrieus de VAWT, las palas son generalmente asimétricas en sección transversal y están montadas según una matriz cilíndrica en lugar de radial alrededor del eje vertical de rotación colocado de manera que un eje "W" a lo ancho (cuerda) de las palas (cuyo eje a lo ancho es definido como una línea que corre perpendicular al borde anterior de la pala mirando hacia el flujo de aire y que se extiende hasta el borde posterior de la pala que no mira hacia el flujo de aire) colocado perpendicular a un eje longitudinal de unos brazos de montaje o formaciones de montaje (denominados colectivamente de aquí en adelante como "formaciones de montaje") cuyo eje longitudinal de las formaciones de montaje está alineado perpendicular al vástago y se extiende desde el punto en que las formaciones de montaje están unidas al vástago hasta el punto en que las formaciones de montaje están unidas a las palas. Además, las VAWT comúnmente soportan firmemente el vástago solo por la parte inferior, lo que genera cargas desiguales en los rodamientos y problemas de estabilidad para aplicaciones a gran escala y altas velocidades de flujo de aire. Finalmente, las VAWT convencionales no están diseñadas para estar alineadas con respecto a la dirección del flujo de aire, lo que les impide alinearse en ángulo con el flujo de aire para controlar de manera útil las velocidades de rotación del vástago o detener la rotación del vástago a altas velocidades del flujo de aire.

Por lo tanto, aunque se han logrado grandes avances en el ámbito de los sistemas de turbinas eólicas, el público en general considera que estas turbinas son una monstruosidad y esta objeción ha impedido la construcción de muchos parques eólicos.

En el documento EP 2.825.769 A1 se muestra un ejemplo de un sistema de turbina eólica de la técnica anterior.

Resumen de la invención

Según un aspecto de la invención, un sistema de turbina incluye: un vástago configurado para girar alrededor de un eje; una pluralidad de palas acopladas al vástago, en donde las palas están orientadas con el eje a lo ancho (cuerda) de las palas alineado en una dirección radial desde el eje, y en donde las palas están configuradas para proporcionar sustentación, según el principio de Bernoulli, resultante de una presión más baja en el lado convexo de las palas que en el lado no convexo de las palas, cuando el fluido pasa por ambos lados de las palas, en la dirección de rotación durante porciones de la rotación de las palas alrededor del eje en los lados del eje de rotación tanto de barlovento como de sotavento; formaciones de montaje que unen las palas al vástago y suspenden las palas lejos del vástago, con pasos de flujo de aire definidos entre el vástago y las palas; y un director de flujo de aire configurado para exponer las palas al flujo de aire durante una primera parte de rotación de las palas alrededor del eje, y para bloquear el flujo de aire a las palas durante una segunda parte de rotación de las palas alrededor del eje; en donde el director de flujo de aire está configurado y orientado para dirigir el flujo de aire en parte a través de los pasos de flujo de aire definidos entre el vástago y las palas.

Según una realización de cualquier párrafo de este resumen, el director de flujo de aire está colocado en el lado de barlovento de las palas.

Según una realización de cualquier párrafo de este resumen, el director de flujo de aire tiene desviadores de canalización de flujo montados en una superficie externa del director de flujo de aire, para desviar el flujo de aire hacia las palas.

Según una realización de cualquier párrafo de este resumen, el director de flujo de aire tiene una porción ubicada en el lado de barlovento de las palas y también una porción ubicada en el lado de sotavento de las palas.

Según una realización de cualquier párrafo de este resumen, el director de flujo de aire tiene además unos pasos de escape en la parte del director de flujo de aire que está situada a sotavento de las palas.

Según una realización de cualquier párrafo de este resumen, el director de flujo de aire define unos pasos laterales que permiten que el flujo de aire escape del área abarcada por la superficie del director de flujo de aire que no está expuesta al flujo de aire predominante.

Según una realización de cualquier párrafo de este resumen, cada una de las palas tiene una curvatura positiva cuando se ve en sección transversal, con una línea de curvatura media más cercana que una línea de cuerda a una superficie externa convexa de la pala.

Según una realización de cualquier párrafo de este resumen, cada una de las palas tiene un borde anterior, proximal al eje de rotación, y un borde posterior, distal al eje de rotación; y en donde para cada una de las palas, una línea de cuerda de la pala desde el borde anterior hasta el borde posterior interseca el eje de rotación.

Según una realización de cualquier párrafo de este resumen, cada una de las palas está configurada para proporcionar una sustentación positiva, según el principio de Bernoulli, en el lado de barlovento del vástago, que tiende a tirar de

las palas hacia el flujo de aire, y una sustentación negativa, según el principio de Bernoulli, en el lado de sotavento del vástago, que tiende a empujar las palas fuera del flujo de aire.

5 Según una realización de cualquier párrafo de este resumen, un sistema de turbina incluye además unas palas que pueden pivotar en una sola dirección alrededor de las formaciones de montaje a las que están unidas.

10 Según una realización de cualquier párrafo de este resumen, un sistema de turbina incluye además un generador que convierte la energía rotacional en energía eléctrica o mecánica, en donde el generador está conectado operativamente con el vástago.

15 Según una realización de cualquier párrafo de este resumen, en donde el director de flujo de aire está configurado para estar abierto por la parte frontal orientada hacia el flujo de aire y por la parte posterior, pero cerrado por la parte superior y por los lados mediante unas superficies que tienen un lado convexo orientado hacia el interior de la turbina para acelerar y/o dirigir el flujo de aire a través de la turbina.

20 Según una realización de cualquier párrafo de este resumen, un sistema de turbina incluye además una plataforma configurada para girar sobre un eje de manera que las palas expuestas al flujo de aire estén alineadas con la dirección del flujo de aire.

Según una realización de cualquier párrafo de este resumen, la plataforma es flotante.

Según una realización de cualquier párrafo de este resumen, la plataforma está conectada mediante una atadura a una montura fija que permite que la plataforma flote a favor del viento del flujo de aire.

25 Según una realización de cualquier párrafo de este resumen, el sistema de turbina se combina con ataduras utilizadas para montar el sistema de turbina en una estructura de soporte.

30 Según una realización de cualquier párrafo de este resumen, dos conjuntos de paleta/formación de montaje/vástago contrarrotativos comparten un único director de flujo de aire común.

Según una realización de cualquiera de los párrafos de este resumen, la turbina está montada en la parte superior y/o lateral de un edificio.

35 Según una realización de cualquier párrafo de este resumen, el sistema de turbina está en combinación con un sistema de turbina adicional en donde los dos sistemas de turbina tienen palas contrarrotativas y comparten un único director de flujo de aire común.

40 Según una realización de cualquier párrafo de este resumen, la turbina se coloca con un eje de rotación vertical y se monta sobre una placa giratoria o se le permite girar de otro modo sobre un pedestal.

Según una realización de cualquier párrafo de este resumen, cada una de las palas tiene una primera superficie externa que es convexa y una segunda superficie externa que no es convexa.

45 Según una realización de cualquiera de los párrafos de este resumen, la segunda superficie externa de las palas es plana.

Según una realización de cualquier párrafo de este resumen, cada una de las palas tiene un borde anterior, proximal al eje de rotación, y un borde posterior, distal al eje de rotación.

50 Según una realización de cualquier párrafo de este resumen, cada una de las palas es más delgada en el borde anterior y en el borde posterior que entre el borde anterior y el borde posterior.

55 Según una realización de cualquier párrafo de este resumen, cada una de las palas es más gruesa en un punto medio entre el borde anterior y el borde posterior.

Según una realización de cualquier párrafo de este resumen, cada una de las palas tiene un espesor simétrico en una dirección a lo ancho, alrededor del punto medio.

60 Según una realización de cualquier párrafo de este resumen, cada una de las palas tiene un espesor uniforme a lo largo del ancho de la pala.

Según una realización de cualquier párrafo de este resumen, la superficie externa de cada pala más cercana a la cuerda es cóncava.

65 Según otro aspecto de la invención, un sistema de turbina incluye: un vástago configurado para girar alrededor de un eje; una pluralidad de palas acopladas al vástago, en donde las palas están orientadas con el eje a lo ancho de la pala

alineado en una dirección radial a partir del eje; y un director de flujo de aire configurado para exponer las palas al flujo de aire durante una primera parte de rotación de las palas alrededor del eje, y para bloquear el flujo de aire a las palas durante una segunda parte de rotación de las palas alrededor del eje; en donde el director de flujo de aire tiene una porción ubicada a barlovento del eje de rotación y una porción ubicada a sotavento del eje de rotación; y en donde la porción del director del flujo de aire a barlovento tiene una forma convexa.

En las reivindicaciones adjuntas se exponen rasgos novedosos que se cree que son característicos de las realizaciones ilustrativas. No obstante, las realizaciones ilustrativas, así como un modo de uso preferido, otros objetivos y ventajas de las mismas, se entenderán mejor haciendo referencia a la siguiente descripción detallada leída en combinación con los dibujos adjuntos.

Si bien el sistema y método de uso de la presente solicitud es susceptible de diversas modificaciones y formas alternativas, realizaciones específicas de los mismos se han mostrado a modo de ejemplo en los dibujos y se describen aquí en detalle. Debe entenderse, sin embargo, que la presente descripción de realizaciones específicas no pretende limitar la invención a la realización particular divulgada, sino que, por el contrario, la intención es cubrir todas las alternativas que caen dentro del alcance de la presente solicitud tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una vista en perspectiva de una realización ilustrativa de un sistema de HAWT que tiene múltiples palas.

La Figura 2A es una vista en sección transversal de la Figura 1.

La Figura 2B es una representación esquemática de los sensores de dirección y velocidad del flujo del viento dirigidos hacia el flujo del viento.

La Figura 3 es una vista superior del sistema de la Figura 1.

La Figura 4 es una vista en perspectiva de una realización alternativa de un sistema de HAWT.

La Figura 5 es una vista en perspectiva de otra realización alternativa de un sistema de HAWT.

La Figura 6 es una vista en perspectiva de una realización ilustrativa de un sistema de VAWT que tiene múltiples palas.

La Figura 7A es una vista en perspectiva de una realización alternativa de un sistema de VAWT.

La Figura 7B es una representación esquemática de los sensores de velocidad y dirección del flujo de viento dirigidos hacia el flujo de viento.

La Figura 8 es una vista en perspectiva de otra realización alternativa de un sistema de VAWT;

la Figura 9 es una vista en perspectiva de otra realización alternativa de un sistema de VAWT;

la Figura 10 es una vista superior de otra realización alternativa de un sistema de VAWT;

la Figura 11 es una vista en perspectiva de aún otra realización alternativa de un sistema de VAWT; y

la Figura 12 es una vista lateral de una realización alternativa para uso en sistemas de HAWT y VAWT.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

A continuación se proporcionan realizaciones ilustrativas del sistema y método de uso de la presente solicitud. Por supuesto, se apreciará que en el desarrollo de cualquier realización real, se tomarán numerosas decisiones específicas de implementación para lograr los objetivos específicos del desarrollador, tales como el cumplimiento de las restricciones relacionadas con el sistema y con el negocio, que variarán de una implementación a otra. Además, se apreciará que tal esfuerzo de desarrollo podría ser largo y complejo, pero, no obstante, sería una tarea rutinaria para aquellos con experiencia ordinaria en la técnica que tengan el beneficio de esta descripción.

