

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 730 975**

51 Int. Cl.:

**G01M 5/00** (2006.01)

**G01C 11/02** (2006.01)

**G05D 1/00** (2006.01)

**F03D 17/00** (2006.01)

**F03D 80/50** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.04.2012 PCT/AT2012/050056**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.11.2012 WO12145780**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.04.2012 E 12729835 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.03.2019 EP 2702382**

54 Título: **Procedimiento y sistema para examinar una superficie en cuanto a defectos de material**

30 Prioridad:  
**26.04.2011 DE 102011017564**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**13.11.2019**

73 Titular/es:  
**AIRBUS DEFENCE AND SPACE GMBH (100.0%)  
Willy-Messerschmitt-Strasse 1  
85521 Ottobrunn, DE**

72 Inventor/es:  
**NADERHIRN, MICHAEL y  
LANGHALER, PETER**

74 Agente/Representante:  
**TORNER LASALLE, Elisabet**

ES 2 730 975 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**

Procedimiento y sistema para examinar una superficie en cuanto a defectos de material

## 5 Campo de la invención

La presente invención hace referencia a un procedimiento y a un sistema para examinar de manera automatizada una superficie en cuanto a defectos de material.

10 Los defectos de material pueden tener efectos negativos sobre la estabilidad de componentes de construcciones como, por ejemplo, pilares de puentes o aspas de rotor de turbinas eólicas. En concreto, los defectos de material pueden expandirse y provocar graves menoscabos estáticos. Por lo tanto, las superficies de tales construcciones son sometidas habitualmente a comprobaciones regulares, en particular, a inspecciones visuales. En el caso de superficies difícilmente alcanzables y/o que se encuentren a gran altura (como, por ejemplo, las aspas de plantas de energía eólica marinas), la comprobación de la existencia de defectos de material va aunada a una gran complejidad, ya que, por ejemplo, se debe hacer descender por cuerda a personas desde una gran altura para alcanzar e inspeccionar a continuación las superficies que han de ser examinadas. Aquí, se da una especial inversión de tiempo, aunque también es reseñable el aspecto relativo a la seguridad.

20 A partir de la memoria descriptiva JP 2005 265699 A y de CN 101 604 830 A, son conocidos, a modo de ejemplo, sistemas para la inspección de líneas de corriente. El documento DE 10 2005 002 278 A1 describe un avión no tripulado para la vigilancia de terrenos. El documento US 2010/103260 A1 describe un vehículo aéreo para la inspección de plantas de energía eólica. A partir del documento DE 10 2008 053 928 A1, se conoce también un procedimiento para la inspección de aspas de rotor de plantas de energía eólica. Un sistema para la verificación del estado de corrosión de la superficie de construcciones se conoce, por ejemplo, a través del documento JP 11 132962 A. Un vehículo aéreo para la inspección de objetos se divulga también en el documento JP 2008 247293 A. A partir del documento US 2011/0 090 110 A1, se conoce la vigilancia de una planta de energía eólica por medio de un sistema de radar montado sobre un vehículo aéreo.

30 Por lo tanto, el objeto de la presente invención consiste en proporcionar un procedimiento o, en su caso, un sistema para examinar superficies en cuanto a defectos de material que esté mejorado con respecto al estado de la técnica.

Dicho objeto se consigue mediante un procedimiento según la reivindicación 1 y mediante un sistema según la reivindicación 4. Las realizaciones y los perfeccionamientos ventajosos de la invención son objeto de las reivindicaciones dependientes.

35 A continuación, se describe un procedimiento y un sistema de medición para examinar una superficie en cuanto a defectos de material mediante una disposición de cámara dispuesta sobre un vehículo aéreo no tripulado y de navegación autónoma. El procedimiento presenta los siguientes pasos: aproximarse de manera automática a la superficie partiendo de un lugar de salida, pudiendo volarse alrededor de obstáculos mediante la aplicación de procedimientos para reconocer automáticamente obstáculos y sortearlos, medir de manera continua la posición relativa del vehículo aéreo con respecto a la superficie mediante un sensor de posición, tomar una secuencia de imágenes de la superficie, donde, entre las imágenes individuales, el vehículo aéreo es movido a lo largo de una trayectoria de vuelo con respecto a la superficie de tal modo que las imágenes de la secuencia presentan en áreas de solapamiento secciones de imagen de la superficie que se solapan al menos parcialmente, y reunir las imágenes de la secuencia en una imagen general de la superficie para posibilitar el examen de la superficie en cuanto a defectos y la localización de defectos por medio de la imagen general, donde la posición relativa del vehículo aéreo se regula de manera continua, de modo que el vehículo aéreo respeta una distancia predefinida y una orientación predeterminada con respecto a la superficie y la trayectoria de vuelo se extiende esencialmente en paralelo a la superficie.

