

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 665 985**

51 Int. Cl.:

F03D 80/00 (2006.01)
F03D 80/10 (2006.01)
G01S 13/95 (2006.01)
G01S 13/93 (2006.01)
F03D 1/04 (2006.01)
F03D 3/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.10.2012 PCT/DK2012/050378**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.04.2013 WO13053361**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.10.2012 E 12772710 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.03.2018 EP 2769091**

54 Título: **Detección de tiempo atmosférico por radar para una turbina eólica**

30 Prioridad:

10.10.2011 DK 201170565
10.10.2011 US 201161545212 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.04.2018

73 Titular/es:

VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)
Hedeager 42
8200 Aarhus N, DK

72 Inventor/es:

FUN, JUSTIN y
TRIST, SIMON

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 665 985 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

Detección de tiempo atmosférico por radar para una turbina eólica

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a turbinas eólicas y a sistemas incorporados a las mismas para detectar propiedades de objetos en movimiento y/o tiempo atmosférico.

10 Antecedentes de la invención

La Figura 1 ilustra una turbina eólica 1, que comprende una torre 2 de turbina eólica sobre la que se monta una góndola 3 de turbina eólica. Al menos una pala 5 de rotor está unida a un cubo para formar el rotor. Cada pala puede rotar alrededor de su propio eje longitudinal. A esto se le llama cabeceo de pala. El cubo 6 está conectado a la góndola 3 a través de un árbol (no mostrado), que, preferentemente, es un árbol de baja velocidad escalar, que se extiende desde la parte frontal de la góndola. La turbina eólica ilustrada en la Figura 1 puede ser un modelo pequeño concebido para utilización doméstica o de iluminación, o puede ser un modelo grande, tal como aquellos que son adecuados para su uso en la generación de electricidad a gran escala en un parque eólico. En este último caso, el diámetro del rotor puede ser tan grande como 150 metros o más.

Las palas de rotor de las turbinas eólicas están diseñadas para extraer energía del viento en virtud de su forma aerodinámica y la posterior rotación inducida por viento. Para las turbinas eólicas de eje horizontal, la rotación del rotor alrededor de su eje gira un árbol de transmisión conectado, a su vez, a un generador que produce electricidad. Puede usarse un árbol de transmisión de baja velocidad escalar acoplado a un árbol de alta velocidad escalar o, como alternativa, puede usarse un árbol de transmisión directa. Para que las turbinas eólicas de eje horizontal operen eficientemente y extraigan la máxima energía del viento, la góndola de la turbina eólica se rota para hacer que el rotor quede de cara al viento con el mayor alcance posible, de manera que el eje rotacional del rotor esté alineado con la dirección del viento.

Las turbinas eólicas, y en concreto las turbinas eólicas de mayor tamaño, tendrán un sistema para rotar la góndola de manera que el rotor esté orientado para quedar de cara al viento. Estos sistemas se conocen comúnmente como sistemas de guiñada, o propulsores acimutales, y permiten que una turbina eólica continúe extrayendo la máxima energía de los vientos entrantes, a pesar de los cambios en la dirección del viento. El sistema de guiñada suele localizarse entre la torre de la turbina eólica y la góndola, y habitualmente comprende un soporte completamente giratorio alrededor de un eje colineal con la torre y uno o más propulsores eléctricos o hidráulicos para rotar el soporte con respecto a la torre. De esta manera, la góndola, montada sobre el soporte, puede girarse 360 grados en el plano horizontal.

Puede verse que los parámetros de operación, tales como la guiñada y el cabeceo de pala, pueden ajustarse a la vista de las condiciones meteorológicas predominantes tales como la dirección y velocidad escalar del viento. Esto puede incluir ajustes para aumentar o disminuir la producción de energía o para reducir la tensión en los componentes de la turbina. Esto puede incluir, además, detener la turbina, por ejemplo, al poner las palas en posición de bandera, en respuesta a grandes ráfagas u otras condiciones meteorológicas extremas.

Debido al tamaño de las turbinas eólicas modernas, estas son susceptibles de colisionar con objetos en movimiento tales como aeronaves. Una colisión entre una aeronave y una turbina eólica podría dar lugar, claramente, a víctimas mortales y a un daño considerable tanto a la aeronave como a la turbina eólica.

En los documentos EP2017470 y EP1486798 puede encontrarse un ejemplo de la técnica anterior de tal sistema de radar para alertar de colisiones.

Existe una necesidad de una turbina eólica que presente un sistema de detección para detectar objetos en movimiento tales como aeronaves, permitiendo actuar en respuesta a la detección. Existe, asimismo, una necesidad, de intereses opuestos, de una turbina eólica que presente un sistema de detección para detectar propiedades de tiempo atmosférico para que pueda actuarse apropiadamente.

Sumario de la invención

La invención está definida en las reivindicaciones independientes a las que se hace referencia a continuación. Las características preferentes se exponen en las reivindicaciones dependientes.

Un primer aspecto de la invención proporciona una turbina eólica que presenta un sistema de detección, tal como un sistema de radar, configurado para detectar objetos en movimiento tales como aeronaves. El sistema de radar, preferentemente, es un sistema del tipo descrito en el presente documento. Además, también puede proporcionarse un sistema de detección para detectar o determinar una o más propiedades de condiciones meteorológicas predominantes con el sistema de detección de objetos. En concreto, el sistema de detección de objetos puede

usarse, o estar configurado adicionalmente, para detectar la una o más propiedades de condiciones meteorológicas predominantes.

5 Una primera realización de este aspecto puede proporcionar un sistema de radar para una turbina eólica que comprende una primera unidad de radar y una unidad de control dispuesta para recibir una salida de la unidad de radar. La unidad de control comprende una unidad de procesamiento central configurada para realizar una primera función de determinar al menos una propiedad de aeronave dentro de una zona en supervisión en los alrededores de la turbina eólica y controlar un dispositivo de alerta para generar una señal de alerta para la aeronave detectada basándose en la propiedad determinada y para realizar una segunda función de determinar al menos un parámetro de tiempo atmosférico predominante y, preferentemente, una velocidad escalar del viento en al menos una dirección y/o una dirección del viento, en los alrededores de la turbina eólica. La unidad de procesamiento central está configurada, preferentemente, para realizar las determinaciones basándose en el procesamiento de señales de radar recibidas de la salida de la unidad de radar.

15 La primera unidad de radar puede estar configurada con el propósito de detectar aeronaves dentro de los alrededores de la turbina eólica y, por ende, se está usando para realizar una función adicional a su función primaria.

20 El sistema de radar puede comprender, además, una segunda unidad de radar, estando dispuesta la unidad de control para recibir una salida desde ambas unidades de radar. La salida de la primera unidad de radar se usa, preferentemente, por la unidad de control para realizar la primera función. La segunda unidad de radar está configurada para detectar al menos un parámetro de tiempo atmosférico predominante en los alrededores de la turbina eólica, usándose la salida de la segunda unidad de radar por la unidad de control para realizar la segunda función. Preferentemente, la primera unidad de radar opera en la banda L y la segunda unidad de radar opera en las bandas S o C.

25 La unidad de control y la unidad de radar pueden estar formadas en una única unidad de campo. El sistema entero también puede estar incorporado en una unidad de campo integral, siendo una de una pluralidad de unidades de campo que tienen áreas de cobertura que están en comunicación para intercambiar información acerca de movimientos de aeronave dentro de las áreas de cobertura. Preferentemente, el sistema de radar está montado en la torre de la turbina o la góndola.

30 Preferentemente, el sistema de radar también comprende uno o más dispositivos de alerta acoplados a la unidad de control, siendo los dispositivos de alerta uno o más de un dispositivo emisor de luz, un dispositivo emisor de audio o un dispositivo de comunicación por radio.

35 La unidad de control puede estar acoplada al sistema de control de cabeceo de la turbina eólica, y la unidad de control puede estar configurada para controlar el cabeceo de las palas de la turbina eólica basándose en la propiedad determinada de una aeronave detectada. La unidad de control también puede estar configurada para controlar el cabeceo de las palas de la turbina eólica basándose en el parámetro determinado de acuerdo con la segunda función. En cualquier caso, la unidad de cabeceo puede controlarse para detener la turbina, preferentemente al cabecear las palas hasta una posición de bandera.

40 La unidad de control puede adicionalmente, o como alternativa, estar acoplada al sistema de control de guiñada de la turbina eólica, estando configurada la unidad de control para controlar la guiñada de las palas de la turbina eólica basándose en la propiedad determinada de una aeronave detectada y/o el parámetro determinado de acuerdo con la segunda función.

45 La primera función mencionada anteriormente puede comprender, además, determinar si la aeronave tiene una trayectoria y una altura que puedan dar lugar a la colisión de la aeronave con la turbina eólica si la trayectoria y la altura se mantienen, proporcionándose una primera señal de alerta a la aeronave cuando la aeronave entra en una primera zona de alerta dentro de la zona en supervisión. Puede proporcionarse una segunda señal de alerta a la aeronave cuando la aeronave entra en una segunda zona de alerta dentro de la zona en supervisión. Preferentemente, la unidad de control está configurada para proporcionar la primera señal de alerta al controlar un sistema de luz y para proporcionar dicha segunda señal de alerta al controlar un sistema transmisor por radio.

50 El sistema de luz puede conectarse a y controlarse por la unidad de procesamiento central para proporcionar una señal de alerta luminosa, activándose el sistema de luz por la unidad de procesamiento central tras la detección de la aeronave en la primera zona de alerta. El sistema transmisor por radio puede conectarse a y controlarse por la unidad de procesamiento central para proporcionar una señal de alerta audible por radiofrecuencia, activándose el sistema transmisor por radio por la unidad de procesamiento central tras la detección de la aeronave en la segunda zona de alerta. El sistema de luz y el sistema transmisor por radio se encuentran, preferentemente, en modo reposo hasta que la unidad de control los active.

60 Como alternativa, o adicionalmente, la primera función puede comprender, además, determinar si la aeronave tiene una trayectoria y una altura que puedan dar lugar a la colisión de la aeronave con la turbina eólica si la trayectoria y la altura se mantienen, proporcionándose una señal de alerta a la aeronave cuando esta entra en una zona de alerta

dentro de la zona de supervisión, pero sin proporcionarse ninguna nueva señal de alerta si la velocidad escalar de la aeronave está por debajo de un valor umbral predeterminado y la aeronave está dentro de la zona de alerta durante un tiempo más largo que el predeterminado.

5 El sistema puede incluir, además, una antena de radar que tiene una pluralidad de elementos de antena en comunicación con la unidad de procesamiento central de la unidad de control, estando la antena de radar en comunicación con el sistema electrónico de radar para formar parte del sistema de radar para la detección por radar de una aeronave en un área de cobertura por radar, en donde la pluralidad de elementos de antena proporciona un área de cobertura por radar de 360 grados en los alrededores de la turbina eólica.

10 También puede proporcionarse un método correspondiente para operar un sistema de radar para una turbina eólica. El método comprende proporcionar una primera unidad de radar y una unidad de control dispuesta para recibir una salida desde la unidad de radar, comprendiendo la unidad de control una unidad de procesamiento central, y determinar al menos una propiedad de aeronave dentro de una zona en supervisión en los alrededores de la turbina eólica basándose en la salida de la primera unidad de radar. Un dispositivo de alerta se controla para generar una señal de alerta para la aeronave detectada basándose en la propiedad determinada. El método incluye, además, determinar al menos un parámetro de tiempo atmosférico predominante en los alrededores de la turbina eólica usando la salida de la primera unidad de radar.

15 20 Preferentemente, la primera unidad de radar está configurada para detectar aeronaves dentro de los alrededores de la turbina eólica. El parámetro del tiempo atmosférico predominante es, preferentemente, una velocidad escalar del viento en al menos una dirección y/o una dirección del viento.

25 Preferentemente, la unidad de control está acoplada al sistema de control de cabeceo de la turbina eólica y el método comprende, además, controlar el cabeceo de las palas de la turbina eólica basándose en la propiedad determinada de una aeronave detectada y/o basándose en el parámetro determinado del tiempo atmosférico predominante. Controlar el cabeceo puede incluir, preferentemente, controlar el cabeceo para detener la turbina, preferentemente al cabecear las palas hasta una posición de bandera.

30 La unidad de control puede adicionalmente, o como alternativa, estar acoplada al sistema de control de guiñada de la turbina eólica, comprendiendo el método, además, controlar la guiñada de las palas de la turbina eólica basándose en la propiedad determinada de una aeronave detectada y/o basándose en el parámetro determinado del tiempo atmosférico predominante.

35 El método puede comprender, además, determinar si una aeronave en el área de cobertura de zona de supervisión tiene una trayectoria y una altura que puedan dar lugar a la colisión de la aeronave con la turbina eólica si la trayectoria y la altura se mantienen; calcular las zonas de alerta primera y segunda basándose en la trayectoria y la altura; proporcionar una primera alerta a la aeronave cuando la aeronave entra en la primera zona de alerta; y proporcionar una segunda alerta a la aeronave cuando la aeronave entra en la segunda zona de alerta. Como alternativa, el método puede comprender, además, detectar cuándo ha entrado una aeronave en el área de cobertura de zona de supervisión; determinar información acerca de la aeronave incluyendo la velocidad escalar, dirección y altura de la aeronave; calcular al menos una primera zona de alerta basándose en la información; proporcionar una primera alerta a la aeronave cuando la aeronave entra en la primera zona de alerta; y cesar de proporcionar alertas a la aeronave cuando la aeronave permanece dentro de la primera zona de alerta durante un periodo de tiempo predeterminado.

45 Las realizaciones de un segundo aspecto de la invención proporcionan una turbina eólica que comprende una primera unidad de radar y una unidad de control dispuesta para recibir una salida desde la unidad de radar. La unidad de control comprende una unidad de procesamiento central configurada para determinar si la aeronave tiene una trayectoria y una altura que puedan dar lugar a la colisión de la aeronave con la turbina eólica si la trayectoria y la altura se mantienen, en donde una primera señal de alerta se proporciona a la aeronave cuando la aeronave entra en una primera zona de alerta dentro de la zona en supervisión y una segunda señal de alerta se proporciona a la aeronave cuando la aeronave entra en una segunda zona de alerta dentro de la zona en supervisión.

50 55 Una realización alternativa de un segundo aspecto de la invención puede proporcionar una turbina eólica que comprende una primera unidad de radar y una unidad de control dispuesta para recibir una salida desde la unidad de radar. La unidad de control comprende una unidad de procesamiento central configurada para determinar si la aeronave tiene una trayectoria y una altura que puedan dar lugar a la colisión de la aeronave con la turbina eólica si la trayectoria y la altura se mantienen, en donde se proporciona una señal de alerta a la aeronave cuando la aeronave entra en una zona de alerta dentro de la zona de supervisión, pero no se proporcionará ninguna nueva señal de alerta si la velocidad escalar de la aeronave está por debajo de un valor umbral predeterminado y está dentro de la zona de alerta durante un tiempo más largo que el predeterminado.