El sistema y método de uso según la presente solicitud supera uno o más de los problemas discutidos anteriormente y comúnmente asociados con los sistemas de turbinas eólicas convencionales. A diferencia de la técnica anterior, la invención de la presente solicitud permite la captura eficiente de un flujo de viento en configuraciones tanto horizontales (HAWT) como verticales (VAWT). Tanto en aplicaciones de HAWT como de VAWT, las palas tienen una curvatura positiva cuando se ven en sección transversal, con una línea de curvatura media más cercana que una línea de cuerda a una superficie externa convexa de la pala. La posición y alineación de las palas permite que las palas expuestas al flujo de aire impartan una rotación unidireccional deseada al vástago en todo momento en que las palas estén

expuestas al flujo de aire. Esta acción deseada (rotación unidireccional impartida) del vástago se produce cuando el fluido pasa sobre los lados convexo y no convexo de las palas que se mueven en lado del eje de rotación de corriente arriba o barlovento (de aquí en adelante denominado colectivamente “barlovento”, reconociéndose que la presente invención funciona cuando se expone a un flujo de fluido, tal como un flujo de agua así como un flujo de gas o un flujo de aire) causando una sustentación positiva, a diferencia de la técnica anterior relacionada con la VAWT que usaba un simple diseño de pala acopada, como los modelos de palas de copa de estilo Savonius de la técnica anterior. A diferencia de la técnica anterior, esta acción deseada (rotación unidireccional deseada) del vástago también resulta cuando las palas de la presente invención se invierten cuando el flujo de aire pasa sobre los lados convexo y no convexo de las palas a medida que se mueven corriente abajo o a sotavento (de aquí en adelante denominado “sotavento”, reconociéndose que la presente invención funciona cuando se expone a un flujo de fluido tal como un flujo de agua así como un flujo de gas o un flujo de aire) del eje de rotación y están sujetos a presiones negativas. Además, a medida que las palas expuestas al flujo de aire pasan del lado de barlovento del eje de rotación al de sotavento, el ala creada por su forma de sección transversal aumenta su ángulo anterior con respecto al flujo de aire hasta que el ala entra en pérdida aerodinámica y ya no produce sustentación. Sin embargo, el flujo de aire continúa impartiendo la rotación unidireccional deseada al vástago, con una fuerza de empuje tipo vela de balón sobre el lado no convexo de las palas, hasta el punto de la rotación de las palas en donde las palas encuentran una sustentación negativa en el lado de sotavento del eje de rotación. Por lo tanto, el movimiento de las palas en respuesta al flujo de aire que actúa sobre las palas imparte una fuerza de rotación unidireccional al vástago durante todo el tiempo en que las palas están expuestas al flujo de aire, a diferencia de la técnica anterior de las VAWT.

La interacción del flujo de aire predominante que actúa sobre las palas se produce a lo largo de la parte de la trayectoria rotacional de las palas donde las palas están expuestas al flujo de aire. A diferencia de la técnica anterior relacionada con las VAWT, en la realización ilustrada, esta interacción entre el viento y las palas individuales se extiende sobre aproximadamente 180 grados de la rotación completa de 360 grados de las palas alrededor del vástago. Las formaciones de montaje están montadas radialmente hacia afuera del vástago giratorio. Generalmente hay al menos dos ubicaciones para las formaciones de montaje, una en cada extremo del vástago, aunque se pueden colocar formaciones de montaje adicionales intermedias a lo largo del vástago para ayudar a rigidizar la estructura giratoria. Las palas están montadas en las formaciones de montaje según una matriz espaciada circunferencialmente con los bordes anterior de las palas definiendo la circunferencia del rotor con el eje “W” a lo ancho (cuerda) de la pala (donde el eje “W” a lo ancho (cuerda) se muestra y define extendiéndose en una línea, perpendicular al borde anterior de la pala, que va desde el borde anterior que mira hacia el flujo de aire hasta el borde posterior de la pala que no mira hacia el flujo de aire) paralelo a un eje longitudinal de las formaciones de montaje (medido en una línea perpendicular al vástago que se extiende desde el punto donde la formación de montaje se une al vástago hasta el punto donde la formación de montaje se une a la pala). Generalmente, en la técnica anterior relacionada con las VAWT de estilo Darrieus, el eje “W” a lo ancho (cuerda) de las palas se monta perpendicular al eje longitudinal de las formaciones de montaje.

Las realizaciones descritas en la presente solicitud aumentan preferiblemente la eficiencia de las palas expuestas a un flujo de aire al montar las palas suspendidas y separadas del vástago, de modo que se formen aberturas sustanciales entre el vástago y las palas individuales. Esta disposición de montaje de palas permite que el flujo de aire predominante imparta sustentación positiva a las palas cuando las palas están en el lado de barlovento del eje de rotación y también permite que el flujo de aire pase a través de la turbina sin obstáculos para impartir sustentación negativa a las palas cuando las palas están en el lado de sotavento del eje de rotación. Específicamente, cuando se usan en una aplicación de HAWT, las palas se montan preferiblemente de manera que la superficie externa convexa de cada pala esté situada por encima de la cuerda de dicha pala durante esa porción de rotación de la pala mientras el eje (“W”) a lo ancho (cuerda) de la pala expuesta al flujo de aire se mueve de horizontal a vertical a medida que la pala expuesta al flujo de aire se mueve en el lado de barlovento del eje de rotación, y a la inversa, que la cuerda de cada pala esté situada por encima de la superficie externa convexa de dicha pala durante esa porción de rotación de la pala mientras el eje (“W”) a lo ancho (cuerda) de la pala expuesta al flujo de aire se mueve de vertical a horizontal y los bordes anterior y posterior de cada pala se invierten con respecto a su orientación hacia el flujo de aire a medida que las palas se desplazan en el lado de sotavento del eje de rotación. Además, esta disposición de montaje permite que la interacción del flujo de aire con las palas imparta a las palas una fuerza de empuje similar a la de una vela de balón cuando las palas expuestas al flujo de aire pasan del lado de barlovento del eje de rotación al de sotavento. En todos los casos, el flujo de aire predominante que interactúa con las palas imparte una fuerza de rotación unidireccional al vástago, a diferencia de la técnica anterior relacionada con las VAWT donde las palas imparten una fuerza de rotación contraria a la fuerza de rotación deseada durante parte de su rotación de 360 grados.

En cada realización, una carcasa o director de flujo de fluido/flujo de aire (de aquí en adelante denominado “director de flujo de aire”, reconociéndose que la presente invención funciona cuando se somete a un flujo de fluido, tal como un flujo de agua así como un flujo de gas o un flujo de aire) reduce o elimina el efecto rotacional negativo de las palas del rotor, cuando las palas se mueven en la dirección opuesta al flujo de aire durante una porción de la rotación de las palas alrededor del vástago, al proteger las palas frente al flujo de aire predominante. El director de flujo de aire se puede configurar para acelerar el flujo de aire a través de la turbina y facilitar que el aire que no forma parte del flujo de aire predominante escape de la turbina. El propio director de flujo de aire puede funcionar como la mitad de un venturi. Esto puede demostrarse por el aumento de la velocidad del flujo de aire en el vértice del director de flujo de aire en comparación con la velocidad del flujo de fluido predominante antes de que el flujo de fluido predominante

llegue a la turbina. Específicamente, a medida que el fluido se acerca a la turbina, la velocidad del fluido puede aumentar a medida que se ve obligado a subir por la superficie convexa del director de flujo de aire en el lado de barlovento del eje de rotación y luego bajar por la porción convexa del director de flujo de aire situada a sotavento del eje de rotación. A diferencia de la técnica anterior, el director del flujo de aire no desvía permanentemente el flujo de aire hacia una nueva dirección. Más bien, el director de flujo de aire acelera el flujo de aire hacia las palas de la turbina en una trayectoria que resulta paralela a su dirección original cuando el flujo de aire alcanza las palas y luego devuelve el flujo de aire a la dirección original del flujo de aire antes de que encontrara la turbina. Unos miembros de canalización opcionales unidos o formados integralmente en la superficie convexa del director de flujo de aire pueden ayudar aún más a acelerar y dirigir el flujo de aire que pasa a través de la turbina. Además, el lado cóncavo del director de flujo de aire puede estar conformado y aliviado con aberturas que no miran directamente al flujo de aire para expulsar, del área encerrada por el lado cóncavo del director de flujo de aire, el aire que no forma parte del flujo de aire predominante. Se pueden montar celdas solares en la superficie externa del director de flujo de aire con el fin de generar electricidad y el director de flujo de aire se puede alinear con el sol para optimizar el rendimiento de las celdas solares cuando la velocidad del viento sea demasiado baja para operar la turbina.

A diferencia de la técnica anterior, el presente sistema en aplicaciones de HAWT y VAWT incluye el director de flujo de aire que gira con la turbina para orientar o posicionar ventajosamente las palas de la turbina para enfrentar el flujo de aire, o inclina o alinea la turbina en relación con el flujo de aire para reducir o eliminar las velocidades de rotación con flujo de aire a alta velocidad.

A diferencia de la técnica anterior relacionada con los diseños de HAWT y VAWT, el director de flujo de aire minimiza los problemas de estabilidad al soportar el vástago firmemente por ambos extremos, ayudando así a igualar las cargas sobre los cojinetes en ambos extremos del vástago y permitiendo aplicaciones a gran escala y la capacidad de usarse con flujo de aire a alta velocidad.

El director de flujo de aire también reduce el arco de rotación en donde las palas están expuestas al flujo de aire predominante, lo que, combinado con el diseño de área frontal baja enfrentada al flujo de aire y el pequeño diámetro de rotación circunscrito por las palas en comparación con los diseños convencionales de HAWT de tres palas, reduce la propensión de las palas a golpear a las aves.

En una realización, cada pala se monta en la formación de montaje respectiva mediante un pasador o bisagra de modo que la pala pueda pivotar sobre la formación de montaje para variar el ángulo de las palas con respecto a las formaciones de montaje para aumentar la eficiencia de la HAWT y la VAWT al reducir la resistencia de las palas cuando las palas no están expuestas al flujo de aire. Las palas se montan mediante pasadores o bisagras que permiten que las palas giren con respecto a sus respectivas formaciones de montaje. Preferiblemente, la disposición de montaje de pasador o bisagra permite el movimiento pivotante de las palas en sólo una dirección alrededor de los extremos respectivos de las formaciones de montaje y evita que las palas giren en la dirección opuesta mediante miembros de tope o proyecciones, u otro dispositivo funcionalmente equivalente que permita que las palas pivoten en una sola dirección con respecto a las formaciones de montaje. Se contempla que las palas pivotarán sólo mientras las palas no estén expuestas al flujo de aire predominante.

Estas y otras características únicas del sistema y método de uso se analizan a continuación y se ilustran en los dibujos adjuntos.

El sistema y método de uso se entenderán, tanto en cuanto a su estructura como a su funcionamiento, a partir de los dibujos adjuntos, tomados en conjunto con la descripción adjunta. En el presente documento se presentan varias realizaciones del sistema.

Las realizaciones preferidas descritas en el presente documento no pretenden ser exhaustivas ni limitar la invención a las formas precisas divulgadas. Esta memoria técnica tiene como objetivo describir los principios de la invención y la aplicación y uso práctico de la invención para permitir que otros expertos en la técnica fabriquen y utilicen la invención.