40 El sistema presenta un vehículo aéreo con una unidad de control que, en un modo de navegación, está configurada para aproximarse de manera automatizada a la superficie partiendo de un lugar de salida y para reconocer obstáculos de manera automatizada durante el vuelo y sortearlos, para lo cual el vehículo aéreo comprende una disposición de cámara y un sensor de posición. El sensor de posición está configurado para determinar la posición relativa del vehículo aéreo con respecto a la superficie tras aproximarse a la superficie, y la unidad de control está configurada en un modo de inspección para mover el vehículo aéreo automáticamente a lo largo de una trayectoria de vuelo con respecto a la superficie y para tomar mientras tanto mediante la disposición de cámara una secuencia de imágenes de la superficie que se solapan parcialmente, así como para medir para cada imagen la posición relativa correspondiente, pudiéndose reunir las imágenes en una imagen general de la superficie para posibilitar el examen de la superficie en cuanto a defectos y la localización de defectos por medio de la imagen general. El sistema se caracteriza porque regula la posición relativa del vehículo aéreo de manera continua, de modo que el vehículo aéreo respeta una distancia predefinida y una orientación predeterminada con respecto a la superficie.

65 Figura 1 en vista frontal, una superficie con un defecto de material e imágenes de la superficie, que se solapan parcialmente, a lo largo de una trayectoria de vuelo del vehículo aéreo,

Figura 2 en vista lateral, una superficie y el vehículo aéreo con una disposición de cámara,

Figura 3 en vista lateral, una superficie y la disposición de cámara con diferentes ángulos de apertura,

Figura 4 en un diagrama de bloques, el vehículo aéreo y una unidad de control, y

Figura 5 una turbina de energía eólica con aspas de rotor y el vehículo aéreo.

En la figura 1 se representa una superficie 100 cualquiera en vista frontal. La superficie 100 es, por ejemplo, una superficie difícilmente alcanzable, por ejemplo, situada a gran altura. Esta superficie 100 puede presentar defectos 101 de material. El defecto 101 de material representado en la figura 1 puede ser, por ejemplo, una grieta. Según la invención, de la superficie 100 a examinar se toma al menos una primera imagen 121. Sin embargo, en la práctica sucederá con frecuencia que la superficie 100 sea tan grande que no podría ser captada mediante una única imagen 121 con suficiente calidad de imagen, en particular si la imagen se toma por una cámara con teleobjetivo. Por ello, se toma al menos una segunda imagen 122 o una secuencia 120 de imágenes, cada una de las cuales representa secciones superficiales individuales de la superficie 100.

Si es necesaria al menos una segunda imagen 122, es decir, una secuencia 120 de imágenes, entonces las imágenes 121, 122 individuales de la secuencia 120 pueden tomarse de tal modo que las imágenes adyacentes se solapen al menos parcialmente en áreas 123 de solapamiento. De este modo, las imágenes 121, 122 individuales de la secuencia 120 pueden reunirse prácticamente "sin costuras" en una imagen 130 general mediante procesamiento de imágenes. Para ello se pueden aplicar, por ejemplo, métodos de cosido de imágenes conocidos en sí mismos u otro procedimiento de procesamiento de imágenes adecuado. En ello, también es posible la conversión de las imágenes individuales en las llamadas ortofotografías. Por "ortofotografía" se entiende una representación sin distorsiones y a escala de la superficie que se extraiga a partir de las imágenes de la secuencia 120 mediante procedimientos fotogramétricos.

Para la creación de la menos una imagen 121 o de la secuencia 120 de imágenes, se utiliza un vehículo 200 aéreo no tripulado y de navegación autónoma (en inglés "*autonomous UAV*", esto es, "*autonomous unmanned aerial vehicle*" o "vehículo aéreo autónomo no tripulado", también denominado "dron") con una disposición 210 de cámara. El vehículo 200 aéreo vuela, por ejemplo, a lo largo de una trayectoria 110 de vuelo. Esta trayectoria 110 de vuelo se escoge de tal modo que la disposición 210 de cámara del vehículo 200 aéreo pueda tomar una secuencia 120 de imágenes, de modo que entre las imágenes 121, 122 individuales resulten áreas 123 de solapamiento para obtener una imagen 130 general.