60 65 Un tercer aspecto de la presente invención proporciona un sistema mejorado para determinar una o más propiedades de condiciones meteorológicas predominantes usando un primer sistema de detección, tal como un sistema de detección por radar, y un segundo sistema de detección, tal como un anemómetro *doppler* y,

- particularmente, un sistema LIDAR. Preferentemente, el sistema de detección por radar tiene un alcance más largo que el anemómetro *doppler* y se usa para realizar una exploración y detección iniciales de los parámetros de condición meteorológica predominante. El anemómetro *doppler* puede usarse, entonces, para realizar una segunda medición más detallada de los parámetros, estando determinada la dirección en la que apunta el anemómetro
- 5 *doppler* por los resultados de la exploración por radar. El sistema de radar usado también está configurado, preferentemente, para detectar propiedades de objetos en movimiento tales como aeronaves, pero esto no es una necesidad y puede estar configurado para detectar condiciones meteorológicas predominantes.
- De acuerdo con una realización del tercer aspecto de la invención se proporciona un sistema para determinar uno o
- 10 más parámetros de tiempo atmosférico predominante en los alrededores de una turbina eólica. El sistema comprende una unidad de radar; un detector para detectar una componente de velocidad vectorial del viento a lo largo de una línea de visión, estando montado el detector de una manera tal que pueda ajustarse la dirección de la línea de visión; y una unidad de control dispuesta para recibir una salida desde la unidad de radar. La unidad de control comprende una unidad de procesamiento central configurada para determinar al menos un parámetro de
- 15 tiempo atmosférico predominante en los alrededores de la turbina eólica basándose en la salida desde la unidad de radar; y para ajustar la dirección de la línea de visión del detector basándose en el al menos un parámetro determinado.
- Montar el detector puede conllevar montar el detector de manera movable, por ejemplo sobre una plataforma giratoria o una montura giratoria que tiene un accionador para ajustar la dirección de la línea de visión, estando configurada la CPU para ajustar la dirección de la línea de visión del detector al controlar el accionador. Como alternativa, esto puede conseguirse al proporcionar otros medios para redirigir el haz detector tales como proporcionar un espejo
- 20 movable o giratorio, que se mueve por un accionador controlado por la CPU.
- La unidad de control está configurada, preferentemente, para determinar la localización o el soporte de la turbina, de regiones de turbulencia detectadas por la unidad de radar; y para ajustar la dirección de la línea de visión del detector para apuntar el detector a la región de turbulencia para detectar una componente de velocidad vectorial del viento dentro de la región de turbulencia.
- 25 Preferentemente, el detector es un anemómetro *doppler* y, preferentemente, un detector LIDAR, detector SODAR, RADAR o LDV.
- Preferentemente, la unidad de control está acoplada al sistema de control de cabeceo de la turbina eólica, estando configurada la unidad de control para controlar el cabeceo de las palas de la turbina eólica basándose en el al menos un parámetro determinado del tiempo atmosférico predominante y/o la salida desde el detector. La unidad de cabeceo puede controlarse para detener la turbina, preferentemente al cabecear las palas hasta una posición de
- 35 bandera.
- La unidad de control puede adicionalmente, o como alternativa, estar acoplada al sistema de control de guiñada de la turbina eólica, estando configurada la unidad de control para controlar la guiñada de las palas de la turbina eólica basándose en el al menos un parámetro determinado del tiempo atmosférico predominante y/o la salida desde el detector.
- 40 Puede proporcionarse una turbina eólica que incluye el sistema de acuerdo con el tercer aspecto de la invención. El sistema de acuerdo con el tercer aspecto de la invención puede incorporar un sistema de radar del tipo descrito en relación con los aspectos primero y segundo de la invención, incluyendo cualquiera de las características opcionales de preferencia.
- También puede proporcionarse un método correspondiente para determinar uno o más parámetros de tiempo atmosférico predominante en los alrededores de una turbina eólica, comprendiendo el método: proporcionar una
- 50 unidad de radar, un detector para detectar una componente de velocidad vectorial del viento a lo largo de una línea de visión, estando montado el detector de tal manera que pueda ajustarse la dirección de la línea de visión y disponerse una unidad de control para recibir una salida desde la unidad de radar, comprendiendo la unidad de control una unidad de procesamiento central; determinar al menos un parámetro de tiempo atmosférico predominante en los alrededores de la turbina eólica basándose en la salida desde la unidad de radar; y ajustar la
- 55 dirección de la línea de visión del detector basándose en el al menos un parámetro determinado.
- Pueden proporcionarse programas de ordenador correspondientes para hacer que cualquiera de los sistemas descritos anteriormente realice las etapas del método descritas en el presente documento.
- 60 Debe señalarse que cualquier aspecto de los aspectos primero, segundo o tercero de la invención pueden combinarse con cualesquiera aspectos de los otros aspectos de la invención, incluyendo cualesquiera características opcionales o de preferencia.
- 65

Breve descripción de los dibujos

A continuación, se describirán las realizaciones de la invención, únicamente a modo de ejemplo, y con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

- 5 la Figura 1 es una vista frontal de una turbina eólica de eje horizontal;
- la Figura 2 muestra una porción de un parque eólico que incorpora un sistema de detección por radar;
- la Figura 3 es un esquema de un sistema de radar habitual;
- 10 la Figura 4 es un esquema que muestra los elementos de un sistema de acuerdo con una realización de la invención;
- la Figura 5 es un organigrama que muestra los elementos principales de un sistema OCAS;
- 15 la Figura 6 es una ilustración esquemática de un ejemplo de la determinación de un límite de alerta vertical para un sistema OCAS;
- la Figura 7 es una ilustración esquemática de un ejemplo de las zonas de detección y alerta en un ejemplo de la utilización de un sistema OCAS para alertar de una turbina eólica a una aeronave que se desplaza a una velocidad escalar de menos de 200 nudos;
- 20 la Figura 8 es una ilustración esquemática de un ejemplo de detección de zonas de alerta en un ejemplo de la utilización de un sistema OCAS;
- 25 la Figura 9 muestra una configuración de antena para un radar en un sistema OCAS;
- la Figura 10 muestra un diagrama esquemático más detallado de una antena de radar como se muestra en la Figura 9;
- 30 la Figura 11 muestra un diagrama esquemático más detallado de una estructura de antena como se muestra en la Figura 9 con la incorporación de un sistema electrónico de generación de señal de control;
- la Figura 12 muestra una ilustración esquemática de ejemplos de diseños de panel de antena para una arquitectura de antena como se muestra en la Figura 9 o 10;
- 35 la Figura 13 muestra una ilustración esquemática de un ejemplo de una red de alimentación para diseños de panel de antena para una arquitectura de antena tal como la que se muestra en las Figuras 9 y 10;
- la Figura 14 es una ilustración esquemática de un bastidor de soporte prácticamente cilíndrico y radomo para una arquitectura de antena como se muestra en la Figura 9, 10 u 11 con una sugerencia de montaje para un posicionamiento favorable de una antena VHF no direccional;
- 40 la Figura 15 es una ilustración esquemática de más detalles del bastidor de soporte en una arquitectura de antena como se muestra en la Figura 9, 10, 11 o 14, en donde cada panel de antena individual está cubierto por un radomo de panel de un sistema OCAS;
- 45 la Figura 16 es una vista lateral esquemática de una porción de célula de una turbina eólica que incorpora una unidad de detección LIDAR;
- 50 la Figura 17 es un esquema de un sistema de control para controlar la guiñada y el cabeceo de una turbina eólica;
- la Figura 18 es una vista esquemática de una turbina vista desde arriba que incorpora un detector LIDAR giratorio; y
- la Figura 19 muestra las etapas emprendidas por una unidad de control a la hora de controlar un sistema de guiñada y cabeceo de una turbina eólica.
- 55

Descripción detallada de las realizaciones preferentes

- 60 La Figura 2 muestra una disposición de acuerdo con una primera realización de la invención. Como se muestra en la figura, una turbina eólica 21 está equipada con una unidad 22 de detección por radar, que está montada en una posición por encima del nivel del terreno, preferentemente sobre la torre de la turbina pero posiblemente sobre la góndola de la turbina. La unidad de detección por radar emite impulsos de radar y detecta reflexiones de objetos. En respuesta a la detección de un objeto pueden llevarse a cabo una o más acciones como se describe a continuación.
- 65 En la Figura 3 se muestra un esquema de una unidad de radar ejemplar. Se proporciona una antena para emitir ondas electromagnéticas de un ancho de banda predeterminado. El generador de forma de onda genera la señal de

5 radar emitida por la unidad de radar antes de amplificarse por el amplificador 33 de potencia. En conjunto, estas unidades pueden considerarse un emisor 36. La antena recibe/recopila las reflexiones de señal de radar derivadas de las reflexiones de objetos en el recorrido de la señal de radar, antes de pasarse a una unidad 34 de receptor y unidad 35 de procesamiento de señal para un procesamiento posterior para extraer información acerca del objeto que refleja. Puede requerirse un duplexor 37 para evitar daños al receptor cuando se esté usando el emisor de alta potencia.

10 La unidad de radar está configurada para detectar objetos en movimiento, tales como aeronaves 23, dentro de los alrededores de la turbina eólica 21. La unidad de radar está configurada para detectar aeronaves u objetos similares dentro de regiones de detección predeterminadas dentro del espacio aéreo que rodea a la turbina eólica. Preferentemente, la unidad de radar está configurada para detectar objetos a al menos 50 m - 200 m de la turbina y puede estar configurada para detectar objetos considerablemente más lejos, tal como a varios kilómetros. Preferentemente, la unidad de radar opera en la banda L.

15 Tras recibir señales de radar reflejadas, el receptor 34 de unidad de radar puede realizar una separación de la señal deseada del ruido y amplificar la señal para un procesamiento posterior. El procesamiento adicional, que puede realizarse por el procesador 35 de señal, puede incluir el rechazo de señales no deseadas, tales como ecos, y pasar señales derivadas de los objetivos deseados. Este procesamiento puede realizarse de acuerdo con los parámetros predeterminados con el fin de detectar objetivos deseados.

20 La salida de la unidad de radar, tal como la que se muestra en la Figura 3, puede usarse para determinar propiedades de un objeto detectado. En concreto, la salida puede usarse para una unidad de control, que comprende una unidad de procesamiento central, para determinar la altura, coordenadas, dirección y/o velocidad escalar o velocidad vectorial de un objeto detectado. La CPU puede comparar, entonces, uno o más de estos parámetros determinados con valores umbral predeterminados para determinar si los parámetros determinados del objeto detectado sobrepasan o no satisfacen estos valores umbral. En respuesta a la determinación acerca de si uno o más parámetros del objeto sobrepasan o no satisfacen los valores umbral predeterminados, la unidad de control puede actuar como se describe a continuación.

30 Los valores umbral pueden incluir uno o más de los siguientes parámetros. Puede usarse una distancia predeterminada desde la turbina eólica, asumiéndose una acción de control ante la circunstancia de que la distancia del objeto sea inferior a la distancia predeterminada. En concreto, puede usarse una altura predeterminada dentro de un área de detección predeterminada. Puede usarse una velocidad escalar predeterminada, asumiéndose una acción de control ante la circunstancia de que la velocidad escalar del objeto sobrepase un valor de velocidad escalar predeterminado. Esta funcionalidad se emplea, preferentemente, cuando se determina que el objeto se localiza dentro de una distancia predeterminada de la turbina eólica, o un área predeterminada que rodea a la turbina eólica.

40 Además, o como alternativa, la CPU puede determinar un rumbo, trayectoria o velocidad vectorial cuando el objeto detectado se localiza dentro de una primera área o un primer volumen de detección predeterminada/o. Si el rumbo determinado por la CPU indica que el objeto se está aproximando a la inmediación de la turbina o hacia una segunda área o un segundo volumen de detección predeterminada/o localizada/o dentro de la primera área predeterminada, entonces se asumen una o varias acciones de control.

45 El área o volumen dentro de la/del cual el objeto puede tener que estar con el fin de iniciar una o más de las acciones de control pueden estar definidos por el alcance de detección de la unidad de radar. En vez de esto, sin embargo, el área o volumen activa/o dentro de la/del cual pueden iniciarse acciones de control puede basarse en parámetros predeterminados proporcionados a la unidad de control. El área o volumen puede ser, por ejemplo, una distancia en el plano horizontal de 0 m - 200 m y una altura de 0 m - 200 m, definiendo una rejilla o volumen tridimensional dentro de la/del cual se asumen acciones de control en respuesta al objeto detectado.

50 La unidad de control responsable de determinar las propiedades de un objeto detectado y si se requiere una acción de control a la vista de estas propiedades puede localizarse de manera remota con respecto a la turbina eólica o puede localizarse en la turbina eólica, en cuyo caso se proporciona preferentemente como parte de la unidad 22 de radar. La unidad de control puede combinarse con el procesador de señal de la unidad de radar. Una unidad de control remoto puede usarse para controlar y coordinar múltiples turbinas eólicas en un parque eólico como se describirá a continuación.

60 A continuación, se describirán las acciones de control. Como se muestra en la Figura 2, la turbina eólica también dispone de un dispositivo 24 de generación de alerta. En el ejemplo de la Figura 2, el dispositivo de generación de alerta tiene forma de una luz de alerta. Como alternativa, puede usarse un dispositivo de generación de audio o radiobaliza. El propósito del dispositivo de generación de alerta es generar una señal para alertar de una colisión inminente al piloto de una aeronave detectada. El dispositivo de generación de alerta no tiene por qué localizarse sobre la turbina eólica siempre que este pueda alertar de la localización de la turbina. Sin embargo, el dispositivo de generación de alerta se localiza, preferentemente, en la góndola de la turbina. Puede proporcionarse una conexión inalámbrica entre la unidad de control y el dispositivo de generación de alerta para controlar la activación del

dispositivo de alerta.

Además de activar uno o más dispositivos de generación de alerta, o en vez de hacerlo, la unidad de control puede estar configurada para controlar una o más propiedades de la turbina eólica. En concreto, la unidad de control puede estar configurada para ajustar la guiñada y/o el cabeceo de la turbina eólica. La Figura 4 muestra cómo puede conseguirse esto al acoplar la unidad 41 de control, la cual recibe la salida desde la unidad 42 de radar, a los sistemas 43 y 44 de guiñada y/o cabeceo que controlan las operaciones de guiñada y cabeceo dentro de la turbina. En respuesta a la detección de un objeto tal como una aeronave dentro de un área, o volumen, de detección predeterminada/o, la unidad 41 de control puede enviar una señal de control al sistema 44 de cabeceo dándole instrucciones de detener la turbina, por ejemplo, al poner las palas en posición de bandera. Además, la unidad 43 de control puede enviar una señal de control al sistema de guiñada que da instrucciones de guiñar la turbina fuera del viento entrante.

Como se muestra en la Figura 2, el sistema puede extenderse desde una única turbina hasta incorporar múltiples turbinas dentro de un parque eólico, por ejemplo. Cada turbina eólica puede incorporar una unidad de radar y puede estar acoplada a una unidad de control como se ha descrito anteriormente. Las turbinas pueden estar acopladas a una unidad de control central, o la una a la otra, por una red 25 de control que puede ser una red cableada o inalámbrica.

Además de las características descritas anteriormente, una turbina eólica de acuerdo con una realización de la presente invención puede incluir una unidad de radar, tal como aquellas descritas anteriormente o a continuación, configuradas para detectar, además de las propiedades de un objeto tal como aeronaves, una o más propiedades de condiciones meteorológicas predominantes.