Con referencia ahora a los dibujos, en donde caracteres de referencia similares identifican elementos correspondientes o similares en las distintas vistas, la Figura 1 representa el sistema 101 de HAWT según una realización preferida de la presente solicitud. El sistema 101 incluye una pluralidad de palas 103, ilustrándose cuatro palas, aunque el número de palas puede variar dependiendo del diámetro de la turbina, la separación radial de las palas alrededor del vástago y la distancia a la que las palas están suspendidas del vástago por las formaciones de montaje. En la realización preferida, las palas 103 están construidas de manera similar y en una disposición preferida tienen aproximadamente 1X de ancho por aproximadamente 4X de largo y aproximadamente ¼X de espesor, aunque las dimensiones relativas de las palas pueden variar. El ancho "W" se mide en una línea, perpendicular a un borde anterior (LE) de la pala, que es la porción de la pala situada en un borde distal o radialmente exterior de la pala lejos de la formación de montaje, que va desde el LE hasta un borde posterior (TE) de la pala, que es la porción de la pala situada en un borde proximal o radialmente interior de la pala donde la pala está asegurada a la formación de montaje. La longitud "L" se mide en una línea, paralela a LE y TE, que va desde el punto en que una pala está unida a una formación de montaje, que está unida a un extremo del vástago, hasta el punto en que la pala está unida a una formación de montaje que está unida

al extremo opuesto del vástago. El espesor “T” de la pala se mide en una línea, perpendicular a la cuerda de la pala, que va desde la cuerda de la pala hasta el vértice de la superficie externa convexa de la pala. Cada una de las palas tiene una curvatura positiva cuando se ve en sección transversal, con una línea de curvatura media más cercana que una línea de cuerda a una superficie externa convexa de la pala. Sin embargo, las palas pueden tener diferentes formas, por ejemplo, simétricas, asimétricas o retorcidas a lo largo del eje longitudinal de las palas. En la realización particular ilustrada, cada una de las palas tiene una primera superficie que es convexa y una segunda superficie que no es convexa, mostrándose la superficie no convexa de la pala como plana, aunque un experto en la técnica apreciará que se pueden adoptar otras conformaciones de la superficie no convexa de la pala, por ejemplo, la superficie no convexa puede ser cóncava y las palas pueden tener un espesor uniforme o no uniforme sobre el ancho “W” a lo largo de la dimensión longitudinal “L” de la pala. Asimismo, en la realización ilustrada particular, se muestra que la sección transversal de la pala tiene un espesor simétrico en una dirección a lo ancho alrededor de un punto medio, siendo más gruesa en un punto medio entre los bordes anterior y posterior y más delgada en el borde anterior y el borde posterior de lo que lo es entre el borde anterior y el borde posterior, para que el flujo de aire pueda proporcionar sustentación positiva a las palas en el lado de barlovento del eje de rotación y también proporcionar sustentación negativa a las palas en el lado de sotavento del eje de rotación cuando los bordes anterior y posterior de las palas están invertidos con respecto al flujo de aire. Sin embargo, si la sección transversal de la pala no es simétrica, la turbina puede funcionar de manera más eficiente optimizando la forma de la pala para una sustentación positiva máxima en el lado de barlovento del eje de rotación, sacrificando al mismo tiempo algo de rendimiento de sustentación negativa cuando los bordes anterior y salida de las palas están invertidos con respecto al flujo de aire en el lado de sotavento del eje de rotación, donde las palas pueden encontrar más turbulencia del flujo de aire como resultado de la interrupción del flujo de aire como resultado de haber encontrado primero las palas en el lado de barlovento del eje de rotación. En la realización ilustrada, las palas 103 están dispuestas radialmente alrededor del eje de rotación con un eje “W” a lo ancho (cuerda) de las palas 103 (donde “W” es esa línea de cuerda perpendicular a una LE y una TE de una pala) colocada paralela al eje longitudinal de las formaciones 107 de montaje (medido en una línea perpendicular al vástago que va desde el punto en donde las formaciones de montaje se unen al vástago hasta el punto en donde las formaciones de montaje se unen a las palas). Las palas 103 se muestran separadas radialmente alrededor de un vástago 105 que está deseablemente soportado al menos en los extremos opuestos por cojinetes adecuados para permitir la rotación del vástago alrededor de un eje de rotación. La separación de las palas entre sí y la distancia a la que están suspendidas del vástago están diseñadas preferiblemente para (i) minimizar el ruido y/o la vibración creados durante la rotación de las palas y (ii) maximizar la producción de energía eléctrica o mecánica. El número de palas proporcionadas se puede seleccionar según el diámetro de la turbina, la distancia a la que están separadas las palas del eje de rotación definido por el vástago y la separación radial de las formaciones 107 de montaje alrededor del vástago 105. Además, el vástago 105 puede no ser longitudinalmente continuo a través del centro del eje de rotación sino que puede consistir en unas manguetas que se extiendan desde el centro de las formaciones de montaje, hacia fuera, en los extremos del eje de rotación. Las palas 103 están montadas en el eje 105 mediante formaciones 107 de montaje que, según se muestra, sitúan las palas 103 a una distancia de aproximadamente 2X desde el vástago 105, aunque la distancia relativa de dicha ubicación de las palas 103 desde el eje de rotación o vástago 105 puede variar y la distancia de cada pala al vástago también puede variar entre palas individuales. El montaje de las palas en una relación separada del vástago mediante las formaciones 107 de montaje crea un paso, espacio o abertura libre (colectivamente “paso”) para que el flujo 115 de aire pase entre las palas 103 y el vástago 105, lo que permite al flujo de aire impartir una fuerza de rotación unidireccional sobre el vástago 105 cuando las palas 103 están ubicadas tanto a barlovento como a sotavento del vástago 105. El vástago 105 está soportado por un bastidor que puede incluir uno o más miembros 109 de bastidor, es decir, los miembros de bastidor soportan los cojinetes que soportan rotacionalmente el vástago. Un director 111 de flujo de aire está colocado adyacente a las palas 103 y el director 111 de flujo de aire está configurado para acelerar el flujo de aire a medida que el flujo de aire se acerca a las palas. Se muestra que el director 111 de flujo de aire incluye o forma miembros o paredes 113 de canalización opcionales formados integralmente como parte del director de flujo de aire o unidos por separado a una superficie exterior del mismo. El director de flujo de aire y los miembros de canalización se muestran configurados para acelerar y/o dirigir el flujo 115 de aire a lo largo de una trayectoria deseada a través de las palas. Unas celdas solares 122 se muestran unidas a la superficie exterior del director de flujo de aire con el fin de generar electricidad.

El director 111 de flujo de aire encierra y protege las palas 103 del impacto directo del flujo de aire predominante a lo largo de una parte de la trayectoria rotacional de las palas. Por ejemplo, se muestra que el director 111 de flujo de aire protege las palas del flujo 115 de aire predominante durante esa parte de la trayectoria rotacional cuando las palas no se mueven en la dirección del flujo 115 de aire, observándose que las palas se mueven directamente en oposición al flujo de aire en la parte inferior de la trayectoria arqueada, y en otros momentos en que las palas están situadas dentro del director de flujo de aire, las palas se mueven parcialmente en oposición al flujo de aire. Esta configuración del director 111 de flujo de aire permite que el flujo 115 de aire haga girar eficientemente el vástago 105 según la flecha 117. Sin el director 111 de flujo de aire, la fuerza de rotación impartida al vástago 105 se reduciría o sería inexistente, ya que el flujo de aire que impacta sobre las palas 103 a lo largo de esa porción o segmento de la trayectoria rotacional, cuando se están moviendo en la dirección del flujo de aire, sería contrarrestado por el flujo de aire que impacta sobre las palas a lo largo de esa porción o segmento de la trayectoria rotacional cuando las palas se mueven en la dirección opuesta al flujo 115 de aire. Al proteger las palas del flujo de aire durante una parte de su trayectoria rotacional cuando se mueven contra el flujo de aire predominante, el sistema de turbina es más eficiente que las VAWT anteriores que simplemente presentan una superficie de baja resistencia al flujo de aire predominante cuando las palas se mueven contra el flujo de aire predominante.

La Figura 1 muestra que el director 111 de flujo de aire está contorneado para acelerar el flujo de aire y puede incluir unos pasos 119a y 119b de escape laterales y/o puede incluir unos pasos 121a y 121b de escape de superficie trasera, preferiblemente ubicados en una porción de superficie de sotavento del director de flujo de aire, que facilitan que el aire que no forma parte del flujo 115 de aire salga del espacio encerrado por el director 111 de flujo de aire, lo que reduce la resistencia de las palas cuando no están expuestas al flujo de aire predominante.

Un generador 123, o cualquier otra carga, está en comunicación rotacional con el vástago 105 a través de una transmisión directa (extensión del vástago 105), una caja de engranajes o a través de un miembro de transmisión tal como una correa de transmisión (como se muestra en la Figura 2A) y está configurado en la realización contemplada para crear electricidad a partir del mismo. Es decir, la rotación del vástago se transmite para hacer girar el generador de una manera bien conocida en la técnica, de modo que no se proporciona en el presente documento una descripción adicional del generador y su funcionamiento, ni es necesaria para una comprensión plena y completa de la presente invención. Se muestra que el sistema 101 incorpora una plataforma 125 que puede girar, o el sistema podría fijarse o anclarse en una ubicación deseada.

Debe apreciarse que los rasgos únicos que se consideran característicos de la presente solicitud incluyen palas que tienen una curvatura positiva cuando se ven en sección transversal, con una línea de curvatura media más cercana que una línea de cuerda a una superficie externa convexa de la pala. A diferencia de la técnica anterior, la presente solicitud divulga una orientación de las palas 103 alrededor de un vástago giratorio 105 con el eje "W" ancho a lo ancho (cuerda) de las palas colocado paralelo al eje longitudinal de las formaciones 107 de montaje (es decir, el eje de la dirección radial de las formaciones de montaje que se extienden desde el vástago). La presente invención es única porque separa las palas 103 respecto al vástago 105, permitiendo que el flujo 115 de aire pase a través de la turbina 101 (y particularmente pase sobre el director 111 de flujo de aire) y cree una sustentación positiva en las palas ubicadas a barlovento del eje de rotación, imparta una fuerza de empuje sobre las palas 103 a medida que las palas pasan del lado de barlovento al de sotavento del eje de rotación, e imparta una sustentación negativa a las palas en el lado de sotavento del eje 105 de rotación, por lo que se aplica una fuerza unidireccional al vástago por parte de las palas 103 durante todo el tiempo que las palas 103 están expuestas al flujo 115 de aire. Aún otra característica única es la inclusión de un director 111 de flujo de aire que puede incluir o estar equipado con miembros 113 de canalización opcionales para acelerar y/o dirigir el flujo 115 de aire a través de la turbina 101 y también limitar o prohibir que el flujo 115 de aire actúe sobre las palas 103 cuando las palas 103 se mueven en una dirección que se opone al flujo 115 de aire. Además, el director 111 de flujo de aire puede configurarse para proporcionar unas trayectorias o aberturas 119 y 121 que faciliten que escape de la turbina el fluido que no forma parte del flujo de aire predominante, lo que reduce la resistencia de las palas 103 cuando no están expuestas al flujo de aire. Una o más de estas características, individualmente y/o en varias combinaciones, hacen que el sistema sea más eficiente que la técnica anterior cuando se somete al flujo 115 de aire.

Haciendo referencia ahora a la Figura 2A, se representa el sistema 101 en donde los miembros del bastidor 109 que soportan el vástago 105 están unidos a la plataforma 125 y el generador 201 está unido a la plataforma 125. El generador 201 está en comunicación rotacional con el vástago 105 a través de, por ejemplo, una correa o cadena flexible 203 de transmisión u otra disposición de transmisión de potencia. Si bien el generador 201 se ha representado unido al vástago directamente como en la Figura 1 o mediante una correa o cadena como en la Figura 2A, se contempla cualquier método para colocar el generador en comunicación rotacional con la turbina, incluidos, entre otros, engranajes o un conjunto de engranajes.

Ahora haciendo referencia a la Figura 2B, la alineación de la turbina con la dirección del flujo 115 de aire se logra mediante un sensor 205 de dirección del flujo de fluido y también preferiblemente un sensor 207 de velocidad en comunicación con el sistema 101. El sensor 205 de dirección del flujo de fluido y el sensor 207 de velocidad están expuestos al flujo 115 de aire y están unidos a una superficie fija sobre el suelo 209 o el agua. Los sensores, 205 y 207, envían a la turbina señales directrices para que gire con el fin de posicionar o alinear las palas en la orientación más deseada con el flujo 115 de aire. A velocidades de flujo de aire altas, la turbina puede alinearse en ángulo con respecto al flujo 115 de aire para reducir las velocidades de rotación o alinearse de modo que las palas se alineen a 90 grados del flujo 115 de aire para evitar la rotación del vástago 105 por completo.

Una realización alternativa del sistema 101 se representa en la Figura 3. La realización 301 es una vista superior del sistema 101 que muestra la rotación 305 de la plataforma 125 a través de un dispositivo 303 de pista rotacional, aunque se contempla cualquier método de rotación del sistema 101 para alinear el sistema/las palas con el flujo 115 de aire.