El vehículo 200 aéreo puede presentar un llamado sistema sensor y de evitación o "*Sense- and-Avoid-System*" (también "*See-and-Avoid-System*") para el reconocimiento de obstáculos y para sortearlos de manera automatizada. Tales sistemas pueden disponer de una disposición 210 de cámara que presente al menos una cámara y de sensores de distancia (por ejemplo, sensor de radar o escáner láser). Un sistema sensor y de evitación se describe, por ejemplo, en la publicación WO/2010/007115. La utilización de un vehículo aéreo no tripulado (UAV) de navegación autónoma con sistema sensor y de evitación tiene ventajas significativas en particular al inspeccionarse una planta de energía eólica en un parque eólico con muchas plantas de energía eólica, ya que en la práctica se evita automáticamente que se produzcan colisiones con plantas de energía eólica que se encuentren en la trayectoria de vuelo. Como vehículos aéreos no tripulados son especialmente apropiados los helicópteros, en particular, los cuadricópteros.

En la figura 2, aparece representada una vista lateral de la superficie 100. El defecto 101 de material también aparece esbozado. Asimismo, se muestra esquemáticamente el vehículo 200 aéreo, donde el vehículo 200 aéreo se encuentra a la altura  $h$  por encima de la superficie 10 terrestre (o bien, superficie del agua) y a la distancia  $d$  con respecto a la superficie 100 que ha de inspeccionarse. El vehículo 200 aéreo puede respetar aquí, por ejemplo, en un estado suspendido, un ángulo  $\beta$  fijo (por ejemplo,  $90^\circ$ ) y una distancia  $d$  fija (predeterminable) con respecto a la superficie 200. Para el posterior procesamiento de imágenes (por ejemplo, el cosido de imágenes mencionado anteriormente), puede ser ventajoso si las imágenes de la secuencia se toman aproximadamente desde la misma perspectiva.

El vehículo 200 aéreo puede presentar una unidad 250 motriz, una unidad 230 de almacenamiento, al menos un sensor 220 de posición y una disposición 210 de cámara. El vehículo 200 aéreo puede estar realizado de tal modo que pueda permanecer en un estado suspendido con respecto a la superficie 10 terrestre y a la superficie 100. A modo de ejemplo, el vehículo 200 aéreo puede ser un vehículo aéreo VTOL (del inglés VTOL o *vertical take-off and landing*, esto es, de despegue y aterrizaje vertical). Los vehículos aéreos VTOL pueden despegar, aterrizar y estar suspendidos verticalmente, es decir, mantenerse en el aire en una posición determinada. Las dimensiones exteriores máximas de un vehículo aéreo de este tipo pueden encontrarse, por ejemplo, en el rango de en torno a 2,5 m. Tales vehículos aéreos pueden, por ejemplo, recorrer una trayectoria 110 de vuelo más allá de la superficie 100, donde la trayectoria de vuelo se extienda a una distancia  $d$  definida predeterminada con respecto a la superficie 100 y el vehículo aéreo respete un ángulo fijo con respecto a la superficie 100. La disposición 210 de cámara del

vehículo aéreo sirve para tomar al menos una imagen 121, 122 o una secuencia 120 de imágenes de la superficie 100. Estas imágenes pueden ser almacenadas en la unidad 230 de almacenamiento. El sensor 220 de posición o varios sensores de posición pueden estar previstos para determinar la altura h, la distancia d y el ángulo  $\beta$  de manera continua, por ejemplo, en ciclos temporizados predeterminados. De este modo, se puede determinar de manera continua la posición relativa y la orientación del vehículo 200 aéreo con respecto a la superficie 100 y regularlas en caso de necesidad. Al determinarse la posición relativa del vehículo 200 aéreo, se pueden tener en cuenta la altura h y/o la distancia d y/o el ángulo  $\beta$  de elevación y/o el ángulo azimutal o todas estas variables. También se concibe la inclusión de otras variables auxiliares no expuestas, por ejemplo, la velocidad del viento, al determinarse la posición relativa. A menudo, es deseable que se compense el efecto de la velocidad del viento sobre el vehículo aéreo mediante la técnica de regulación. Por motivos de eficiencia energética, el vehículo aéreo puede girarse siempre en la dirección del viento.

El sensor 220 de posición puede presentar al menos un escáner láser para el barrido de la superficie 100 con el fin de medir (de manera continua) la distancia d con respecto a la superficie 100. De manera alternativa, también pueden utilizarse sensores de radar. Para la medición de la posición, se pueden utilizar también sensores de GPS (por ejemplo, junto con giro sensores).