Habitualmente, la detección del tiempo atmosférico se realiza usando un radar de banda S o C, que se corresponde con un intervalo de frecuencia nominal de 2,0 a 4,0 GHz o 4,0 a 8,0 GHz respectivamente. La banda L, que se corresponde con un intervalo de frecuencia nominal de 1,0 a 2,0 GHz, como puede utilizarse por la unidad de radar para detectar aeronaves, no se considera apropiada para este uso. Sin embargo, es posible extraer la dirección, velocidad escalar y otros parámetros de viento, tales como divergencia y deformación, al configurar apropiadamente la unidad 41 de control para que extraiga esta información de la unidad 42 de radar. Un ejemplo posible de cómo podría conseguirse esto, en ciertas realizaciones, consiste en configurar la CPU de la unidad de control para realizar la técnica de visualización de velocidad en acimut (VAD, *Velocity Azimuth Display*), que depende del análisis de la velocidad vectorial radial medida durante una exploración completa en acimut con un ángulo de elevación fijo. En un margen de inclinación "r", el diámetro de la región explorada es $r \cos x$, y la altura de la medición es $r \sin x$, siendo x el ángulo de elevación para un ángulo acimutal β , velocidad escalar de viento horizontal V_h , y velocidad escalar de caída de las partículas V_f , la velocidad vectorial radial en el margen r es:

$$V_r(B) = V_h \cos \beta \cos x + V_f \sin x$$

Puede usarse un análisis de armónicos para obtener la velocidad escalar de viento horizontal, la dirección de viento y la velocidad escalar de caída de partículas.

En vez de configurar la unidad de control para extraer datos, a partir de una única señal de radar, para determinar propiedades tanto de aeronave como de viento, es posible proporcionar, dentro del dispositivo de radar, una segunda unidad de radar configurada específicamente con el propósito de detectar propiedades de tiempo atmosférico y particularmente para detectar velocidades escalares y vectoriales del viento. El segundo dispositivo de radar puede incluir las mismas características que las que se muestran y se describen en relación con la Figura 3. Como alternativa, uno o más componentes, tales como la antena, el emisor, el duplexor y, en concreto, el receptor y el procesador de señal, pueden compartirse entre los dispositivos. Tal dispositivo de radar estaría configurado para emitir haces independientes, siendo el primero, preferentemente, un haz de banda L para detectar aeronaves y siendo el segundo una banda C o S para detectar propiedades de viento y tiempo atmosférico.

A continuación, se describirá un ejemplo específico de un sistema que incluye un sistema de radar, que puede usarse en una realización de la invención descrita anteriormente o a continuación.

El OCAS (sistema para evitar colisiones de obstáculos, *obstacle collision avoidance system*), que puede implementarse en realizaciones de la invención, comprende unidades que se comunican entre sí y que también están dispuestas para comunicarse con un centro, por ejemplo un OCC = Centro de Control OCAS, que puede ser una unidad de control como se ha descrito anteriormente. El estado de las unidades de campo OCAS puede supervisarse desde un OCC, que envía notificaciones a, por ejemplo, los NOTAM o a una página web. Las áreas de alerta pueden reprogramarse por el OCC, y también se puede mejorar las unidades de campo OCAS y rectificar los fallos de las mismas.

A continuación, sigue una breve descripción de las características principales del funcionamiento del sistema OCAS. Una unidad de campo OCAS que comprende una unidad de radar del tipo descrito anteriormente, o un sistema alternativo que realiza una función similar a esta, se colocará habitualmente en los alrededores de la turbina eólica

de la que la unidad OCAS ha de dar alerta. Una de las dichas unidades de campo OCAS consiste principalmente en un dispositivo de radar, una radio VHF, una fuente de energía y un mástil.

5 Una unidad de radar que es parte de un OCAS de acuerdo con las realizaciones de la invención está dispuesta para tener bajo consumo de energía y está construida para buscar continuamente aeronaves en movimiento en su área de cobertura. Tras la detección de una aeronave, el radar está preparado para seguir a la aeronave como a un
 10 objetivo definido. La trayectoria, altura y velocidad escalar de este objetivo se calculan y se registran en la unidad de campo OCAS o una unidad de control central. La unidad de campo OCAS, o unidad de control central, dispone de un dispositivo que sigue la trayectoria, altura y velocidad escalar registradas, y está preparada para activar un
 15 dispositivo de alerta para posibilitar al piloto maniobrar con seguridad alejándose del obstáculo aéreo, si la trayectoria, altura y velocidad escalar del objetivo son de tal carácter que existe un peligro de colisión con el obstáculo aéreo.

La radio VHF de una unidad de campo OCAS, que puede ser una parte integral de un sistema incorporado en las
 20 realizaciones de la invención, permite el control remoto de las señales de alerta que incluyen luces de alerta, señales de alerta de audio y comunicación dentro de una red de unidades de campo OCAS.

La unidad de campo OCAS está diseñada para un bajo consumo de energía y se puede suministrar energía a la
 25 misma preferentemente a partir de baterías y/o paneles solares. Este modo de suministro de energía vuelve a la unidad de campo autosuficiente en energía e independiente del suministro de energía por una red eléctrica. Como alternativa, la unidad de campo OCAS puede estar alimentada por energía derivada de una turbina eólica a la que esta está unida. Como un suplemento al suministro de energía a partir de baterías y paneles solares, la unidad de campo OCAS puede disponer de una unidad de suministro de energía o una conexión para la red eléctrica, lo que permite la operación incluso si las baterías, el viento o los paneles solares no fueran capaces de suministrar la
 30 energía eléctrica necesaria. Una solución de suministro de energía de este tipo se traducirá ventajosamente en costes variables bajos y una instalación y operación simplificadas en localizaciones accesibles remotas.

Habitualmente, una unidad de campo OCAS se montará sobre la torre de la turbina o la góndola por una disposición
 35 de montaje. El dispositivo de montaje, que puede ser parte de un OCAS, está construido de manera flexible a partir de módulos para facilitar su transporte. De este modo, resulta sencillo ensamblar y construir, junto con el resto de las unidades de campo OCAS, para que sean resistentes a las condiciones meteorológicas adversas.

Un OCAS de acuerdo con la invención tiene varios modos de operación, de los que uno mantiene la unidad de radar
 40 existente en operación para supervisar continuamente el área de cobertura del radar, mientras que otras partes del sistema "están en reposo". Con el radar en modo de operación, esta área de cobertura está definida por dos zonas de alerta. Las dos zonas de alerta son, preferentemente, una zona de alerta para una primera señal de alerta, tal como una señal luminosa, y una zona de alerta para una segunda señal de alerta, tal como una señal de audio. En el caso de aeronaves que son detectadas en la zona de alerta de señal luminosa, un sistema OCAS de acuerdo con la invención activa una señal luminosa montada sobre o cerca de la turbina eólica para ayudar al operario o piloto de
 45 aeronave a detectar visualmente la situación del obstáculo. Si, a pesar de la alerta de señal luminosa en la primera zona de alerta, la aeronave no hace ninguna maniobra evasiva, sino que continúa su camino hacia la segunda zona de alerta, se activa una señal acústica que se da a través de una radio VHF. La señal de alerta audible dada a través de la radio VHF es característica, distintiva y fácil de reconocer, y se transmite en todas las frecuencias VHF relevantes para aeronaves dentro del alcance de radio VHF. Una radio VHF, o una radio que opera en otras bandas de frecuencia, y que es parte de un OCAS incorporado en las realizaciones de la invención, dispone de un dispositivo de programación para que puedan definirse algunas frecuencias para no llevar la alerta de sonido.

La Figura 5 muestra un OCAS o marcador 501 de OCAS esquemático que muestra los elementos principales del
 50 mismo. Un dispositivo 502 de radar en un sistema OCAS de acuerdo con la invención incluye un procesador de señal de radar, como se ha descrito anteriormente. El procesador de señal puede determinar si un objeto detectado está dentro del área de detección definida y dentro de las zonas de alerta definidas. Como alternativa, la unidad de control puede recibir la salida desde el procesador de señal y realizar esta función. Las áreas de detección y las zonas de alerta están definidas mediante la programación de la unidad de procesamiento y por el área de cobertura existente del radar y están limitadas en el plano vertical. Habitualmente, tal limitación en el plano vertical para el
 55 OCAS se definirá para que los objetos, u objetivos, que están, o se aproximarán, a una altura de menos de 50 metros por encima del punto más alto de la turbina eólica asociada desencadenen una alerta.

La Figura 6 muestra una ilustración de un ejemplo de la determinación de un límite de alerta vertical para un OCAS.
 60 Como puede verse a partir de la figura, el límite 601 de alerta está determinado como una distancia predeterminada desde el punto más alto de las turbinas eólicas 602, alcanzándose el punto más alto durante su uso por las palas de motor. El límite de alerta vertical puede estar, como se muestra en la Figura 6, 50 metros por encima del punto más alto de la turbina eólica, por ejemplo.

La Figura 7 muestra una vista aérea de un ejemplo de disposición de zona de detección en la que las zonas 701 de
 65 detección están distribuidas alrededor de múltiples turbinas eólicas 702, y dispuestas para alertar a aeronaves que circulen a una velocidad escalar de menos de 200 nudos sobre turbinas eólicas en los alrededores.

La Figura 8 muestra tanto la posición de zona de alerta de dirección vertical, de una manera similar a la Figura 6, como una vista aérea de la zona de detección para la turbina eólica 801. Como puede verse a partir de la figura 8, se proporciona una zona de detección o zona 802 en supervisión que se extiende alrededor de, o que abarca, una zona 803 de alerta. El radio de la zona de detección puede depender del tipo de sistema de radar que se esté usando, pero preferentemente puede ser de aproximadamente 3000 metros. El radio de la zona de alerta puede ajustarse según la velocidad vectorial de la aeronave que se esté considerando. Para velocidades vectoriales por debajo de 200 nudos, la zona de alerta de 165 metros o tiempo de vuelo de 4,5 segundos, puede, como un ejemplo, ser suficiente. Para aeronaves de mayor velocidad vectorial de por encima de 200 nudos también puede usarse una zona de alerta de 1000 metros, que puede corresponder también a 4,5 segundos de tiempo de vuelo.

El sistema de radar en el OCAS está dispuesto para determinar si un objetivo tiene una trayectoria y una altura que puedan dar lugar a la colisión del objetivo con la turbina eólica si la trayectoria y la altura identificadas se mantienen. Si la trayectoria y la altura del objetivo son de tal carácter, la alerta luminosa se activará cuando el objetivo esté en la primera zona de alerta. De este modo, la zona de alerta estará definida, en parte, mediante la velocidad escalar y la dirección del objetivo, y se da un área de acuerdo con estos factores con el fin de activar una alerta a tiempo antes de que se produzca una colisión potencial. De este modo, el tiempo de alerta se calcula para ayudar al piloto a ver la turbina eólica y maniobrar alejándose de esta para evitar la colisión.

Una alerta luminosa 503 puede, por ejemplo, ser una luz estroboscópica que parpadea aproximadamente 40 veces por minuto y puede empezar 15 segundos antes de la colisión o algún otro tiempo predeterminado.

Una alerta acústica a través de una radio VHF 504 puede, habitualmente, ser una señal que se transmite con una duración de 5,5 segundos, y que se recibe en la radio de a bordo del objeto que vuela que está en una trayectoria de colisión y alerta al aviador acerca del hecho de que está en los alrededores de la turbina eólica.

Un OCAS de acuerdo con la invención también puede disponer de un dispositivo para seguir a un objetivo que es detectado dentro del alcance del radar, y para seguir al objetivo con una alerta cuando el objetivo entra en una zona de alerta, pero, posteriormente, cesar de dar nuevas alertas si el objetivo se está moviendo lentamente y está dentro de la zona de alerta durante un tiempo prolongado. Esto resulta ventajoso, por ejemplo, si es necesario llevar a cabo trabajos sobre o en los alrededores cercanos de un obstáculo aéreo, tal como una línea de alimentación, usando un helicóptero u otra aeronave de movimiento lento. En tal caso, la alerta se dará del modo habitual cuando la aeronave entre por primera vez en la zona de alerta, pero no se darán nuevas alertas siempre y cuando la aeronave esté dentro de la zona de alerta. En el supuesto de que la aeronave abandonase la zona de alerta y volviese a entrar en ella posteriormente, se activará, como antes, una nueva alerta, ya sea una alerta luminosa o de audio.

Un OCAS puede incluir varias unidades de campo OCAS montada preferentemente cada una sobre, o asociada a, una turbina eólica respectiva. Las unidades de campo OCAS pueden disponer de medios de comunicación para comunicarse las unas con las otras, y pueden intercambiar información concerniente a un objetivo detectado dentro del alcance de la unidad de campo.

La Figura 9 muestra un ejemplo de una realización de una solución de antena preferente para una antena de radar OCAS que tiene ocho paneles de antena dispuestos como los lados de un octágono. Durante la operación, la antena octagonal 320 estará posicionada de modo que cada panel 310 de antena esté dispuesto verticalmente con un "campo de visión" que sobrepase 1/8 de la circunferencia, y, debido a un solapamiento con paneles adyacentes, el conjunto de ocho paneles dará una cobertura de 360 grados. Cada panel de antena comprende una pluralidad de elementos 311 de antena que se seleccionan de acuerdo con la frecuencia, requisitos de cobertura vertical, etc.

La Figura 10 es un diagrama esquemático de la arquitectura mostrada en la Figura 8, pero con menos elementos 311 de antena, donde se ilustra cómo se transportan las señales a/desde los elementos 111 de antena, mediante una combinación de conmutadores de diodo pin y un divisor radial 130, y módulos activos 135 que comprenden un amplificador de bajo ruido LNA, un amplificador PA de potencia y un desfasador, y también una red para combinar las señales en una señal que se pasa a la unidad 140 de sistema de radar existente que contiene un generador y receptor 143 de señal de radar, una unidad para el control de conmutador y suministro 141 de energía de conmutador y una unidad para el control TX/RX y control de cambio de fase con suministro 142 de energía, como se indica en mayor detalle en la Figura 11. En la Figura 14 se muestran alternativas para el diseño de un elemento 110 de antena. En la alternativa 1, el panel de antena está hecho de una estructura alargada que consiste en un plano 113 de referencia, una capa dieléctrica 112 y una pluralidad de áreas 111 de elemento. La alimentación de la antena se lleva a cabo por la sonda 114 de alimentación que se pasa a través de una abertura en el plano 113 de referencia, opcionalmente, como se muestra para la alternativa 3, con conexión a una red de línea de alimentación extendida en una capa dieléctrica colocada sobre el plano de referencia en el lado del plano de referencia que está opuesto a la posición del elemento de antena. En la parte inferior de la Figura 12 también se muestra un panel con un grupo de elementos de antena, en la que se esboza un grupo de antenas con un total de ocho elementos, de los cuales se muestran los dos más superiores y los más inferiores. Un detalle adicional de la estructura en capas como se muestra en la Figura 12 se muestra en parte por un dibujo despiezado en la Figura 13, en el que la estructura despiezada del panel se muestra en una vista lateral, como una ilustración de una posible red de alimentación en la

forma de un circuito impreso en una placa de circuitos que lleva el plano de referencia en un lado y la red de alimentación en el lado opuesto. La estructura conductora de la red de alimentación se muestra indicada por el número de referencia 115. Los números de referencia 130/135 indican, respectivamente, módulos que contienen conmutadores de diodo pin y divisor radial y módulos activos que contienen LNA, PA y desfasador.