Una realización alternativa del sistema 101 se representa en la Figura 4. La realización 401 incluye características similares al sistema 101 con la adición de una superestructura 403 que está abierta por la parte anterior 405 y por la parte posterior 407 pero cerrada por la parte superior 409 y las partes laterales 411. La superestructura 403 se extiende hacia arriba desde la parte superior del director 111 de flujo de aire y deja abiertos los pasos laterales 119 de escape y/o los pasos superficiales 121 de escape. Es deseable que las partes laterales 411 y la parte superior 409 estén curvadas y colocadas de manera que su superficie convexa mire hacia el interior de la turbina para acelerar y dirigir el flujo 115 de aire a través de la turbina.

Aún otra realización alternativa del sistema 101 se representa en la Figura 5. La realización 501 incluye características similares al sistema 101 en donde la plataforma 125 está montada sobre, o reemplazada por, un flotador o unos rodillos/ruedas 503 para permitir que el sistema 101 se mantenga encima de un cuerpo 505 de agua o rueda sobre un suelo 209. La plataforma 125 mostrada en la Figura 5 es por tanto una plataforma flotante. Se contempla y se apreciará que la plataforma 125 puede estar unida a un punto 509 de pivote fijo mediante una atadura 507 de modo que el sistema 101 pueda pivotar alrededor del punto 509. La unión pivotante alinea la plataforma con respecto al flujo 115 de aire haciendo flotar o haciendo girar el sistema hasta su posición, a favor del viento con respecto al punto 509 de pivote fijo, encarada hacia la nueva dirección del flujo 511 de aire después de recorrer la distancia 513.

Haciendo referencia ahora a la Figura 6, se representa una realización VAWT del sistema 101. En esta realización 601, el director 603 de flujo de aire está orientado de modo que el vástago 605 esté vertical con respecto al suelo. La realización 601 incluye características similares al sistema 101 y se usan números similares para características similares. Se apreciará que la orientación vertical habilita la VAWT.

Se contempla y se apreciará que el sistema 601 de VAWT podría elevarse para aumentar aún más su eficiencia. La Figura 7A representa dicha realización 701. El director 603 de flujo de aire está unido a un pedestal 703 que está anclado al suelo 209 o debajo del agua 505. El pedestal 703 está configurado para girar según la flecha 705 o permitir que el director de flujo de aire 603 gire para orientar la turbina con el flujo 115 de aire según las directrices de las señales procedentes del sensor 205 de dirección del flujo de fluido y del sensor 207 de velocidad (Figura 7B).

Haciendo referencia ahora a la Figura 8, se representa una realización VAWT alternativa del sistema 601. La realización 801 incluye características similares al sistema 701 en donde el director 603 de flujo de aire se coloca en un dispositivo 803 de rotación o placa giratoria, que gira como se representa mediante la flecha 805 de referencia para alinear la turbina con el flujo 115 de aire. Las señales del sensor 205 de dirección del flujo de fluido y del sensor 207 de velocidad (Figura 7B) pueden transmitirse a un accionador, por ejemplo, que mueve la placa giratoria en la dirección deseada. Se contempla que la realización 801 podría estar sobre el suelo 209 o sobre una masa de agua 505 y la placa giratoria 803 podría montarse sobre un pedestal 703.

La Figura 9 muestra la realización 901 que contempla que el sistema 101 de HAWT podría montarse sobre una placa giratoria 907 unida al tejado 905 de un edificio 903 de modo que el sistema 101 de HAWT gire según la flecha 911 para alinearse con el flujo 115 de aire según las directrices de las señales del sensor 205 de dirección del flujo de fluido y del sensor 207 de velocidad (Figura 7B). También se contempla que el sistema 601 de VAWT podría unirse al costado 909 de un edificio 903.

Haciendo referencia ahora a la Figura 10 se representa una realización alternativa del sistema 601. La realización 1001 incluye un primer sistema 1003 de VAWT y un segundo sistema 1005 de VAWT unidos por la parte posterior de los mismos. Tanto el primer sistema 1003 de VAWT como el segundo sistema 1005 de VAWT se mantienen dentro de un director 1009 de flujo de aire común que está unido a una plataforma 1011 que está unida a una placa giratoria 1007. Esta disposición permite que el sistema 1001 de VAWT se oriente con respecto al flujo 115 de aire según las directrices de las señales procedentes, por ejemplo, del sensor 205 de dirección del flujo de aire y del sensor 207 de velocidad (Figura 7B). Se apreciará que el sistema 1001, cuando está orientado hacia el flujo 115 de aire, permite que ambos conjuntos de palas giren según las flechas 1013a y 1013b (en contrarrotación) alrededor de sus respectivos vástagos 105 en direcciones opuestas.

Se contempla y representa además en la Figura 11 que un sistema 101 de HAWT o un sistema 601 de VAWT está suspendido sobre el suelo 209 o el agua 505 a través de cables 1103 (1103a, 1103b y 1103c) y soportes fijos 1105. Los cables 1103a-1103c son ejemplos de ataduras que pueden usarse para suspender el sistema 601. Se apreciará que los cables 1103 y los soportes fijos 1105 están configurados para permitir que el sistema 101 de HAWT o 601 de VAWT se alinee con la dirección del flujo 115 de aire.

Se contempla además en la realización 1201 y se representa en la Figura 12 que en un sistema 101 de HAWT o en un sistema 601 de VAWT el ángulo anterior de las palas con respecto a las formaciones de montaje puede ser variable para aumentar la eficiencia de la turbina reduciendo la resistencia cuando las palas no están expuestas al flujo de aire. Las palas 1203 están montadas mediante pasadores que permiten que las palas giren según la flecha 1205 con respecto a la formación de montaje respectiva. Preferiblemente, la disposición de montaje de pasador permite el movimiento pivotante de las palas 1203 en solo una dirección alrededor de los respectivos extremos 1207 de las formaciones 107 de montaje y se evita que giren en la dirección opuesta mediante miembros o proyecciones 1209 de tope, u otro dispositivo funcionalmente equivalente que permita que las palas 1203 pivoten según la flecha 1205 en una sola dirección con respecto a las formaciones 107 de montaje. Se contempla que las palas 1203 pivotarán sólo mientras las palas no estén expuestas al flujo 115 de aire.

Las realizaciones particulares descritas anteriormente son sólo ilustrativas, ya que las realizaciones pueden modificarse y ponerse en práctica de diferentes maneras evidentes para los expertos en la técnica que se benefician de las enseñanzas del presente documento. Por lo tanto, es evidente que las realizaciones particulares descritas

anteriormente pueden alterarse o modificarse. Las presentes realizaciones no se limitan sólo a lo que se ha mostrado en lo que antecede, sino que son susceptibles de diversos cambios y modificaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de turbina, que comprende:

un vástago (105) configurado para girar alrededor de un eje de rotación;
 una pluralidad de palas (103) acopladas al vástago (105), en donde las palas (103) están orientadas con el eje a lo ancho (cuerda) de las palas (103) alineado en una dirección radial desde el eje, y en donde las palas (103) están configuradas para proporcionar una sustentación, según el principio de Bernoulli, resultante de una menor presión sobre la primera superficie externa convexa de las palas (103) que sobre la segunda superficie externa no convexa de las palas (103), cuando el fluido pasa sobre ambos lados de las palas (103), estando la sustentación proporcionada en la dirección de rotación durante porciones de la rotación de las palas (103) alrededor del eje de rotación en ambos lados de barlovento y sotavento del eje de rotación;
 unas formaciones (107) de montaje que unen las palas (103) al vástago (105) y suspenden las palas (103) lejos del vástago (105), con unos pasos de flujo de aire definidos entre el vástago (105) y las palas (103); y
 un director (111) de flujo de aire configurado para exponer las palas (103) al flujo de aire, durante una primera parte de rotación de las palas (103) alrededor del eje de rotación, y para bloquear el flujo de aire a las palas (103) durante una segunda parte de la rotación de las palas (103) alrededor del eje de rotación;
 en donde el director (111) de flujo de aire está configurado y orientado para dirigir el flujo de aire en parte a través de los pasos de flujo de aire definidos entre el vástago (105) y las palas (103); y
caracterizado por que
 el director (111) de flujo de aire tiene una superficie exterior convexa ubicada en el lado de sotavento de las palas (103), con la superficie exterior convexa expuesta al flujo de aire.

2. El sistema de turbina de la reivindicación 1, en donde el director (111) de flujo de aire está colocado en un lado de barlovento de las palas (103), opcionalmente en donde el director (111) de flujo de aire tiene desviadores de flujo de canalización montados en una superficie externa del director (111) de flujo de aire para desviar el flujo de aire hacia las palas (103).

3. El sistema de turbina de la reivindicación 1, en donde el director (111) de flujo de aire tiene una porción ubicada en el lado de barlovento de las palas (103) y también una porción ubicada en el lado de sotavento de las palas (103).

4. El sistema de turbina de la reivindicación 3, en donde: el director (111) de flujo de aire tiene además pasos de escape en la parte del director (111) de flujo de aire que está situada a sotavento de las palas (103); o el director (111) de flujo de aire define pasos laterales que permiten que el flujo de aire escape del área abarcada por la superficie del director (111) de flujo de aire que no está expuesta al flujo de aire predominante.

5. El sistema de turbina de la reivindicación 1, en donde: cada una de las palas (103) tiene una curvatura positiva cuando se ve en sección transversal, con una línea de curvatura media más cercana que una línea de cuerda a una superficie externa convexa de la pala (103); o cada una de las palas (103) tiene un borde anterior, proximal al eje de rotación, y un borde posterior, distal al eje de rotación; y en donde para cada una de las palas (103) una línea de cuerda de la pala (103) desde el borde anterior hasta el borde posterior interseca el eje de rotación.

6. El sistema de turbina de la reivindicación 1, en donde cada una de las palas (103) está configurada para proporcionar una sustentación positiva, según el principio de Bernoulli, en un lado de barlovento del vástago (105), que tiende a tirar de las palas (103) hacia el flujo de aire, y una sustentación negativa, según el principio de Bernoulli, en un lado de sotavento del vástago (105), que tiende a empujar las palas (103) fuera del flujo de aire.

7. El sistema de turbina de la reivindicación 1, que comprende además: unas palas (103) que pueden pivotar en una sola dirección alrededor de las formaciones (107) de montaje a las que están unidas.

8. El sistema de turbina de la reivindicación 1, que comprende además un generador (123) que convierte la energía de rotación en energía eléctrica o mecánica, en donde el generador (123) está conectado operativamente con el vástago (105).

9. El sistema de turbina de la reivindicación 1, en donde el director (111) de flujo de aire está configurado para estar abierto por la parte anterior, orientada hacia el flujo de aire, y por la parte posterior pero cerrado por la parte superior y los lados mediante unas superficies que tienen un lado convexo orientado hacia el interior de la turbina para acelerar y/o dirigir el flujo de aire a través de la turbina.

10. El sistema de turbina de la reivindicación 1, que comprende además una plataforma (125) configurada para girar sobre un eje de manera que las palas (103) expuestas al flujo de aire estén alineadas con la dirección del flujo de aire.
- 5 11. El sistema de turbina de la reivindicación 10, en donde la plataforma (125) es flotante, opcionalmente en donde la plataforma (125) está conectada mediante una atadura (507) a un soporte fijo que permite que la plataforma (125) flote a favor del viento del flujo de aire.
- 10 12. El sistema de turbina de la reivindicación 1, en donde el sistema de turbina se utiliza en combinación con unas ataduras (507) para montar el sistema de turbina en una estructura de soporte.
13. El sistema de turbina de la reivindicación 1 en combinación con un sistema de turbina adicional en donde los dos sistemas de turbina tienen palas (103) contrarrotativas y comparten un único director (111) de flujo de aire común.
- 15 14. El sistema de turbina de la reivindicación 1, en donde la turbina está montada en la parte superior y/o lateral de un edificio.
- 20 15. El sistema de turbina de la reivindicación 1, en donde la turbina está colocada con un eje de rotación vertical y está montada sobre una placa giratoria o de otro modo que le permita girar sobre un pedestal.

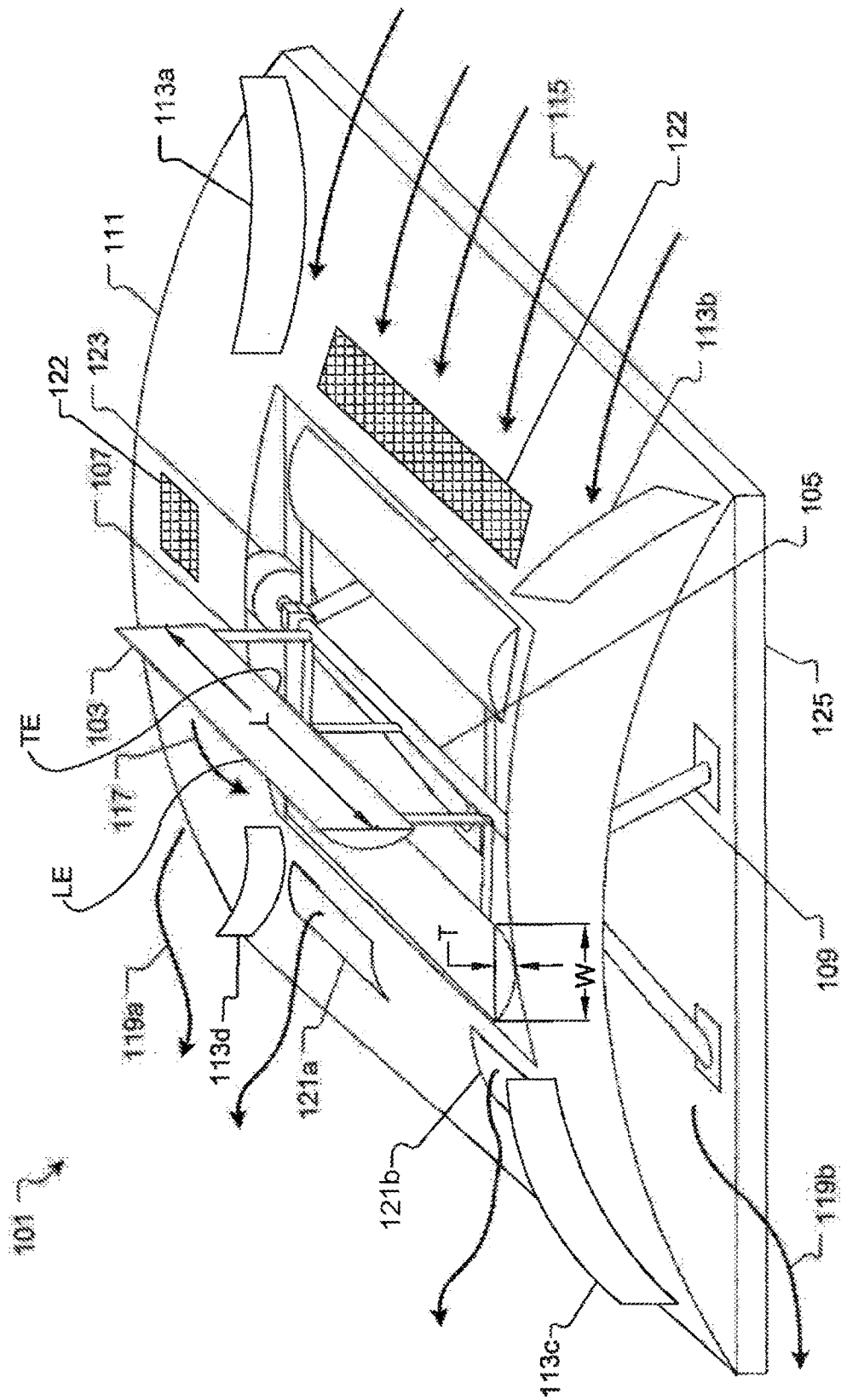


Figura 1

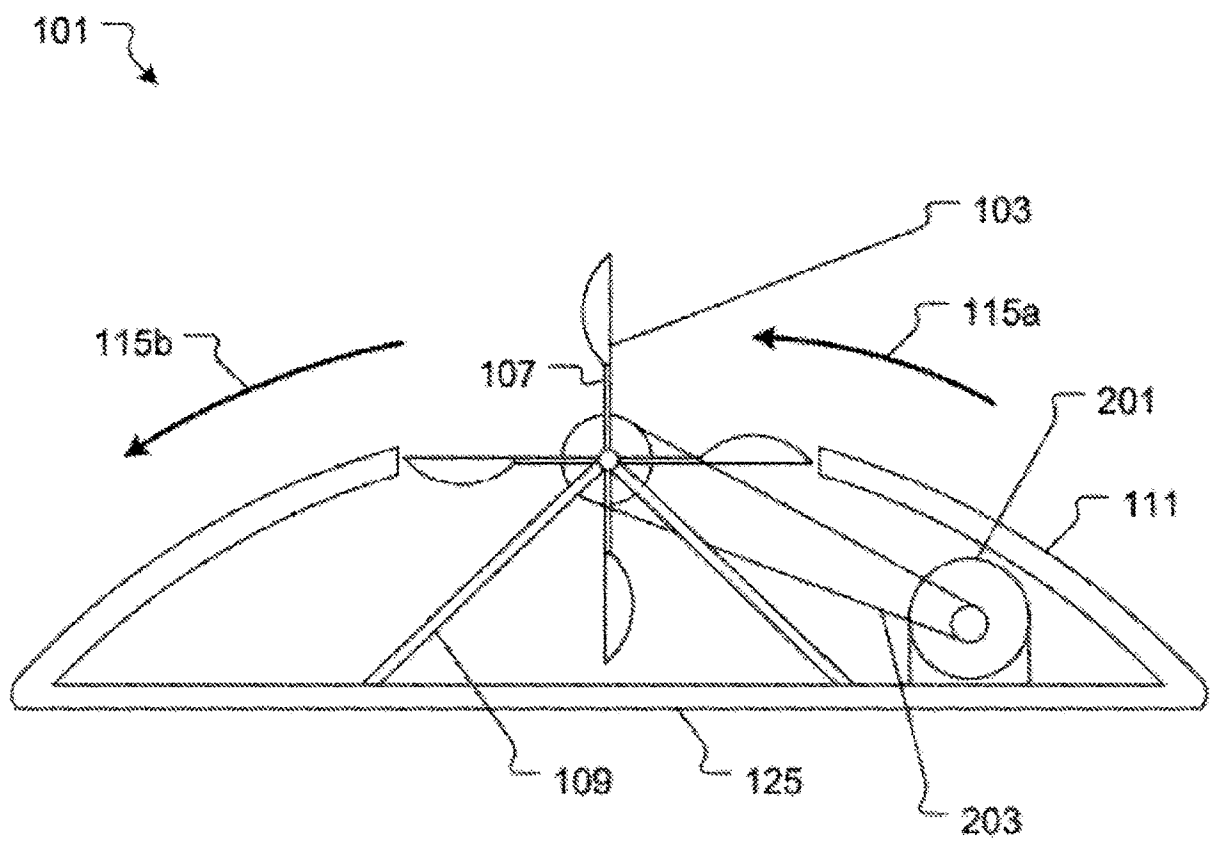


Figura 2A

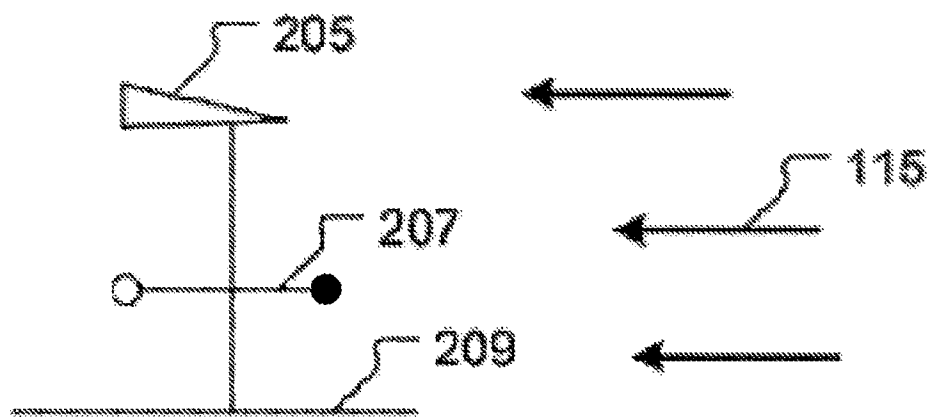


Figura 2B

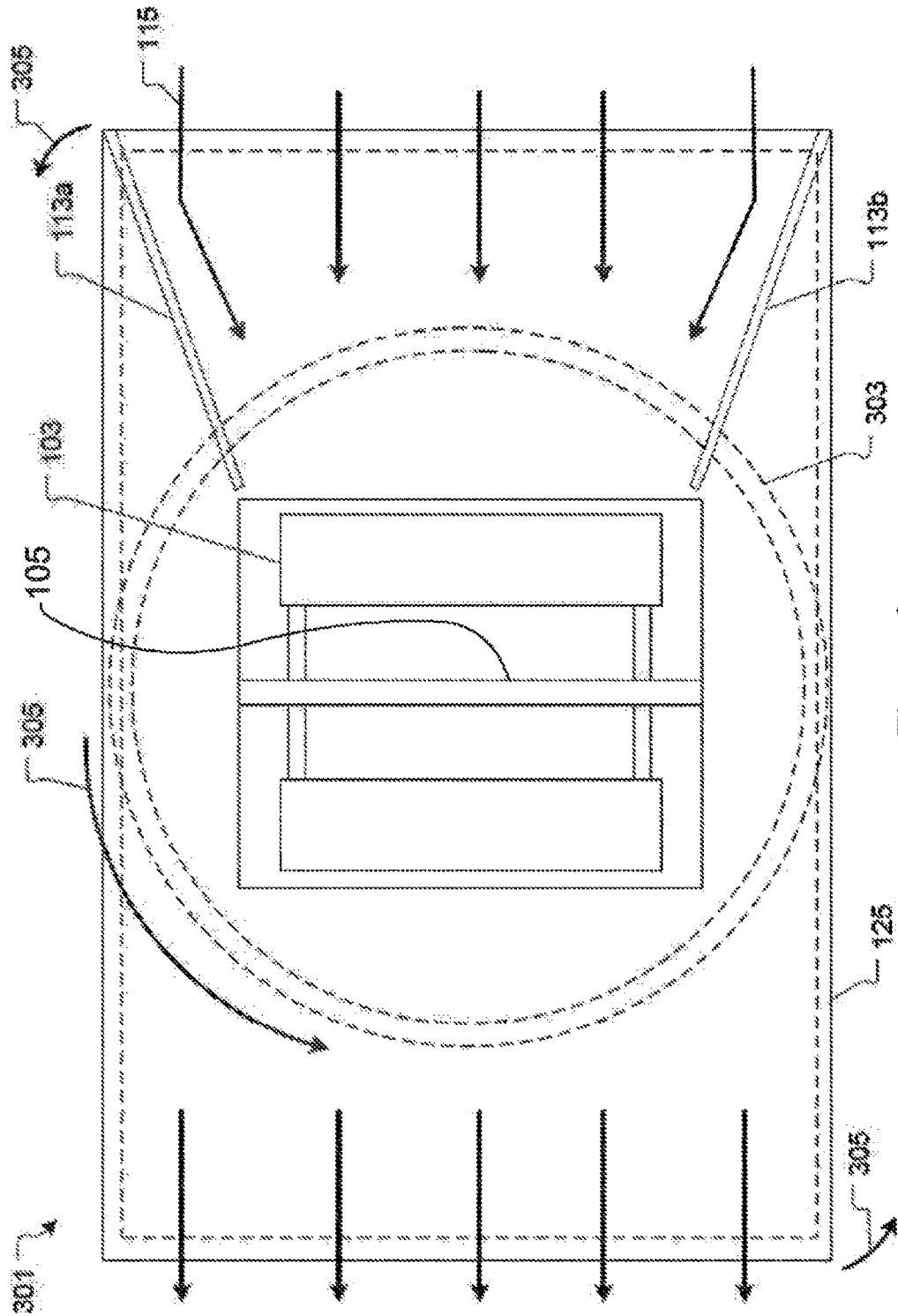