5 En la Figura 14 se muestran detalles de una construcción mecánica en un sistema de antena ensamblado que es adecuado para la invención, incluyendo, como se muestra en la Figura 9, una constelación de ocho paneles de antena dispuestos de manera cilíndrica en una sección transversal octagonal, donde los paneles de antena están montados en un armazón octagonal con una interfaz 205 localizada en el centro en un extremo con medios de fijación mecánicos para una antena 201 de VHF. En la parte superior de la Figura 14, indicado en el boceto 4, se muestra cómo puede colocarse un radomo cilíndrico sobre el armazón octagonal para proporcionar protección ambiental de los paneles de antena.

15 En la Figura 15 se muestra en mayor detalle la construcción de armazón, con el armazón 120 y una posible disposición de un panel 110 de antena en una ranura longitudinal respectiva en la estructura de bastidor, y en la parte inferior de la Figura 17 se muestra una estructura de radomo alternativo que permite una protección de radomo individual del panel 110 de antena. A continuación, sigue una descripción más detallada de una realización ejemplar específica de una antena de radar que es adecuada para su uso en realizaciones de la presente invención implementada en el OCAS.

20 En primer lugar ha de analizarse el cálculo del tamaño físico de la antena. Al sistema de radar se le asigna una frecuencia de aproximadamente 1,3 - 1,5 GHz (información de KITRON 10 de septiembre del 2001). La longitud de onda es, entonces, $\lambda = c/f = 22,3 - 23,1$ cm. Esto hace posible determinar las dimensiones mecánicas externas de la antena. Basándose en una frecuencia operacional de 1,325 GHz, se estima que el diámetro de la antena es de aproximadamente 50 cm. Incluyendo un radomo cilíndrico de envoltura, el diámetro externo será de aproximadamente 65 cm. La altura de la antena se determinará por el número de elementos por columna que se aclararán en la fase de especificación del desarrollo. Con ocho elementos por columna, la altura de la antena será de aproximadamente 1,3 metros.

30 A continuación, sigue una descripción más detallada del diseño estructural de la antena como se esboza asimismo en los dibujos adjuntos. La antena consistirá en ocho columnas de elementos radiantes alrededor de un cilindro. El subproyecto "Antena" comprenderá el diseño del elemento radiante existente, par de elemento activo y el grupo de antena con N elementos en la dirección vertical, incluyendo un método de excitación/alimentación. Esto incluirá la integración de la antena con la línea de alimentación, que será una interfaz con el subproyecto "Interfaz de antena".
35 En coordinación con el subproyecto "Interfaz de antena", se desarrollará o propondrá un armazón mecánico para el montaje de los módulos de antena y las placas que son una parte de la "Interfaz de antena". Además, se especificará un radomo tanto eléctrica como mecánicamente, adaptado al armazón mecánico.

40 En lo que sigue, hay una descripción de detalles estructurales de un elemento de antena en un panel de antena para un diseño de antena como se ilustra en los dibujos adjuntos. Para ocho elementos en la dirección vertical, la altura total será de aproximadamente 1,3 metros. El requisito de sustrato será, entonces, de aproximadamente $8 \times 1,3 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} = 2 \text{ m}^2$ por antena.

45 La propia antena será una antena de parche de microcinta, que los inventores consideran que presentará costes de producción razonables debido al grabado al aguafuerte de un diseño de parche. Una antena de parche de microcinta consiste en una superficie metálica rectangular (= parche) que se graba al aguafuerte en un lado de un sustrato, mientras que el otro lado del sustrato es metalizado, y constituye el plano de fondo del parche. La antena de parche se alimenta a través de una sonda que se saca por el plano de fondo de antena y se suelda al propio parche.

50 Los requisitos de ancho de banda exigen una altura mínima entre el parche y el plano de fondo. Los cálculos preliminares muestran que, con un sustrato de microondas habitual, se requiere un espesor de sustrato de aproximadamente 3 mm. Esta es la realización de la alternativa 1 como se muestra por ejemplo en la Figura 12. El sustrato TLC30 se contempla como un sustrato de bajo coste para frecuencias de microondas y puede suministrarse con un revestimiento de cobre de uno o dos lados.

55 Realización de la alternativa 2: si el material FR4 se usa como un sustrato para la antena de parche, se requiere un espesor de sustrato de aproximadamente 3 mm. Un lado de la placa está, entonces, metalizado (cobre), mientras que el otro lado consiste en parches (diseño grabado al aguafuerte), como el que se muestra en la Figura 12.

60 La realización de la alternativa 3 se muestra en la ilustración de la Figura 12, en la que la altura entre el parche y el plano de fondo puede ser aire. Esto puede realizarse, entonces, en la forma de cavidades rellenas de aire que se punzonan hacia fuera de una placa metálica, con 3 mm de espesor (8 por antena, con 8 cavidades en la dirección vertical). Los parches existentes pueden grabarse al aguafuerte en una placa de material FR4, que puede estar pegada o atornillada a la placa de cavidad. El material FR4 que tiene 0,5 mm de espesor tiene una rigidez suficiente para mantener su forma a lo largo de las cavidades. Las cavidades pueden ser redondas o rectangulares. En la parte inferior de las cavidades hay otra placa metálica que forma el plano de fondo para los parches. El plano de

fondo puede o bien ser una placa metálica con agujeros para las sondas de alimentación o bien un sustrato (FR4) con agujeros correspondientes en la capa metálica para la alimentación. El sustrato puede usarse, entonces, para las líneas de alimentación si todas las otras placas están colocadas en la parte inferior de la antena.

- 5 La alternativa 3 es una realización preferente de un panel de antena para un marcador OCAS, puesto que tiene cavidades que presentan mayores ventajas en términos de electromagnetismo respecto a las alternativas 1 y 2.

A continuación, sigue un análisis de un ejemplo de una interfaz de antena que es adecuada para la antena analizada anteriormente. La interfaz de antena comprende una placa y componentes en el recorrido de señal entre el parche y los elementos de la señal de radar de RF, como se ilustra en la Figura 11. La Figura 10 muestra que esta consiste en líneas de alimentación y conmutadores a cada elemento individual de un divisor radial 1:8. En la parte posterior del divisor radial ha de colocarse un módulo activo que consiste en conmutadores TX/RX, LNA, PA y desfasador. Las señales de cada uno de los módulos activos (tantos módulos de este tipo como elementos en la dirección vertical) se combinan, entonces, antes de que la señal combinada pase al transceptor de radar. Las Figuras 10-11 muestran que esto está concebido para hacerse en varias placas. Un sustrato de FR4 puede usarse para disponer líneas de microcinta, se prefiere una altura de sustrato de 0,75 mm puesto que esto proporciona una impedancia característica de 50 ohmios en anchos de línea de aproximadamente 1,4 mm.

20 Para hacer el montaje y el mantenimiento más sencillos, las placas pueden colocarse en la parte inferior de la antena. Las líneas de alimentación pueden colocarse, entonces, en la parte posterior del sustrato de FR4 que funciona como un plano de fondo para los parches, como se ilustra en la Fig. 13.

A continuación, sigue una descripción de soluciones de radomo para la protección de los paneles de antena contra el impacto desde el entorno. El radomo puede integrarse de varias formas. El radomo puede ser un cilindro grande que tiene un diámetro externo de aproximadamente 65 cm, que está "roscado" a la antena. Una alternativa a esto consiste en usar un radomo por panel (8) de antena. El resto de los elementos electrónicos deben protegerse, entonces, de otro modo. Véase la Figura 14 o 15.

30 A continuación, se describen características de una estructura de armazón ejemplar para fijar y posicionar paneles de antena. El armazón formará un bastidor mecánico para la integración de paneles (8) de antena y placas de la "interfaz de antena" y radomo, como se esboza, por ejemplo, en las Figuras 14 y 15.

En resumen, un OCAS de acuerdo con la invención puede comprender un sistema de radar conectado a un procesador central o unidad de procesador, al/a la que también se conecta un sistema de dispositivos de generación de alerta para la transmisión de la señal de alerta. El sistema también incluye un sistema de suministro de energía con un generador de energía eléctrica del tipo de célula solar o tipo de generador eólico, y una batería de emergencia, y posiblemente también una conexión para el suministro de energía desde una red eléctrica cercana. Donde varios OCAS han de trabajar en conjunto en una red, los sistemas para la comunicación interna por los que el OCAS puede intercambiar información acerca de movimientos de objetivo dentro de su área de cobertura e información de estado operacional se incluyen con el fin de establecer una cadena continua de OCAS, y para garantizar la comunicación y la alerta más allá de la que podría proporcionar un único marcador.

45 A continuación, se describirá una realización alternativa de la invención. Esta realización de la invención se refiere en general al uso tanto de un sistema de radar como un anemómetro *doppler* para medir propiedades de las condiciones meteorológicas de una turbina eólica en respuesta. Esta realización puede usar un sistema de radar como se ha descrito anteriormente, incluyendo el OCAS pero, para evitar dudas, no está limitada a un sistema OCAS o cualquier otro sistema de radar configurado específicamente para detectar aeronaves.

50 Las realizaciones de la presente invención usan un anemómetro *doppler* tal como un dispositivo LIDAR (*Light Detection and Ranging*). El uso del LIDAR para controlar la operación de turbinas eólicas se conoce, por ejemplo, por el documento US 6.320.272 de Lading y col., que enseña el uso de un sistema de medición de velocidad vectorial de viento por láser tal como un aparato LIDAR montado sobre la góndola. Los sistemas LIDAR conocidos operan al emitir un haz láser delante de la turbina eólica para medir las condiciones del viento. Habitualmente, se dispone que la distancia ha de ser de entre 0,5 y 3 diámetros de rotor desde la turbina, que, por ende, está en el orden de 50 m a 450 m para una turbina eólica grande moderna. El LIDAR opera de una manera conocida ya sea al detectar moléculas de aire o bien al detectar partículas atrapadas en la corriente de aire y calcular información acerca del flujo de aire a partir de estas mediciones, y particularmente velocidad escalar y dirección del viento. La detección de la velocidad escalar del viento por delante de las palas de la turbina permite a un sistema de control ajustar el cabeceo de las palas antes de que el viento alcance a las palas. La detección de la dirección del viento por delante de las palas de la turbina permite a un sistema de control ajustar la guiñada de la turbina antes de que el viento alcance a las palas.

65 En los sistemas LIDAR, el radar láser coherente mide la velocidad vectorial de un objetivo de la siguiente manera: un haz de radiación coherente ilumina el objetivo, y una pequeña fracción de la luz se retrodispersa a un receptor. El movimiento del objetivo a lo largo de la dirección de haz conlleva un cambio, δv , en la frecuencia de la luz a través del cambio de Doppler, dado por:

$$|\delta v| = f (2V_{LOS}) / c = (2V_{LOS}) / \lambda$$

donde c es la velocidad escalar de la luz (3×10^8 m s⁻¹), V_{LOS} es la componente de velocidad escalar de objetivo a lo largo de la línea de visión (es decir, la dirección del haz) y f y λ son, respectivamente, la frecuencia de láser y la longitud de onda. Este cambio de frecuencia se mide con precisión al mezclar la señal de retorno con una porción del haz original y recoger los batimientos en un fotodetector en la frecuencia de diferencia. El sistema LIDAR comprende la óptica y el detector láser, que suelen localizarse dentro del mismo alojamiento, pero es posible que estos componentes estén localizados por separado.

La Figura 16 ilustra una vista lateral esquemática de un ejemplo de la porción de góndola de una turbina eólica de acuerdo con una realización de la presente invención. Los componentes ejemplares interiores para la góndola se muestran pero no se describirán. Unido a la góndola 163 hay un sistema o dispositivo LIDAR 1610. La Figura 17 muestra los componentes en el sistema de control de acuerdo con una realización de la invención. La turbina tiene una unidad 1712 de control conectada al equipamiento de sensor en la forma de un sistema LIDAR 1710 y una unidad 1711 de radar. El dispositivo LIDAR alojado en la góndola 163 de turbina eólica y la unidad de radar pueden usarse para medir propiedades de tiempo atmosférico predominante y, particularmente, velocidad vectorial del viento. La unidad de control puede localizarse en la góndola o dentro de la torre, o puede estar separada de la turbina, con un enlace de comunicación, tal como una conexión inalámbrica, entre la unidad de control, el dispositivo LIDAR, la unidad de radar y los sistemas de guiñada y cabeceo. El controlador principal puede realizar cualesquiera cálculos necesarios y puede distribuirse sobre múltiples localizaciones. La Figura 17 no muestra la unidad de radar, que puede comprender un sistema de radar o sistema OCAS según lo descrito anteriormente o a continuación.

La unidad 1711 de radar está configurada para explorar un área en los alrededores de la turbina eólica. Como se ha descrito anteriormente, los dispositivos de banda C y S pueden usarse puesto que estos proporcionan una vigilancia de tiempo atmosférico de medio y largo alcance, respectivamente. La unidad de radar puede explorar el área circundante al montarse sobre un soporte giratorio configurado para rotar la antena continuamente para proporcionar una cobertura de 360°. Como alternativa, puede usarse una pluralidad de paneles de antena, tal como en la operación del OCAS, donde cada panel de antena cubre una región angular concreta para, en conjunto, dar 360 grados de cobertura. Cada panel de antena comprende una pluralidad de elementos 311 de antena que se seleccionan de acuerdo con la frecuencia, requisitos de cobertura vertical, etc.

La unidad de radar detecta propiedades del viento, tales como la velocidad escalar y la dirección del viento, y puede hacer eso de la manera descrita anteriormente, o cualquier manera conocida en la técnica. En concreto, la unidad de radar proporciona, a la unidad de control, un perfil inicial de los patrones de tiempo atmosférico dentro del área o volumen en exploración. La unidad de control está configurada para identificar regiones de anomalía, particularmente turbulencia, que puede realizarse de cualquier manera conocida en la técnica.

La unidad de control está configurada para identificar regiones de turbulencia y para determinar la localización de la turbulencia en relación con la turbina.

La unidad LIDAR, u otro anemómetro *doppler*, está montada sobre la turbina eólica de tal manera que la línea de visión puede ajustarse. Un ejemplo de tal unidad LIDAR se muestra en la Figura 18, que muestra una vista aérea o de pájaro de una turbina eólica 1801 que muestra las palas 1802 de rotor y la góndola 1803. Montada sobre la góndola está la unidad LIDAR 1804 que tiene una línea de visión indicada por la línea 1805. La unidad LIDAR está montada sobre una unidad giratoria, acoplada a la góndola y dispuesta para rotar la unidad LIDAR de tal manera que la línea 1805 de visión pueda rotarse dentro del plano horizontal de la turbina eólica como se indica en la figura, con respecto a la góndola. Como alternativa, la unidad LIDAR puede incluir un espejo giratorio para redirigir el haz a la posición deseada. El haz LIDAR, preferentemente, se extiende esencialmente en paralelo al plano horizontal, siendo paralelo a la base terrestre/de turbina, de tal manera que la componente de velocidad vectorial del viento medida por el haz LIDAR es la componente perpendicular al plano del rotor.

La unidad 1712 de control está configurada para controlar la unidad LIDAR en respuesta a las mediciones hechas por la unidad de radar. En concreto, la unidad de control determina la localización de regiones de turbulencia, basándose en las mediciones de radar, y controla la unidad LIDAR para ajustar la línea de visión del haz LIDAR para apuntar en la dirección desde la turbina hacia la turbulencia detectada. Preferentemente, esto puede conseguirse al rotar la unidad giratoria LIDAR hasta que la línea de visión LIDAR esté apuntando en la dirección deseada hacia la turbulencia.