Figura 3

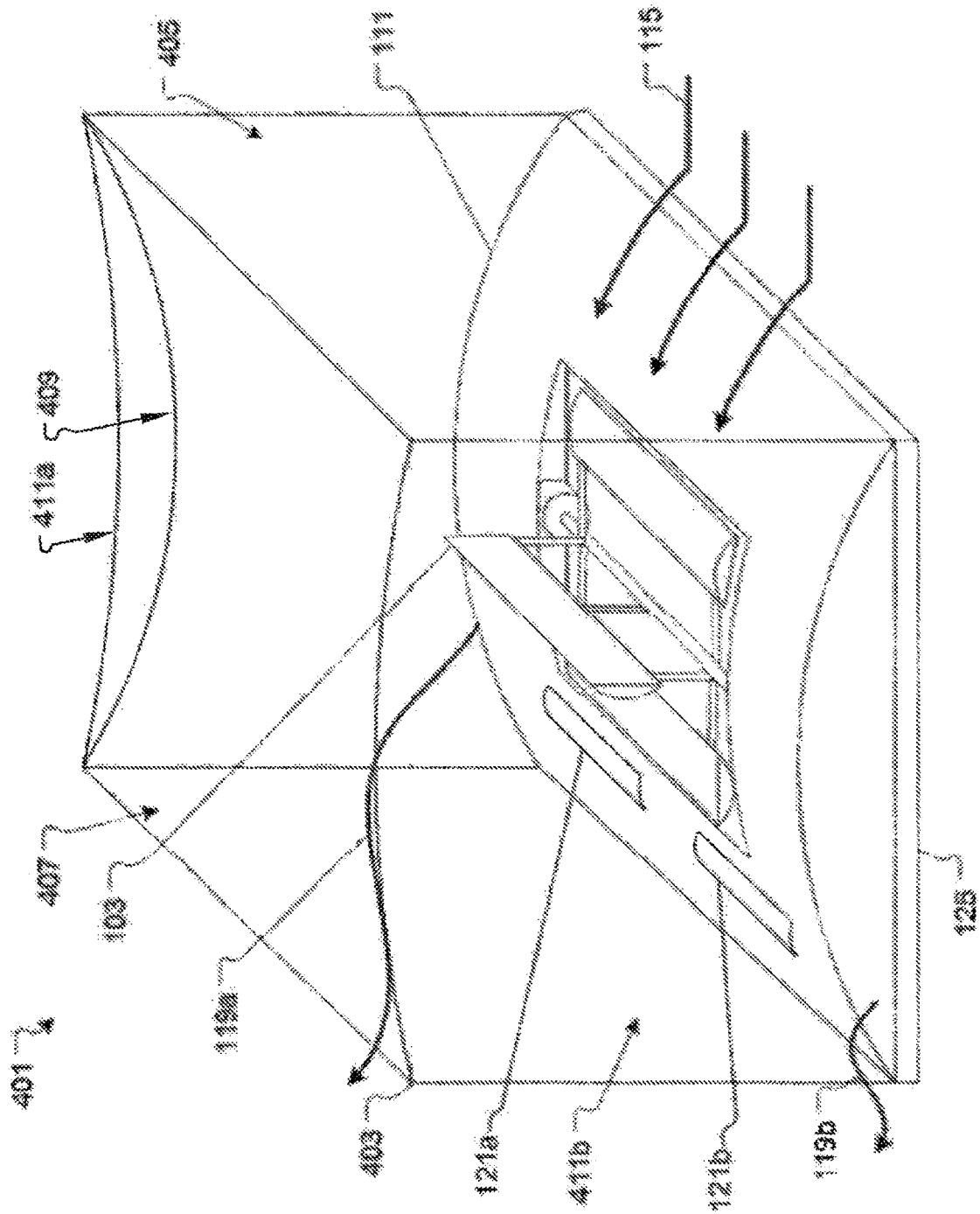


Figure 4

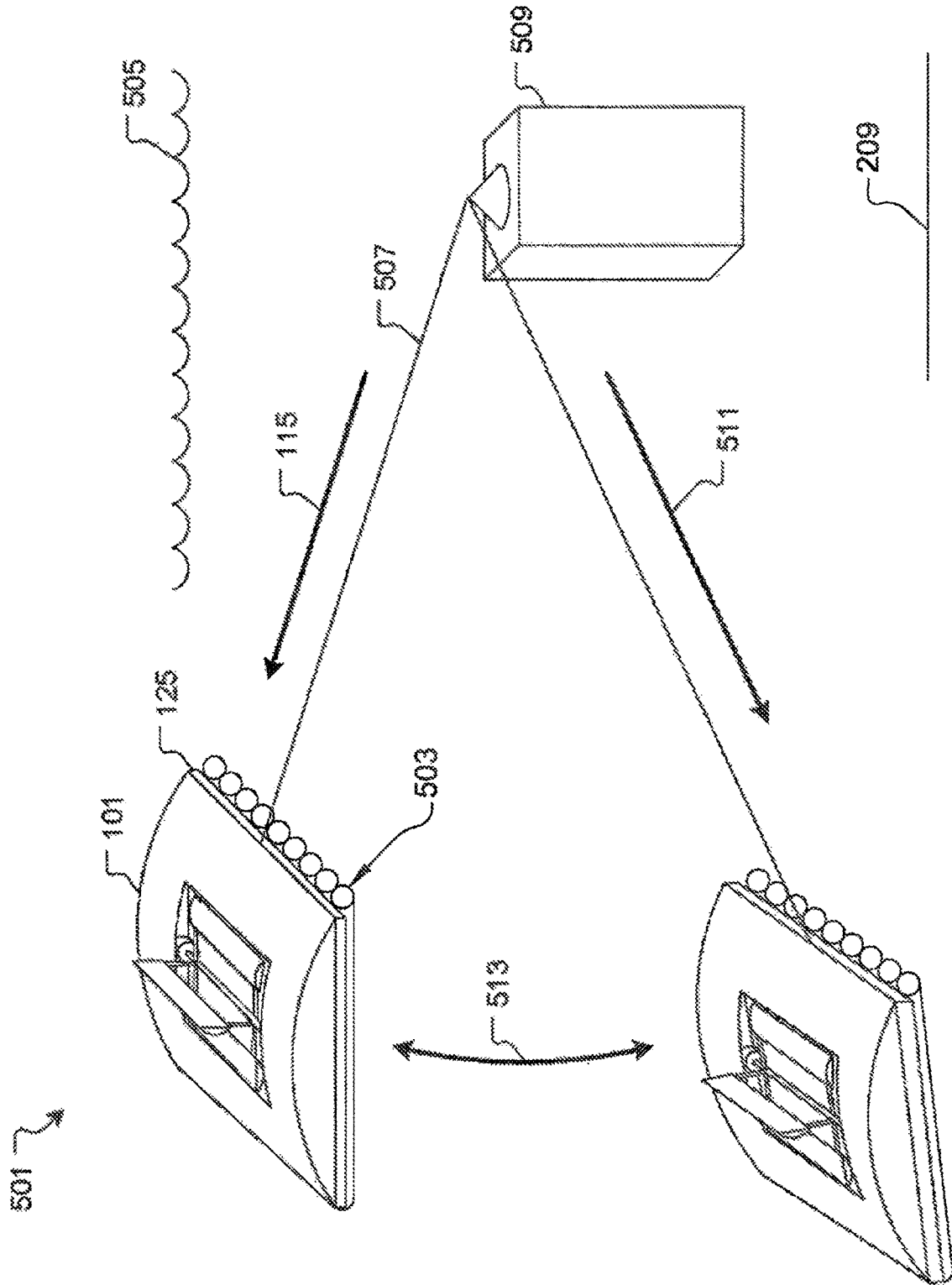


Figure 5

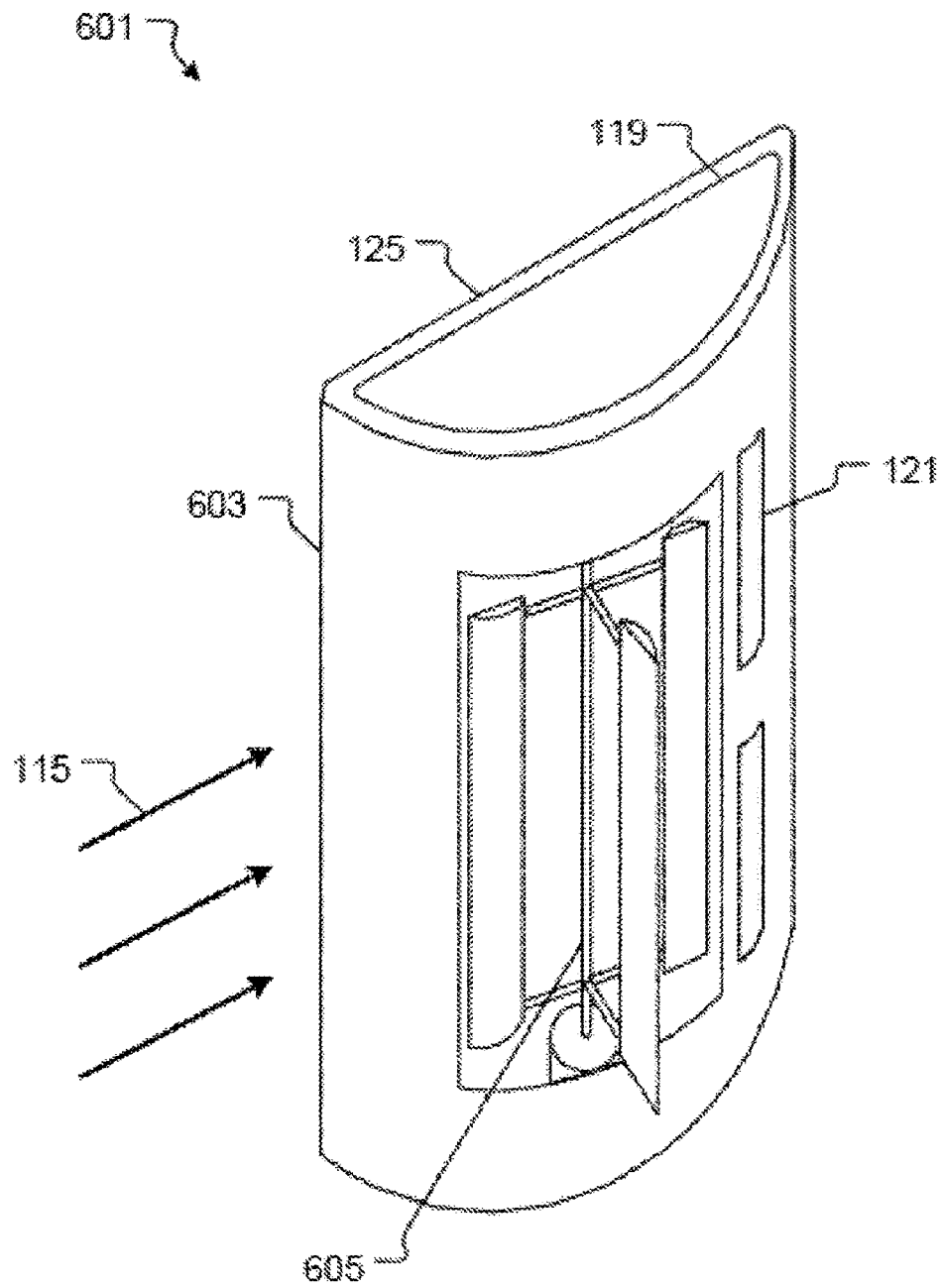


Figura 6

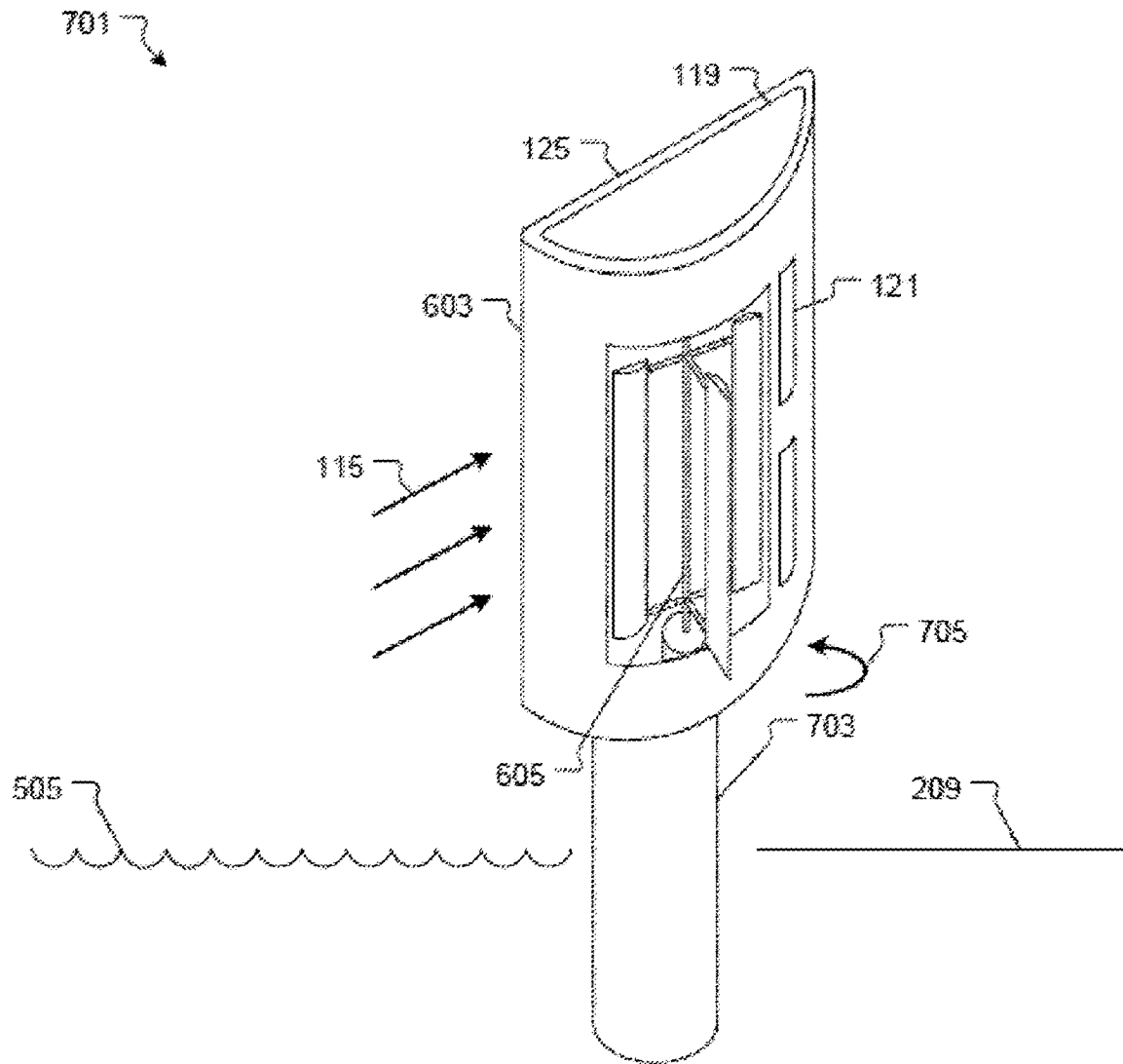


Figura 7A

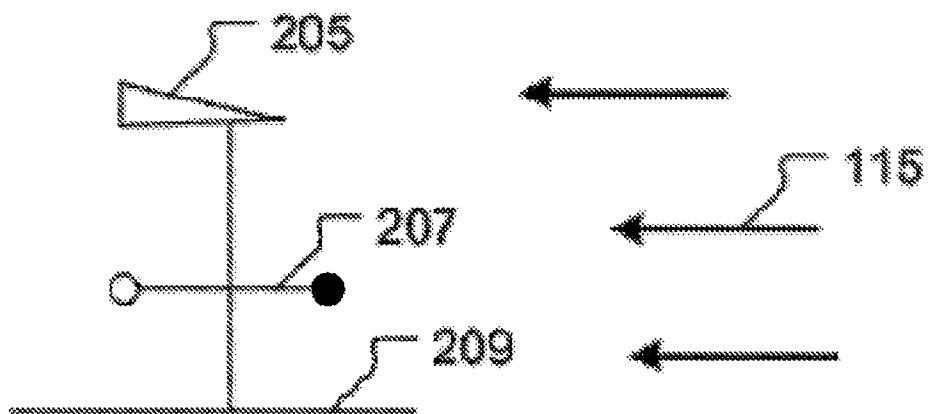


Figura 7B

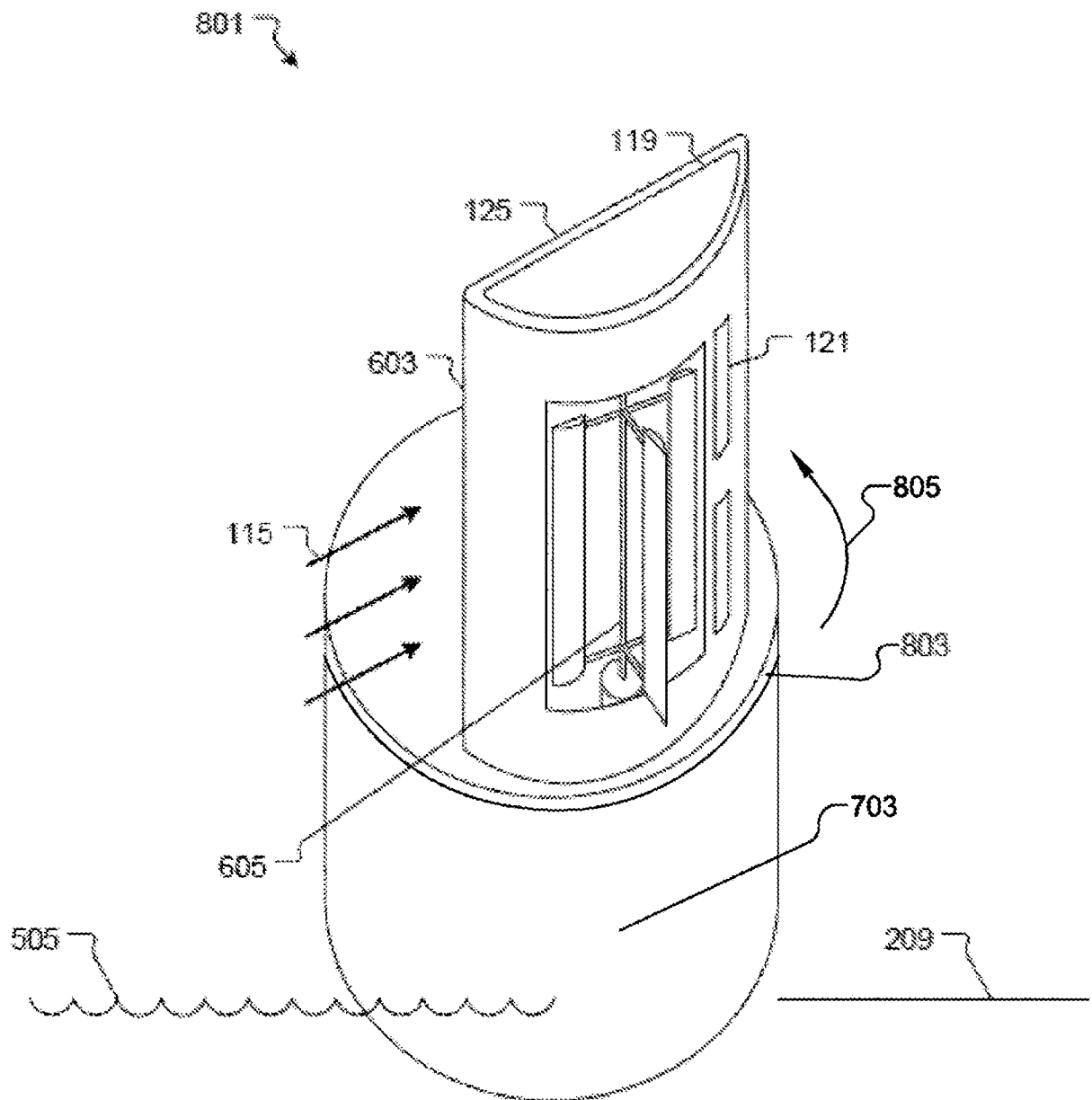


Figura 8

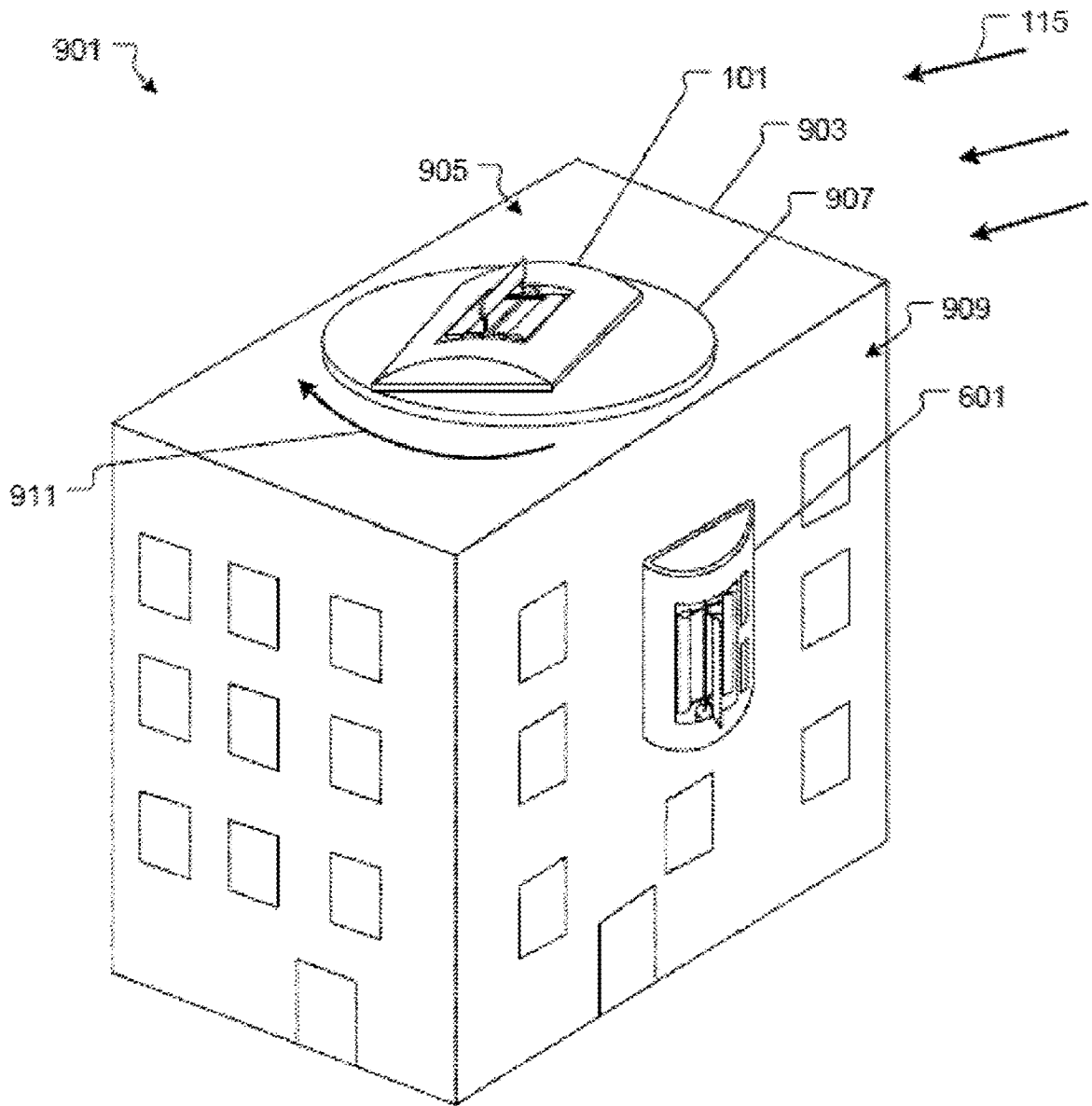