En respuesta a los datos recopilados por la unidad de radar y determinados por la unidad de control como indicativos de turbulencia, la unidad de control determina el soporte de la turbulencia en relación con la turbina eólica y envía una señal de control a la unidad LIDAR haciendo que la línea de visión del haz LIDAR se ajuste para apuntar en la dirección de la turbulencia detectada. El dispositivo LIDAR puede usarse, entonces, para realizar mediciones en la región de turbulencia para determinar con mayor precisión las propiedades de la turbulencia. En concreto, el dispositivo LIDAR es capaz de determinar con mayor precisión la velocidad escalar del viento dentro de la región de turbulencia, particularmente la componente de velocidad escalar de viento paralela a, o antiparalela al haz LIDAR.

Ventajosamente, esto permite una rápida determinación inicial de las propiedades de la turbulencia, así como de la localización de la turbulencia, con el sistema LIDAR, proporcionando, entonces, una medición más detallada de la velocidad escalar del viento. Esto permite que pueda usarse una unidad LIDAR relativamente simple, que requiere, por ejemplo, únicamente un solo haz, en vez de disposiciones multihaz más complejas u otras disposiciones más complejas que se requerirían para localizar turbulencias. Proporcionar los dos sistemas diferentes también resulta ventajoso, puesto que el sistema de radar es capaz de detectar turbulencias a una distancia considerablemente más lejana que la del sistema LIDAR durante la medición de las velocidades escalares del viento. Por ejemplo, un dispositivo de radar de banda S o de banda C puede detectar turbulencias en el alcance de varios kilómetros, mientras que un dispositivo LIDAR puede tener un alcance efectivo de detección de velocidad escalar del viento de varios cientos de metros. El dispositivo LIDAR opera en un alcance efectivo limitado, ya que las velocidades escalares del viento evolucionan de manera variable, y como tal, las mediciones de velocidad escalar del viento son, habitualmente, más relevantes más cerca de la turbina. Esto permite a la unidad de radar detectar regiones de turbulencia antes de que estas regiones alcancen el límite de distancia de detección efectiva del dispositivo LIDAR, proporcionando tiempo suficiente para que la unidad de control oriente el haz LIDAR en la dirección de la turbulencia.

Como se muestra en la Figura 17, la unidad de control también puede estar acoplada al sistema 1713 de cabeceo y/o al sistema 1714 de guiñada. En respuesta a la entrada desde la unidad de radar o la unidad LIDAR, la unidad de control puede controlar el cabeceo o la guiñada de la turbina para evitar la tensión innecesaria que puedan causar condiciones de viento extremo entrantes, tales como turbulencias.

La acción que ha de asumir la unidad de control con respecto a los sistemas de cabeceo y/o guiñada puede determinarse al comparar la velocidad escalar del viento de turbulencia con valores predeterminados. La comparación puede indicar que las velocidades escalares del viento de turbulencia sobrepasan velocidades escalares de viento umbral que podrían causar daño al sistema de turbina. En respuesta, la unidad de control puede controlar el sistema de guiñada para guiñar la turbina fuera de la turbulencia entrante o controlar el sistema de cabeceo para poner las palas en posición de bandera e inducir un bloqueo para proteger la turbina del daño.

Las realizaciones de la invención posibilitan que una turbina eólica detecte condiciones de viento extremas con la suficiente antelación como para que pueda asumirse una acción evasiva antes de que las condiciones extremas lleguen a la turbina eólica. Esto posibilita mitigar los efectos potencialmente catastróficos de las condiciones extremas. La unidad de control procesa las señales LIDAR y si la turbulencia se detecta, lo que daría lugar a una carga extrema sobre la turbina, basándose en condiciones o umbrales predeterminados, la unidad puede generar una señal o comando de control apropiada/o.

Las señales de control generadas por la unidad de control en respuesta a la detección de una circunstancia extrema pueden comprender una señal de guiñada y una señal de cabeceo como se ha mencionado anteriormente. Además, puede usarse una señal de control de potencia, por ejemplo, que comprende un comando de detención de generador, un comando de cabeceo de pala de rotor, un comando de salida de potencia de generador y/o un comando de límite de empuje. Estos comandos se generan para la unidad de control apropiada para ajustar los parámetros de la turbina eólica.

La señal de control de potencia desarrollada por la unidad 1712 de control puede hacer que el nivel de potencia del generador cambie desde su punto de referencia de operación normal hasta un nivel por debajo de las condiciones de operación normales. La señal de control de potencia enviada puede depender de la naturaleza y la severidad de la circunstancia extrema y puede incluir un comando de detención de generador en cuya respuesta el controlador realiza una detención de emergencia. Esto puede conllevar abrir los contactos del generador y evitar la generación de potencia, desconectando de este modo el generador de la red a la que está unido.

Aunque ante algunas circunstancias extremas la detención del generador resulta esencial, se prefiere asumir una acción menos drástica, si es posible, puesto que la acción puede revertirse más deprisa cuando las señales recibidas desde el LIDAR y el radar indican que la circunstancia extrema ha pasado, y que los puntos de referencia de operación normal pueden reanudarse.

Cuando el LIDAR detecta que la turbulencia no es lo suficientemente severa como para requerir una detención total, la unidad de control puede reducir la velocidad escalar rotacional del rotor y reducir el par motor a través de una señal de solicitud de corriente de generador, o una señal de control de cabeceo, antes de que la turbulencia alcance al rotor. Esto tiene la ventaja de que la operación normal puede reanudarse más deprisa que si se inicia automáticamente una detención.

Aunque las realizaciones se han descrito en relación con la detección y mitigación de turbulencias, las realizaciones también pueden usar la combinación de radar y LIDAR para detectar velocidad escalar de viento extremo, ráfagas de operación extremas, cambio de dirección extremo y gradiente transversal extremo y generar una señal de control apropiada para ajustar las propiedades de la turbina eólica para evitar daños a los componentes.

Ajustar la guiñada y/o el cabeceo de la turbina tiene la ventaja de mitigar los efectos de condiciones de viento

extremas, significando que los componentes de la turbina eólica tales como palas no tienen que estar diseñados para resistir el efecto completo de las condiciones de viento extremas. Como resultado, las palas y otros componentes pueden ser más ligeros, con menos material, reduciendo de este modo los costes de fabricación. Como alternativa, para una instalación dada pueden usarse palas grandes, posibilitando extraer mayor energía del viento.

5

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de radar para una turbina eólica (1) que comprende:

- 5 - una primera unidad (22, 42) de radar y una unidad (41) de control dispuestas para recibir una salida desde la unidad de radar, comprendiendo la unidad de control una unidad de procesamiento central configurada para:
 - realizar una primera función de determinar al menos una propiedad de una aeronave (23) detectada dentro de una zona (802) en supervisión en los alrededores de la turbina eólica basándose en la salida de la primera unidad de radar, y controlar un dispositivo (24) de alerta para generar una señal de alerta a la aeronave detectada basándose en la propiedad determinada; y
 - 10 - realizar una segunda función de determinar al menos un parámetro de tiempo atmosférico predominante en los alrededores de la turbina eólica basándose en la salida de la primera unidad de radar;
 - en donde la unidad de control está acoplada al sistema (44) de control de cabeceo de turbina eólica, estando configurada la unidad de control para controlar el cabeceo de las palas de turbina eólica basándose en la propiedad determinada de la aeronave detectada de acuerdo con la primera función y/o el parámetro determinado de acuerdo con la segunda función.

2. Un sistema de radar de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende, además, una segunda unidad de radar, estando dispuesta la unidad de control para recibir una salida desde ambas unidades de radar;

- 20 - usándose la salida de la primera unidad de radar por la unidad de control para realizar la primera función;
- estando configurada la segunda unidad de radar para detectar al menos un parámetro de tiempo atmosférico predominante en los alrededores de la turbina eólica, usándose la salida de la segunda unidad de radar por la unidad de control para realizar la segunda función.

3. Un sistema de radar de acuerdo con la reivindicación 1 o 2 en donde la segunda función incluye determinar una velocidad escalar del viento en al menos una dirección y/o determinar una dirección del viento.

4. Un sistema de radar de acuerdo con cualesquiera reivindicaciones precedentes en donde la primera unidad de radar opera en la banda L.

5. Un sistema de radar de acuerdo con la reivindicación 2 en donde la segunda unidad de radar opera en las bandas S o C.

6. Un sistema de radar de acuerdo con cualesquiera reivindicaciones precedentes que comprende, además, uno o más dispositivos de alerta acoplados a la unidad de control, siendo los dispositivos de alerta uno o más de un dispositivo (503) emisor de luz, un dispositivo emisor de audio o un dispositivo (504) de comunicación por radio.

7. Un sistema de radar de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la unidad de cabeceo se controla para detener la turbina.

8. Un sistema de radar de acuerdo con cualesquiera reivindicaciones precedentes en donde la unidad de control está acoplada al sistema (43) de control de guiñada de la turbina eólica, estando configurada la unidad de control para controlar la guiñada de las palas de la turbina eólica basándose en la propiedad determinada de una aeronave detectada y/o el parámetro determinado de acuerdo con la segunda función.

9. Un sistema de radar de acuerdo con cualesquiera reivindicaciones precedentes, que incluye, además, una antena de radar que tiene una pluralidad de elementos de antena en comunicación con la unidad de procesamiento central de la unidad de control, cuya antena de radar está en comunicación con el sistema electrónico de radar para formar parte del sistema de radar para la detección por radar de una aeronave en un área de cobertura por radar, en donde la pluralidad de elementos de antena proporciona un área de cobertura por radar de 360 grados en los alrededores de la turbina eólica.

10. Un sistema de radar de acuerdo con cualesquiera reivindicaciones precedentes, en donde la unidad de control está configurada para proporcionar dicha primera señal de alerta al controlar un sistema de luz y para proporcionar dicha segunda señal de alerta al controlar un sistema transmisor por radio.

11. Un sistema de radar de acuerdo con cualesquiera reivindicaciones precedentes, en donde el sistema es una unidad de campo, siendo una de una pluralidad de unidades de campo que tienen áreas de cobertura que están en comunicación para intercambiar información acerca de movimientos de aeronave dentro de las áreas de cobertura.

12. Un método para operar un sistema de radar para una turbina eólica (1) con un sistema (44) de control de cabeceo que comprende:

- 65 - proporcionar una primera unidad (22, 42) de radar y una unidad (41) de control dispuesta para recibir una salida desde la unidad de radar, comprendiendo la unidad de control una unidad de procesamiento central;

ES 2 665 985 T3

- determinar al menos una propiedad de una aeronave (23) detectada dentro de una zona (802) en supervisión en los alrededores de la turbina eólica basándose en la salida de la primera unidad de radar;
 - controlar un dispositivo (24) de alerta para generar una señal de alerta a la aeronave detectada basándose en la propiedad determinada;
- 5
- determinar al menos un parámetro de tiempo atmosférico predominante en los alrededores de la turbina eólica usando la salida de la primera unidad de radar; y
 - controlar el cabeceo de las palas de la turbina eólica basándose en la propiedad determinada de la aeronave detectada y/o el parámetro determinado del tiempo atmosférico predominante.
- 10
13. Una turbina eólica (1) que comprende un sistema de radar de acuerdo con cualesquiera de las reivindicaciones 1 a 11.
14. Una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 13 en donde el sistema de radar está formado como una
- 15