Figura 9

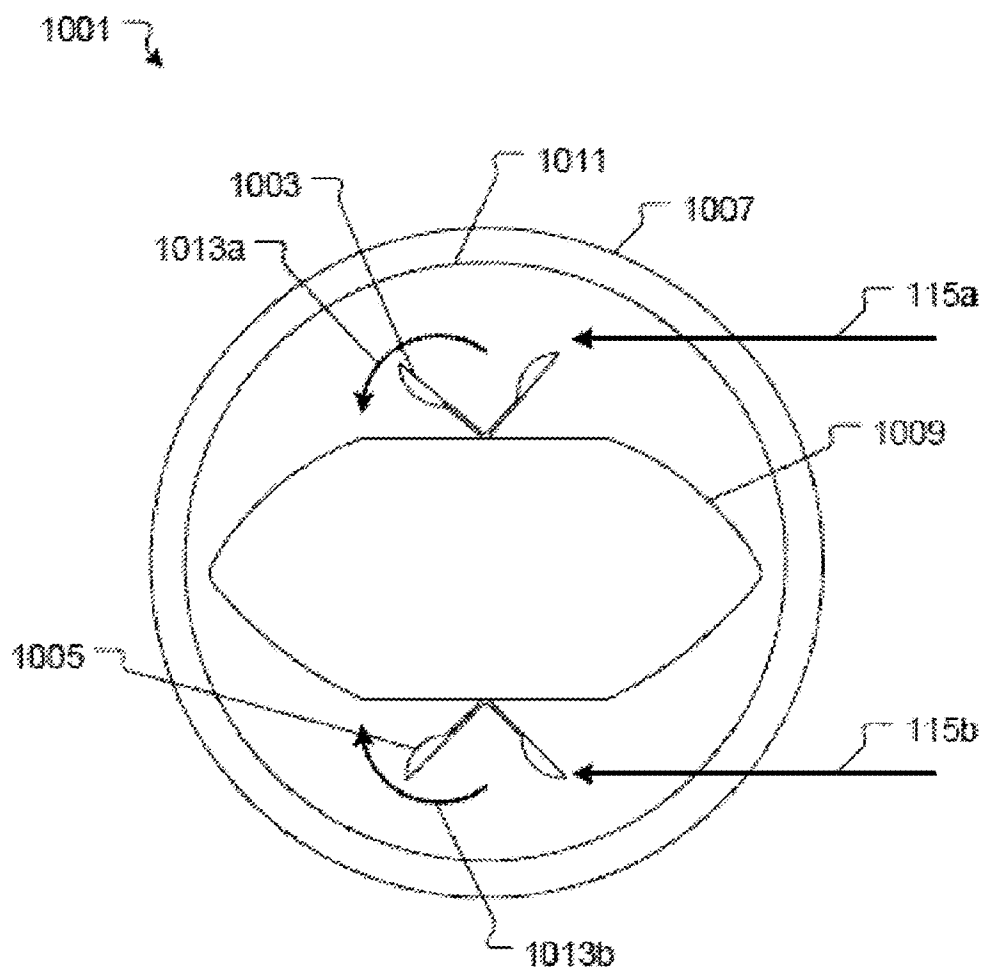


Figura 10

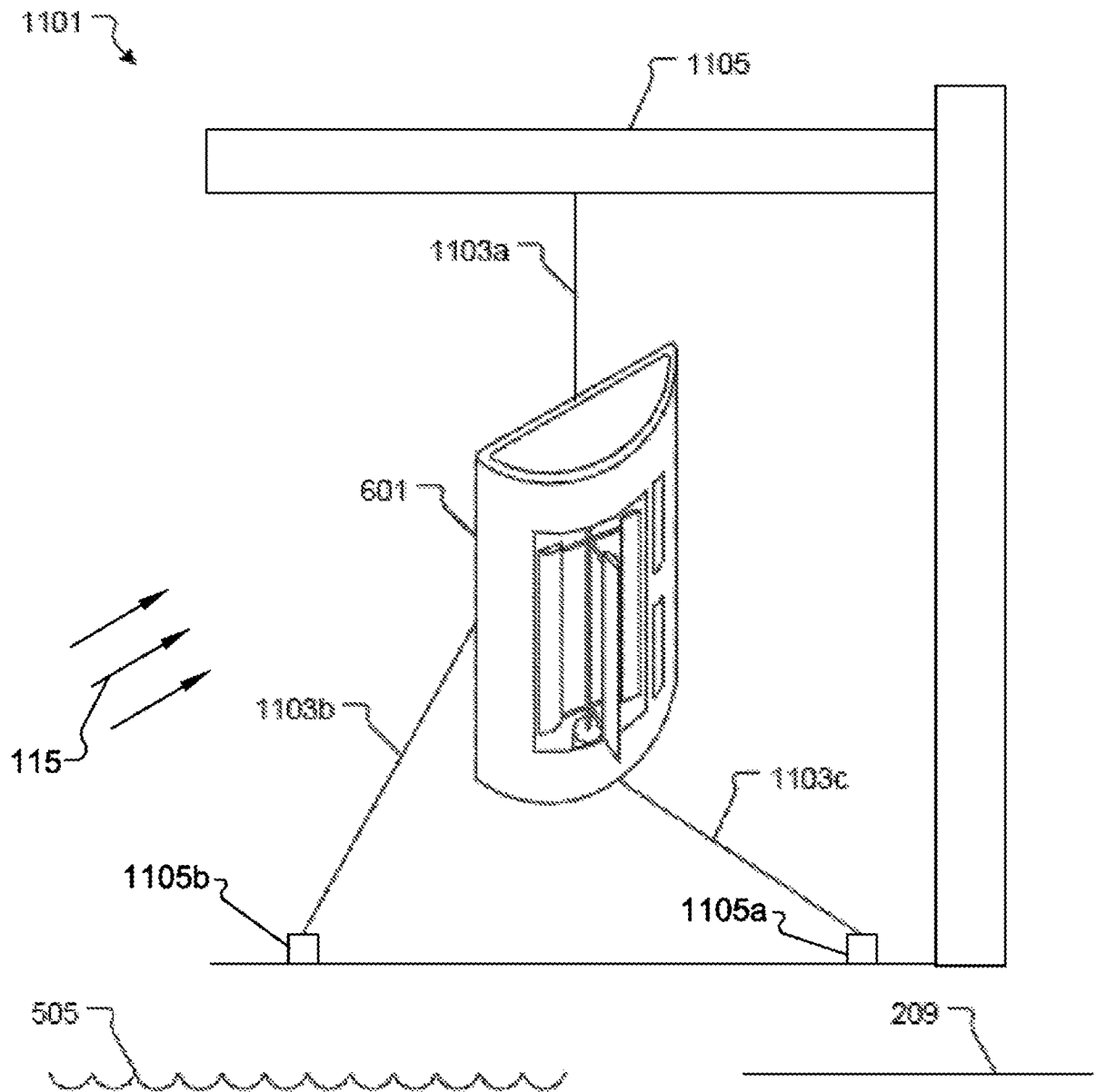


Figura 11

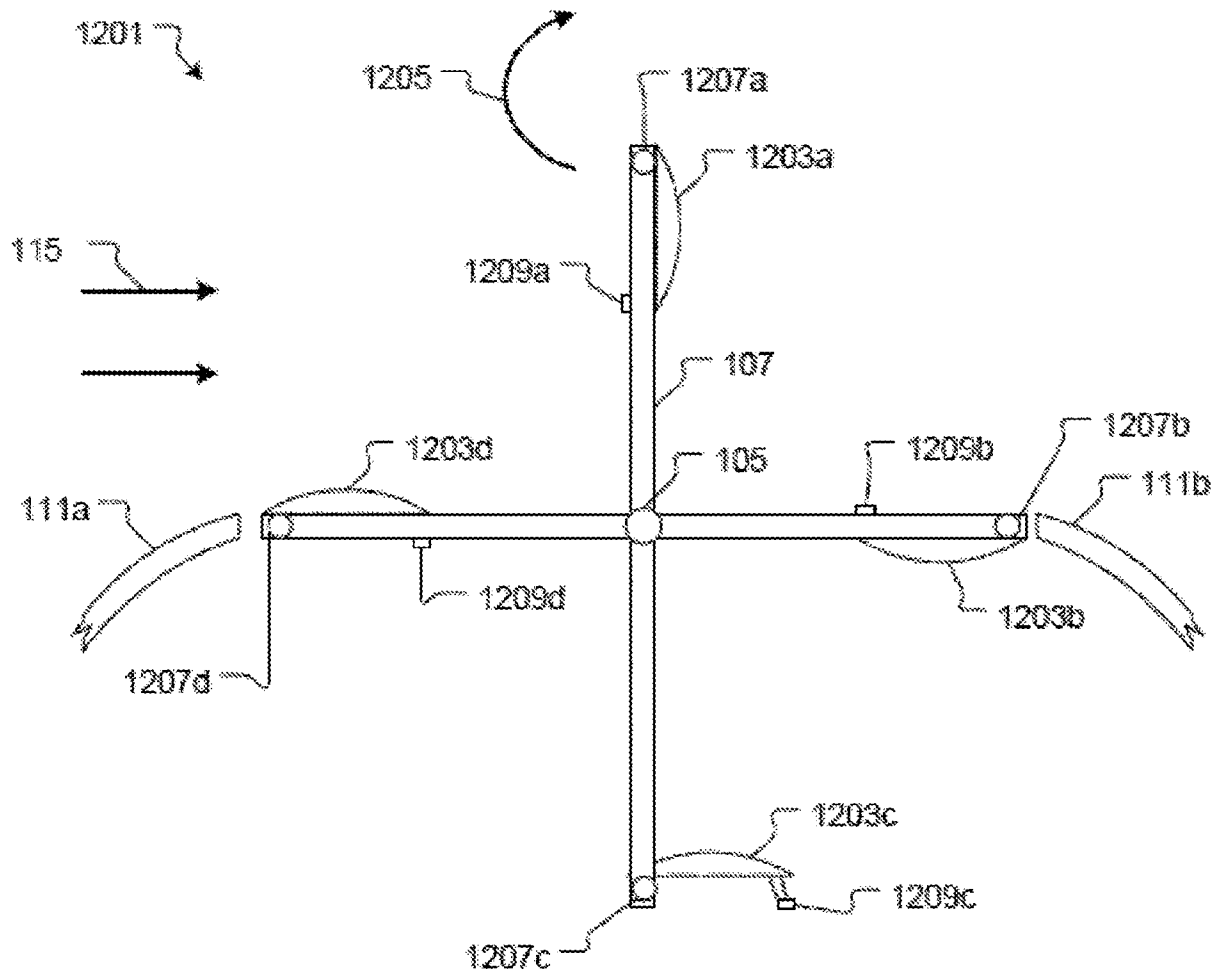


Figura 12