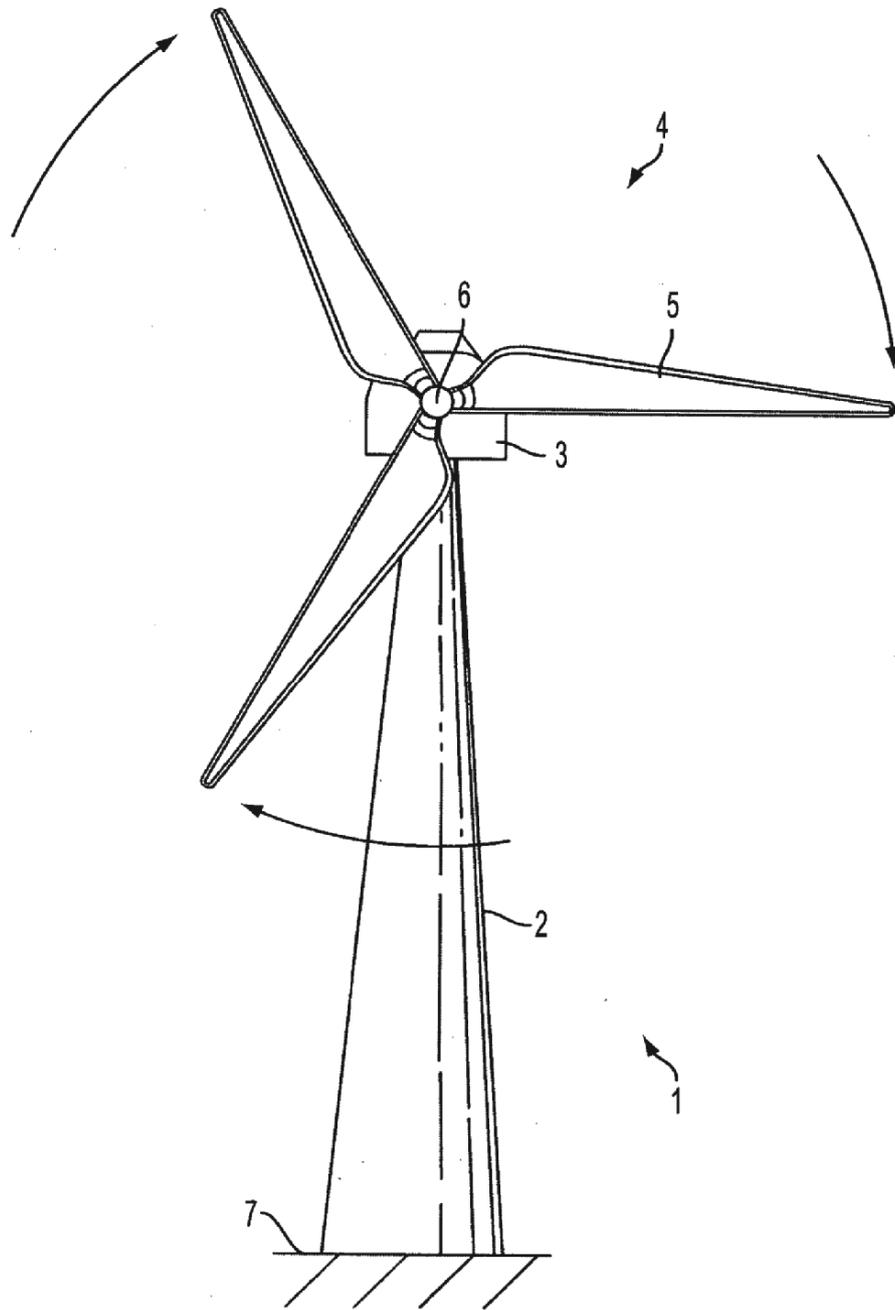


FIG. 1

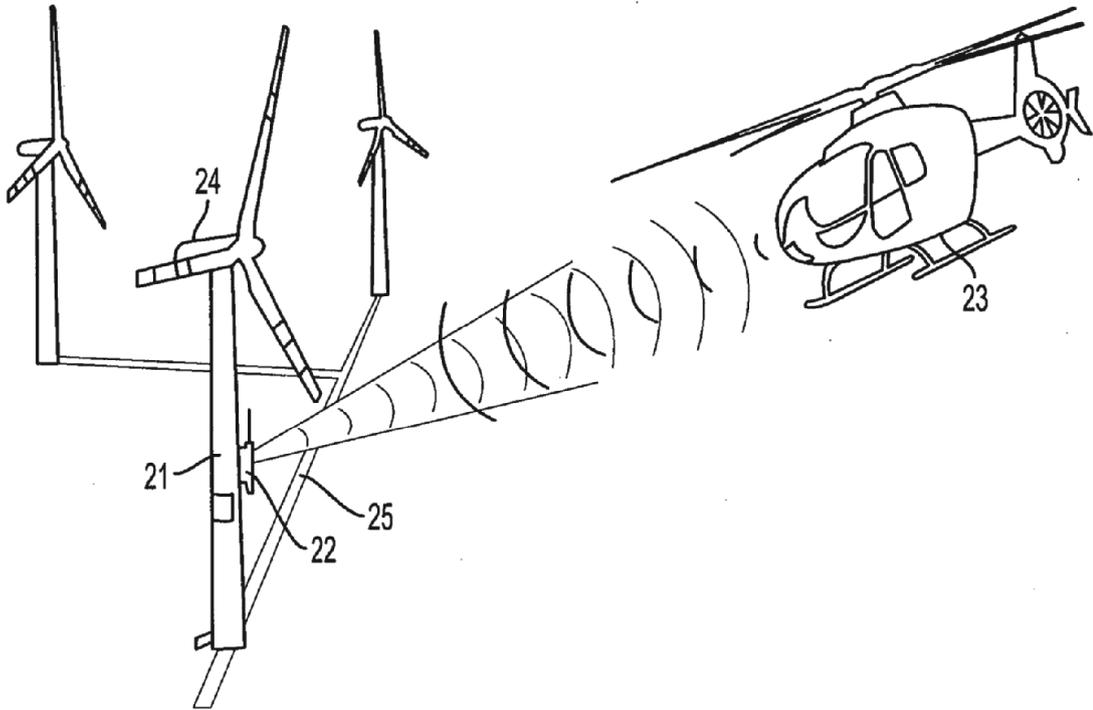


FIG. 2

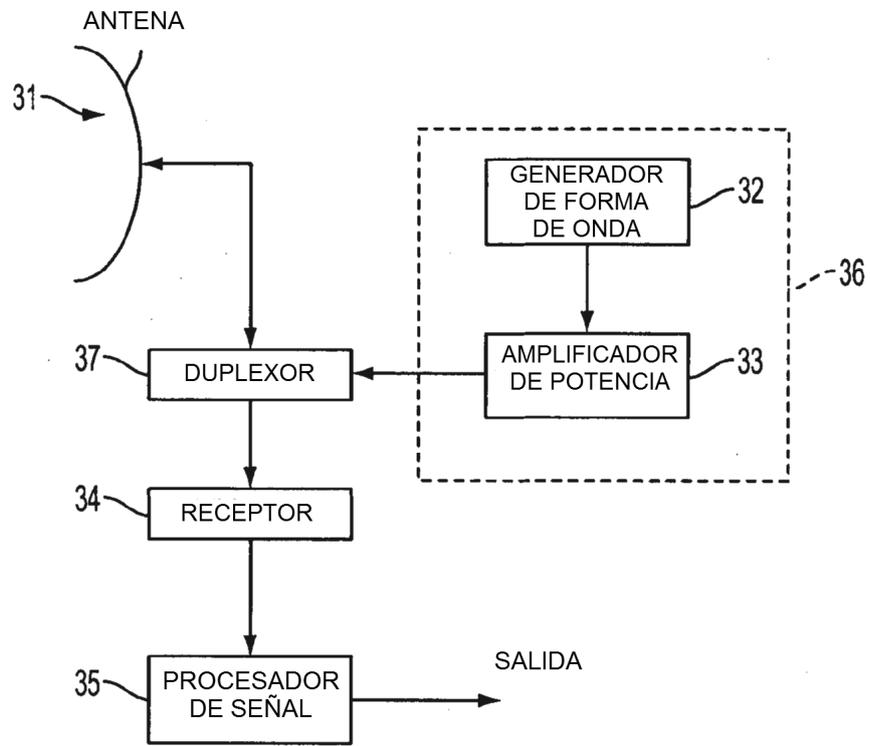


FIG. 3

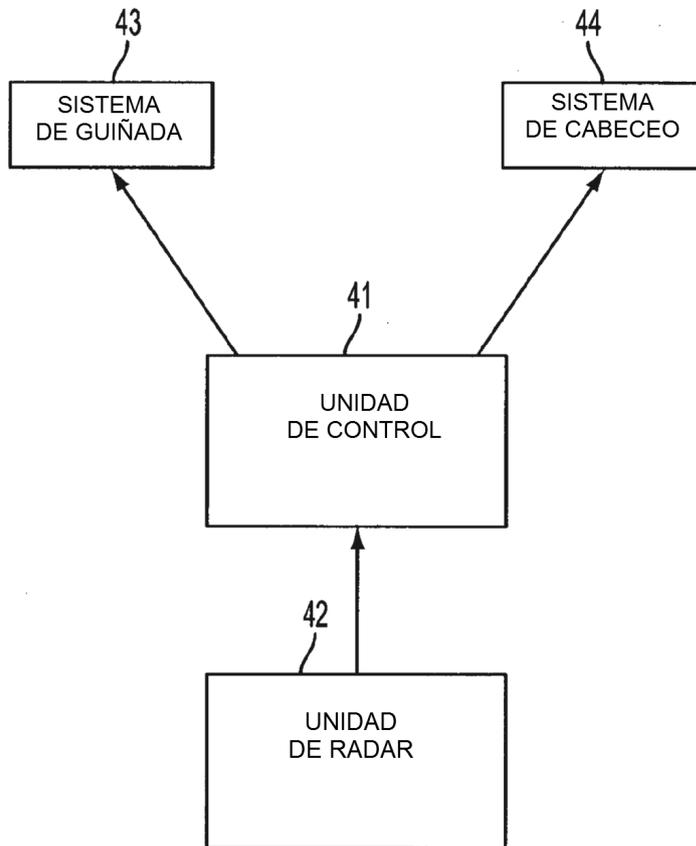


FIG. 4

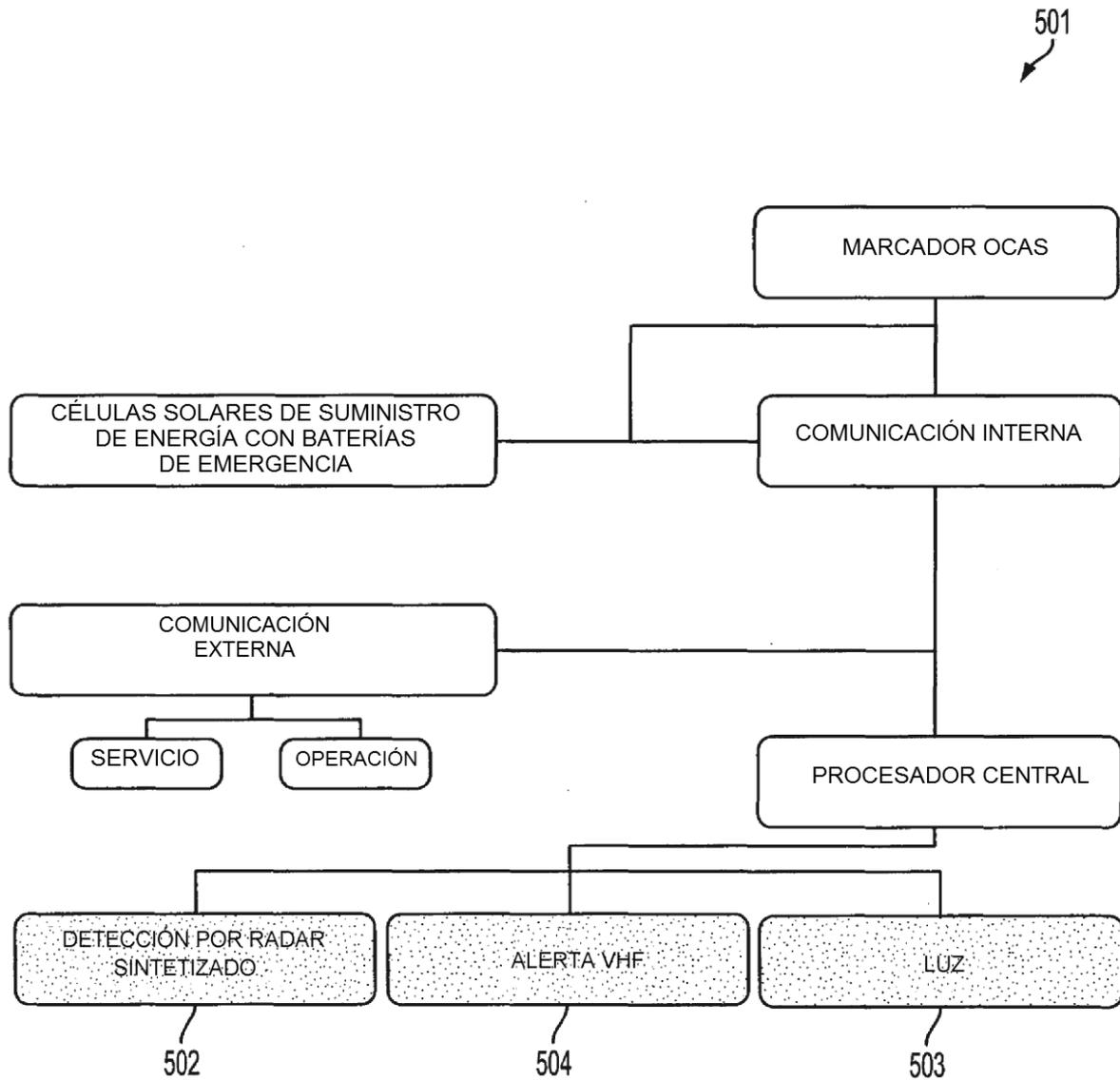


FIG. 5

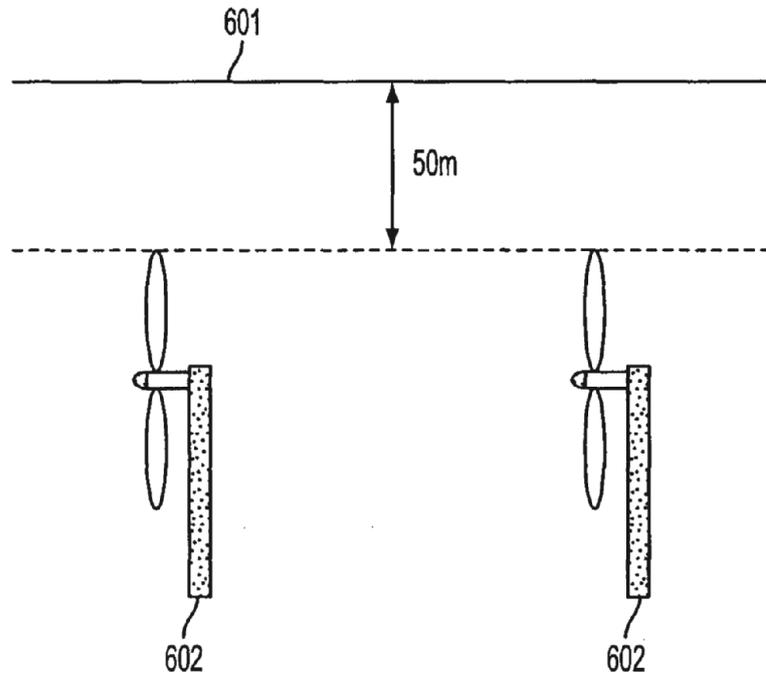


FIG. 6

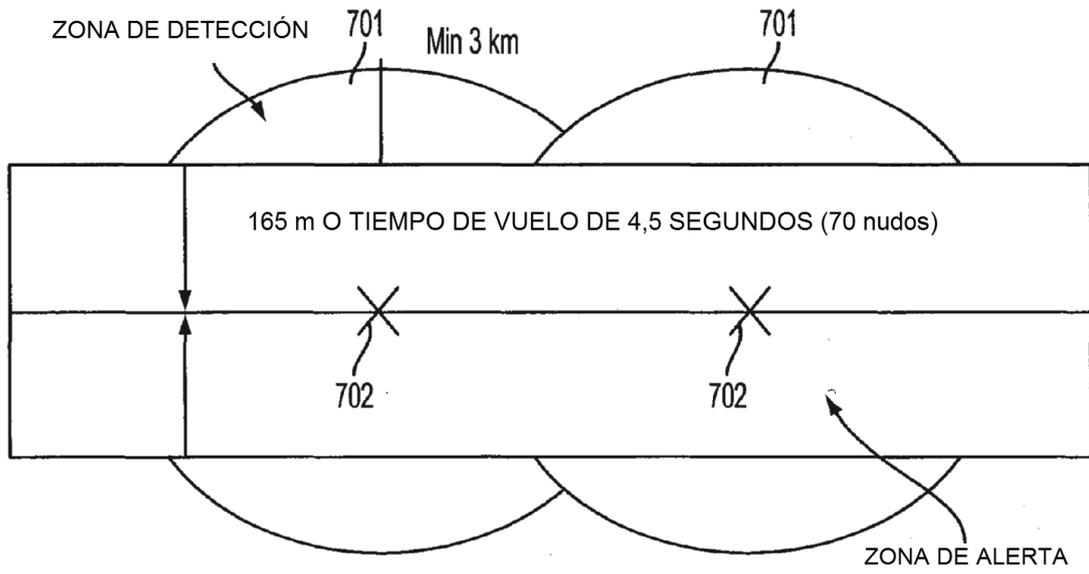


FIG. 7

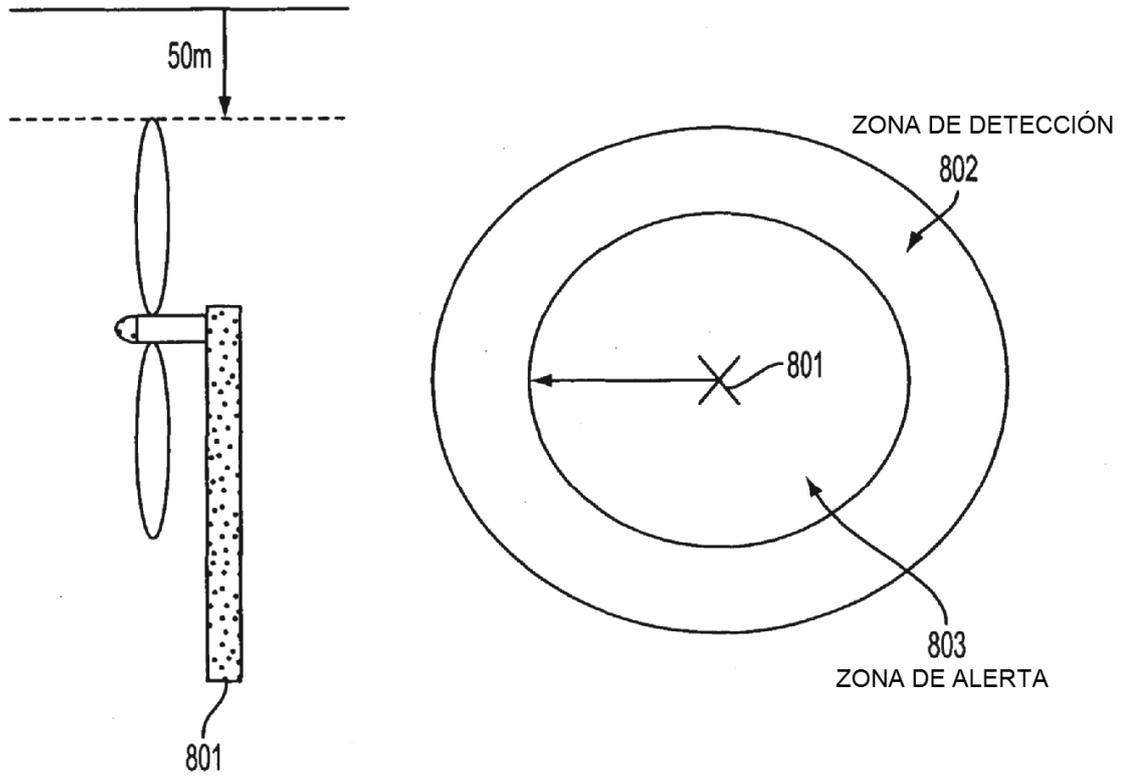


FIG. 8

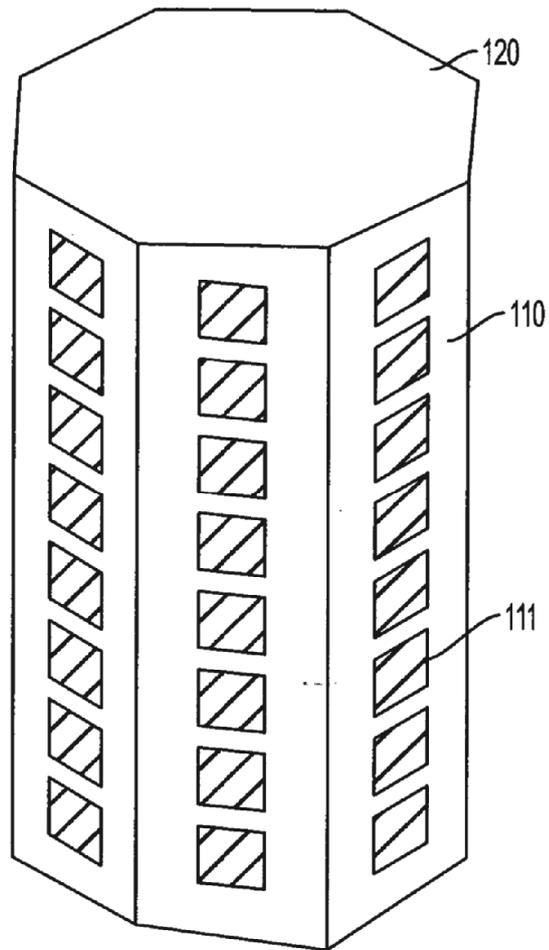


FIG. 9

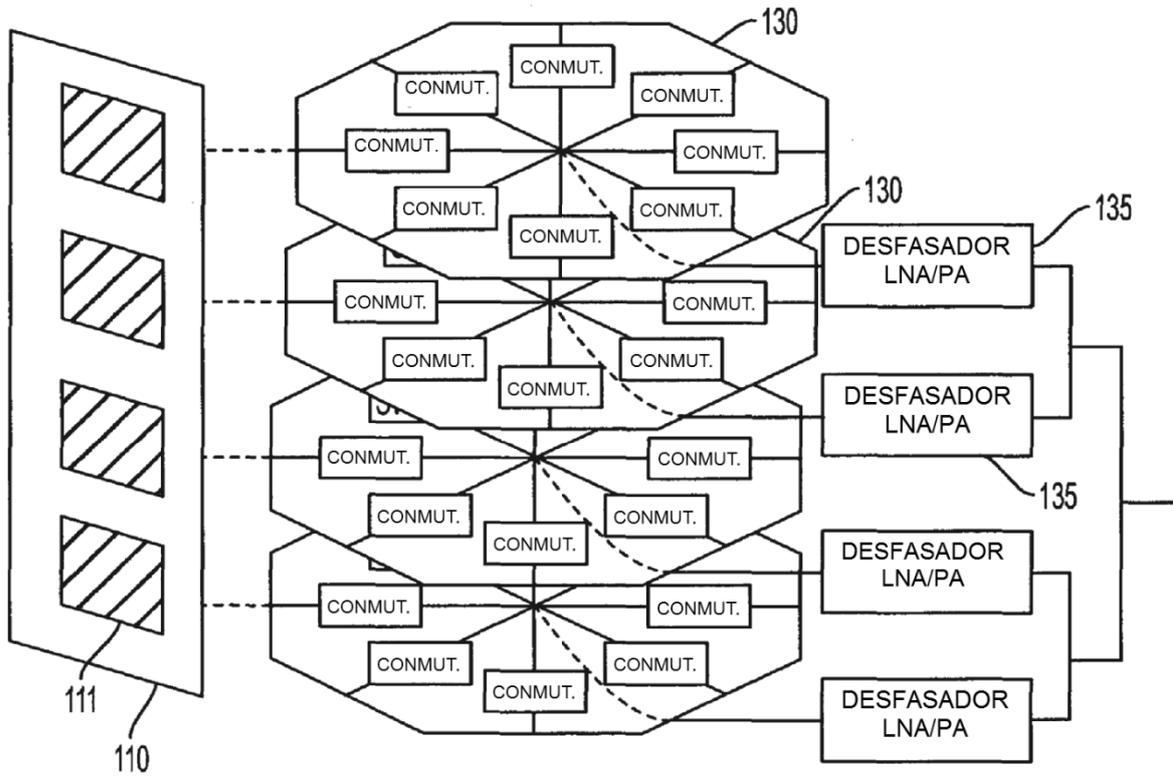


FIG. 10

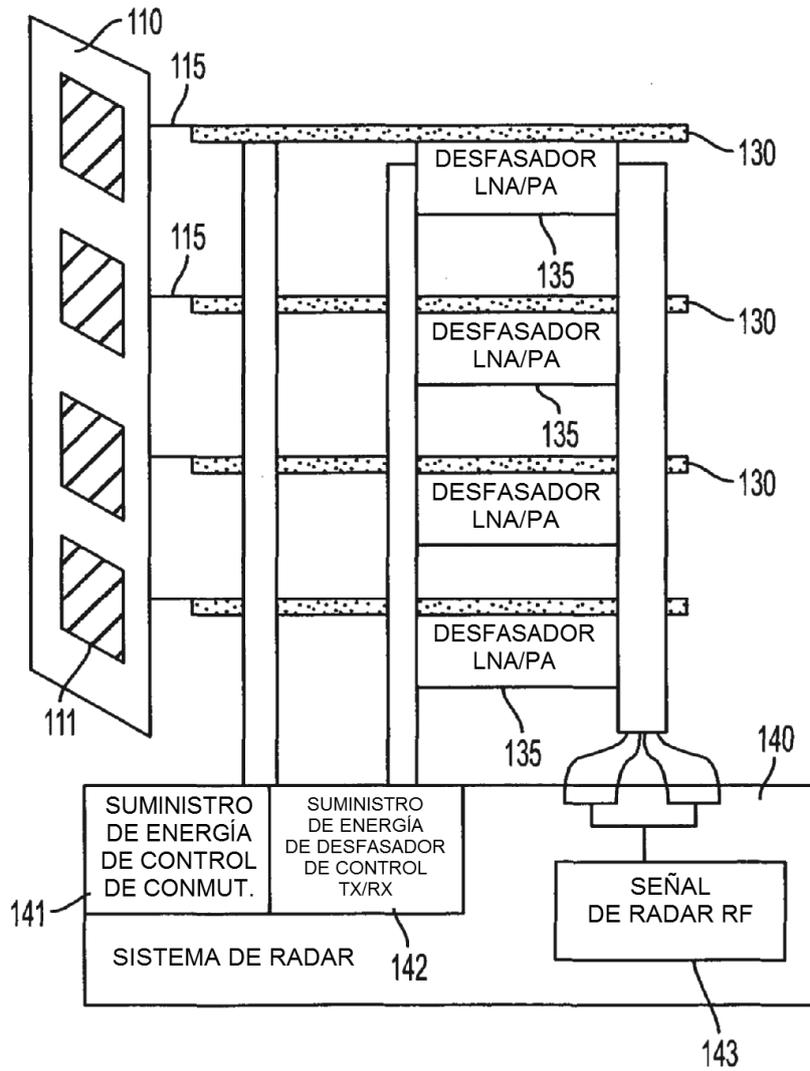
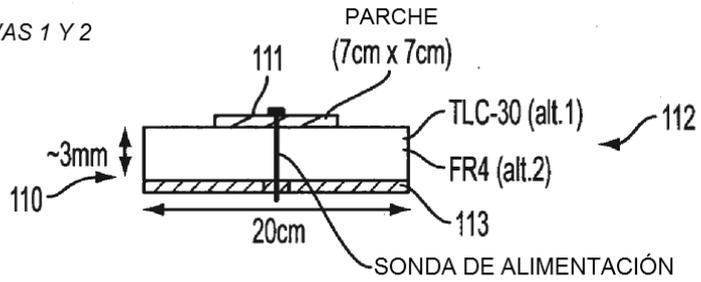


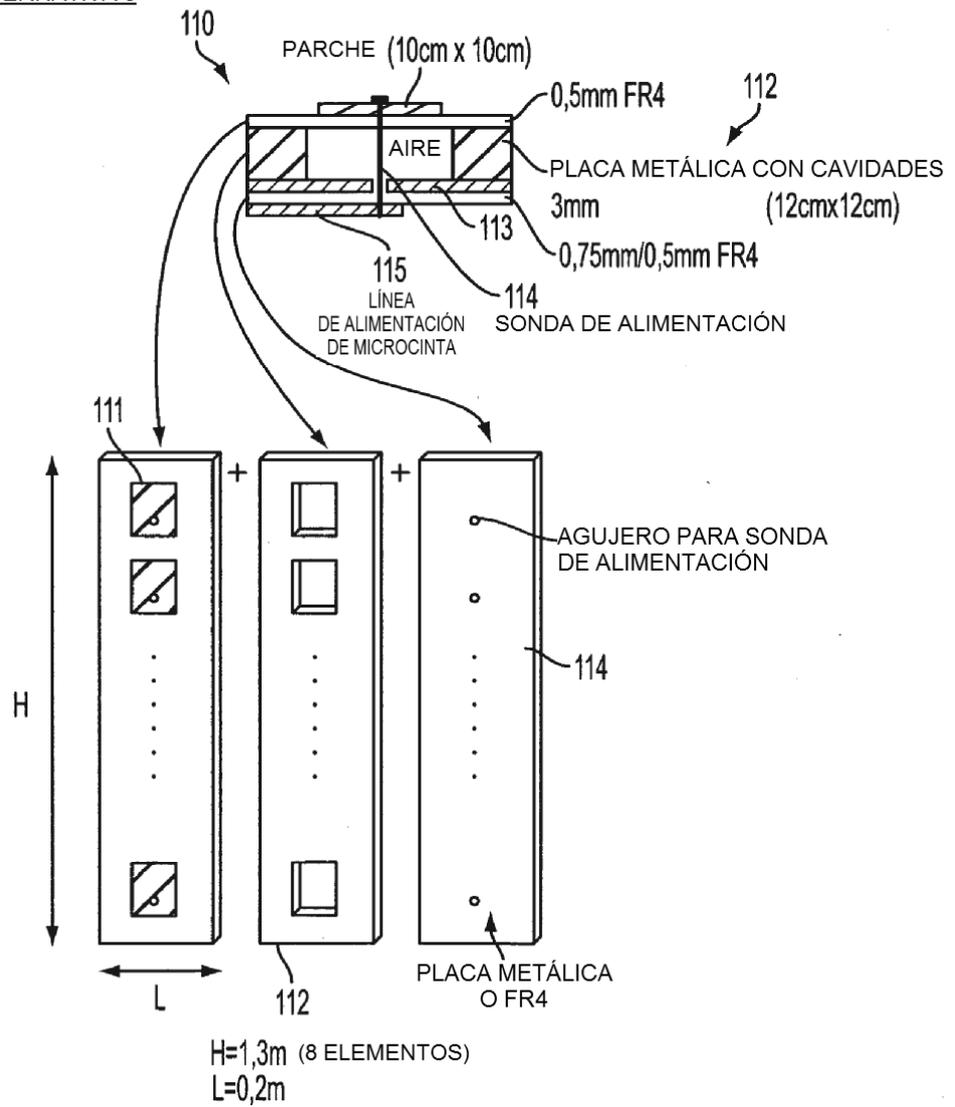
FIG. 11

ELEMENTO DE PARCHÉ

ALTERNATIVAS 1 Y 2



ALTERNATIVA 3



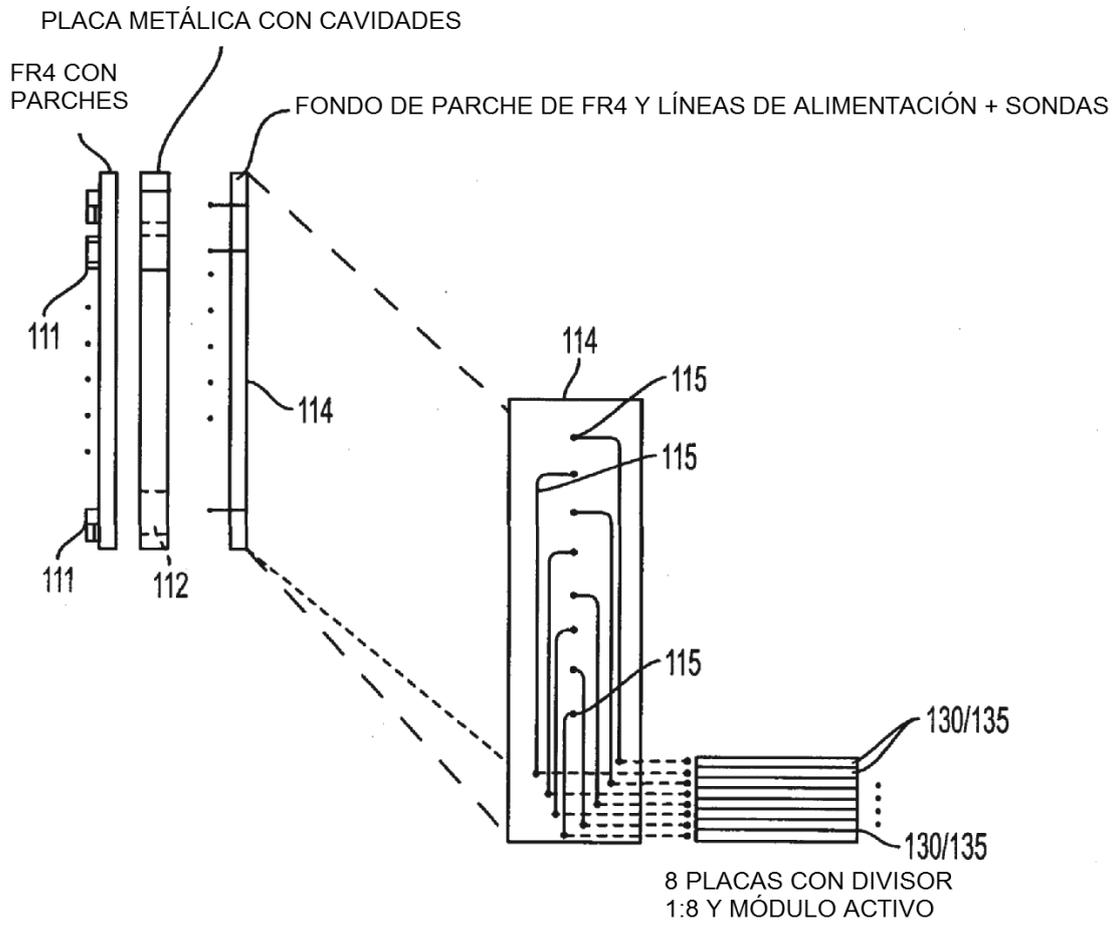
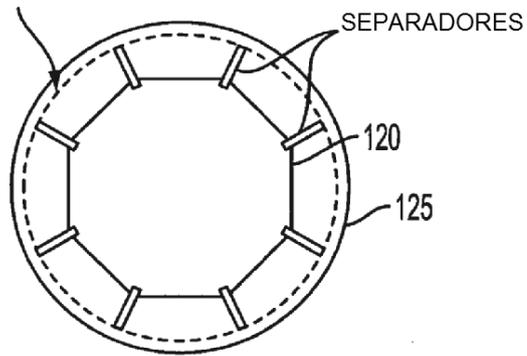


FIG. 13

RADOMO

RADOMO CILÍNDRICO



ARMAZÓN

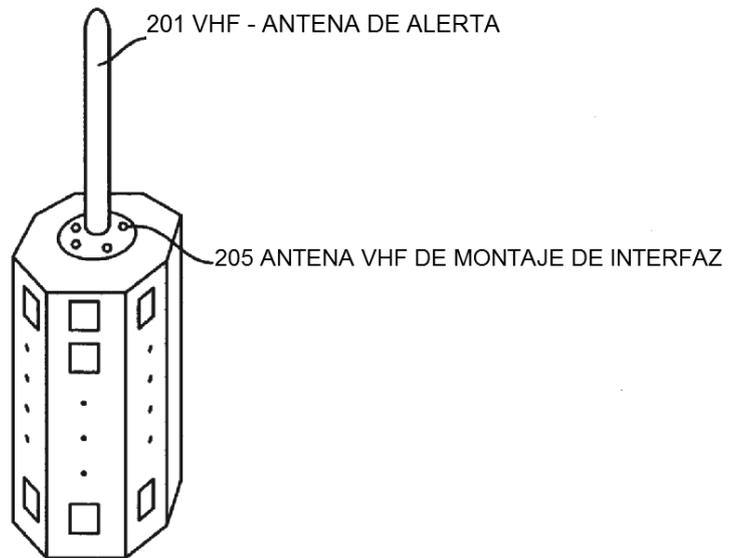


FIG. 14

ARMAZÓN

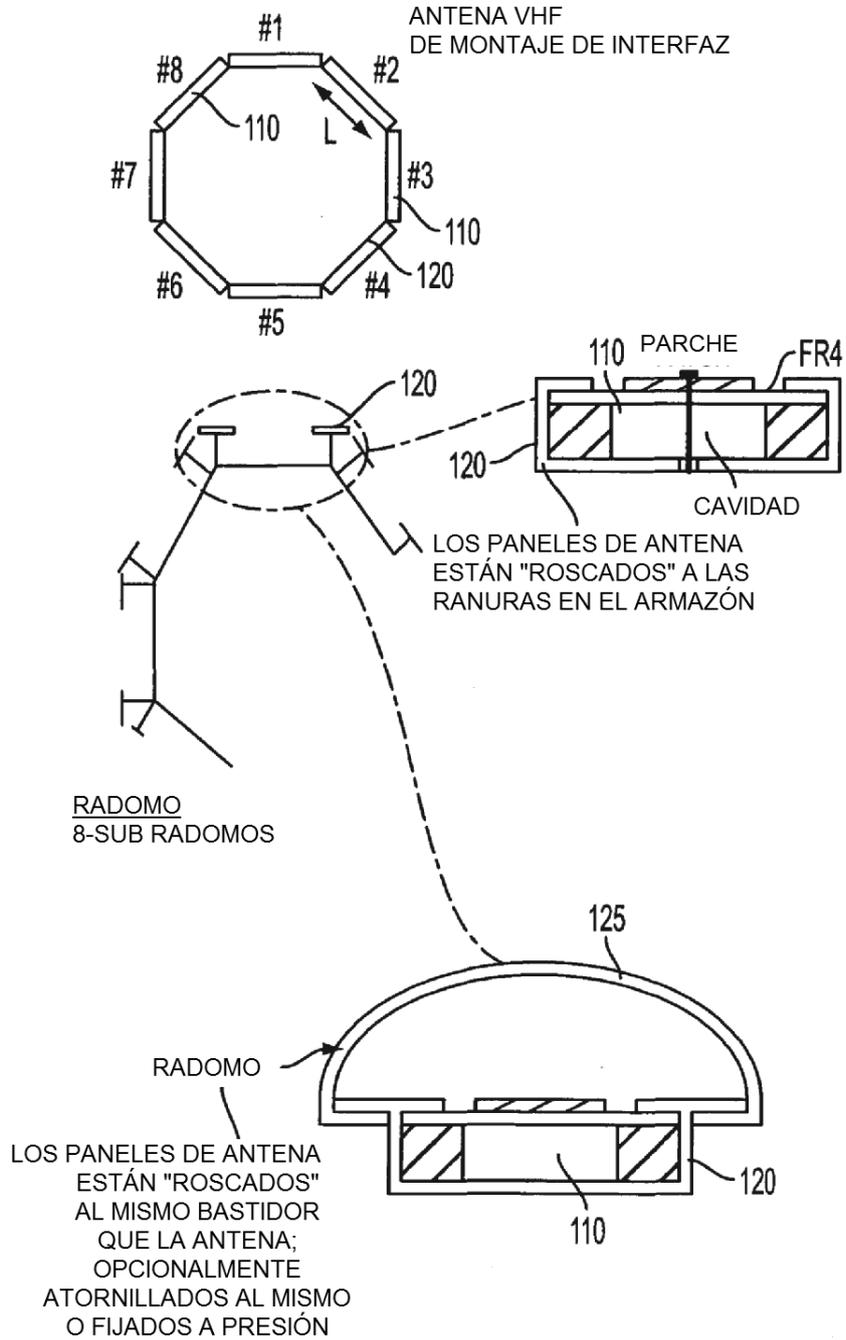


FIG. 15

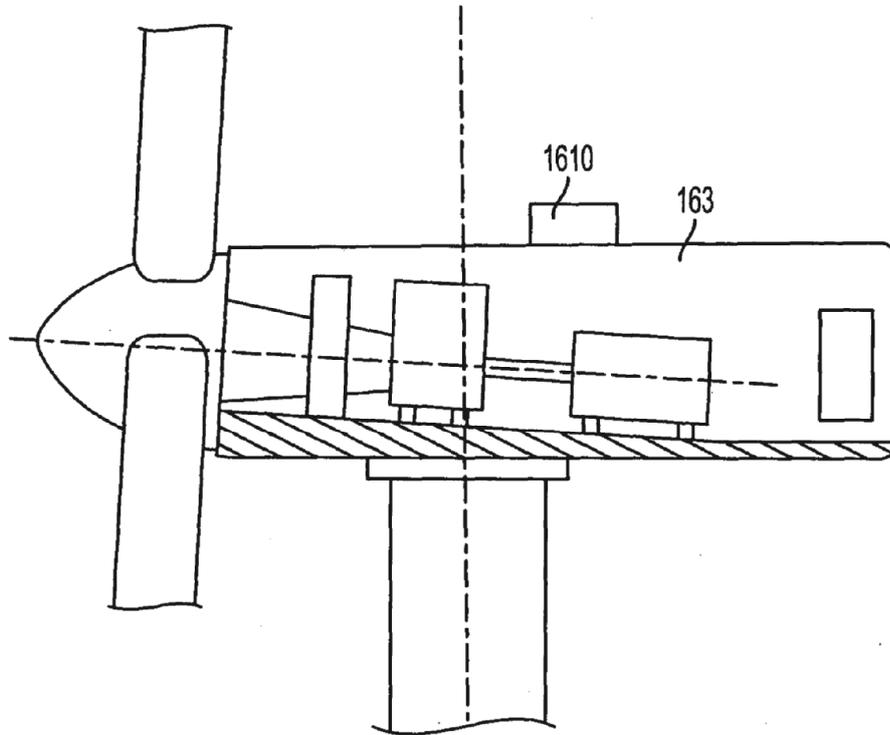


FIG. 16

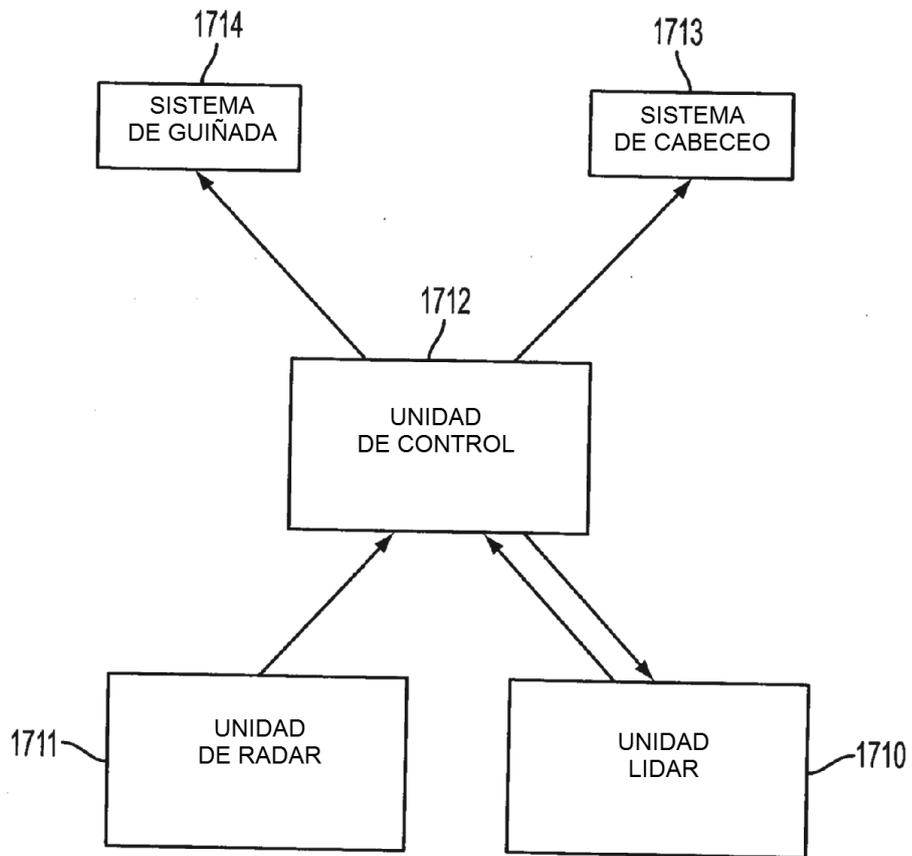


FIG. 17

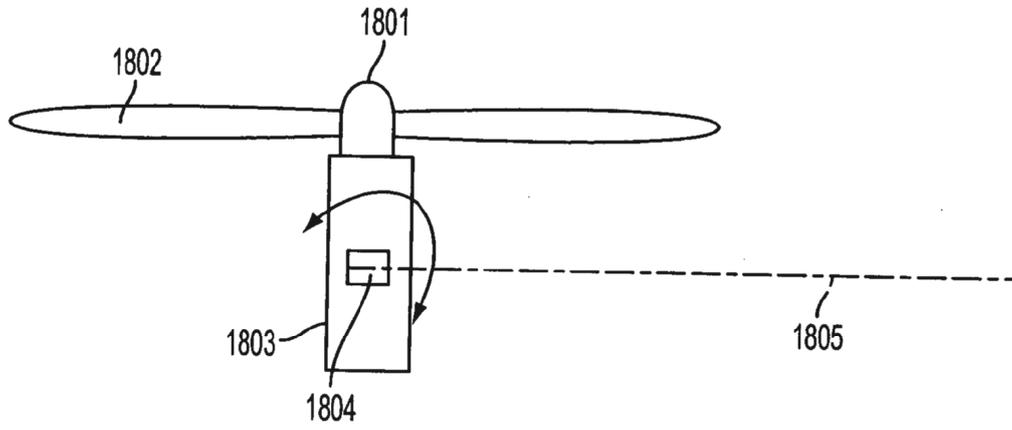


FIG. 18

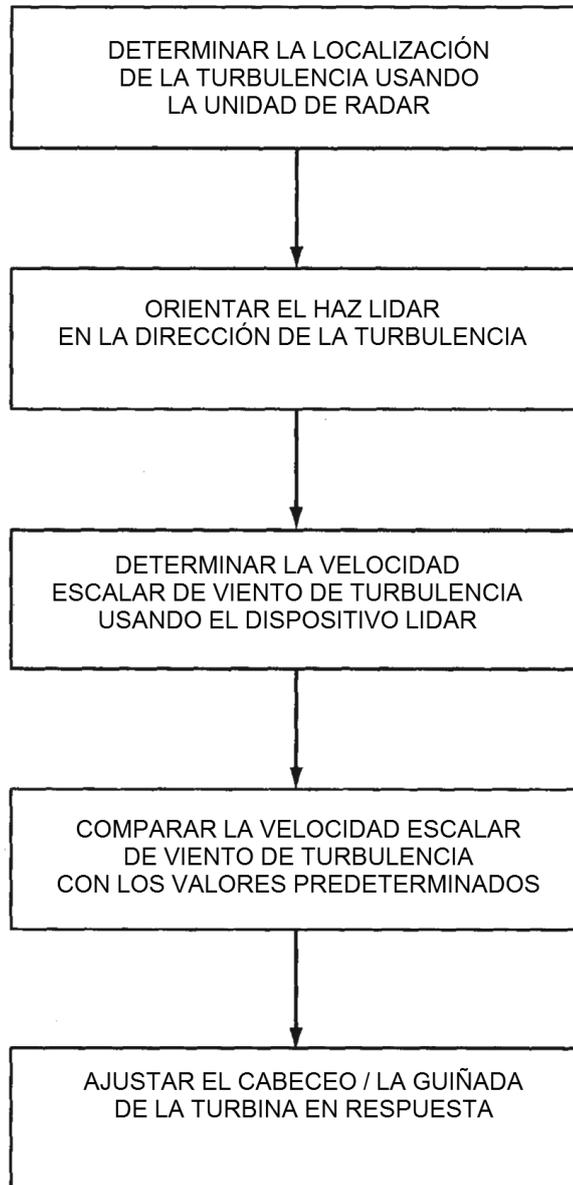


FIG. 19