Según la invención, puede estar previsto que la posición relativa del vehículo 200 aéreo, o bien de la disposición 210 de cámara anclada a él con respecto a la superficie, se mida y regule de manera continua. Según un ejemplo de realización, el vehículo aéreo respeta aquí una distancia d predefinida (opcionalmente, también un ángulo fijo) con respecto a la superficie 100. De esta forma, es posible generar una imagen 130 general continua también de superficies que presenten un perfil como, por ejemplo, las aspas de rotor de una turbina de energía eólica, en particular si se toma una secuencia 120 de imágenes. El posicionamiento del vehículo 200 aéreo con respecto a la superficie a examinar puede ser secundado, por ejemplo, por un predictor del viento de a bordo (dirección del viento e intensidad del viento). Gracias al predictor del viento, es posible tener en cuenta la intensidad del viento correspondiente al posicionar el vehículo aéreo. A modo de ejemplo, se puede hacer navegar al vehículo 200 aéreo de tal modo que se oriente en la dirección del viento, con lo que se optimiza el consumo energético.

No obstante, no es necesario obligatoriamente que el vehículo aéreo mantenga una distancia d predefinida ni/o un ángulo  $\beta$  fijo con respecto a la superficie 100. Si no es éste el caso, las imágenes de la secuencia captada deben entonces ser escaladas y rectificadas mediante procesamiento de imágenes. Por ejemplo, se tiene en consideración la conversión de las imágenes de la secuencia en ortofotografías. Puesto que la posición relativa del vehículo 200 aéreo es conocida para cada imagen individual tomada de la secuencia, también es posible una reconstrucción en 3D de la superficie.

La al menos una imagen 121 de la superficie 100 puede ser examinada de manera automatizada en cuanto a defectos de la superficie 100 para reconocer y localizar defectos 101 de material de la superficie. Para poner esto en práctica, la disposición 210 de cámara del vehículo 200 aéreo presenta al menos una cámara 211 con al menos un objetivo 212. Según una forma de realización, la cámara 211, la disposición 210 de cámara, el objetivo 212 o todos de estos tres componentes pueden ajustarse eléctricamente. Para ello, pueden estar previstos medios de ajuste apropiados como electromotores. En concreto, el objetivo 212 puede estar realizado siendo ajustable de tal modo que el ángulo  $\alpha$  de apertura del objetivo 212 pueda ser modificado (objetivo con zoom). La evaluación de las imágenes o de la secuencia de imágenes puede realizarse en línea o fuera de línea. A modo de ejemplo, puede utilizarse un software de procesamiento de imágenes apropiado y conocido. Sin embargo, la evaluación también se puede realizar mediante la inspección visual de las imágenes o de la secuencia de imágenes sin respaldo informático.

Según la invención, está previsto un ángulo  $\alpha$  de apertura variable del objetivo 212 para, por un lado, tomar imágenes 121, 122 (o una secuencia 120 de imágenes correspondiente) que se solapen en un área 123 de solapamiento y, por otro lado, escoger el ángulo de apertura en función de la posición relativa del vehículo 200 aéreo con respecto a la superficie 100 (es decir, en función de la distancia) de tal modo que se pueda reconocer un defecto 101 de material, por ejemplo, una grieta o un agujero. El ángulo de apertura necesario para el reconocimiento de un defecto 101 de material se obtiene de manera aproximada, por ejemplo, a partir de

$$\alpha_0 = \arctan\left(\frac{n \cdot s}{2 \cdot a \cdot d}\right) \quad (\text{Ecuación 1})$$

donde

n: el número de píxeles en la dirección de coordenadas de la superficie de la cámara,

s: el tamaño del defecto de material que se ha de reconocer, en concreto, la anchura de una grieta,

a: el número de píxeles sobre el cual se deba representar el defecto de material, en concreto, una grieta, y

d: la distancia del vehículo aéreo, o bien, de la (disposición de) cámara con respecto a la superficie.

La ecuación 1 se obtiene a partir de consideraciones relativas a la geometría de haces. El número  $a$  de píxeles sobre el cual se debe presentar el defecto 101 de material puede escogerse aquí, por ejemplo, en  $a > 2$ , ya que es ventajoso representar el defecto 101 de material sobre al menos dos píxeles.

5 Tal y como se ha mencionado, como vehículo aéreo se considera en particular un vehículo aéreo no tripulado de navegación autónoma. Según un ejemplo de la realización, el vehículo aéreo no tripulado tiene un sistema sensor y de evitación para reconocer de manera automatizada obstáculos y sortearlos. Un sistema sensor y de evitación de este tipo comprende para la navegación una disposición de cámara y un sensor de distancia. Dependiendo del modo de funcionamiento, la disposición de cámara puede servir por un lado para la exploración de la superficie que se ha de examinar (vehículo aéreo en "modo de inspección") y, por otro lado, para la navegación del vehículo aéreo para su aproximación a la superficie desde una mayor distancia (modo de navegación). En el modo de navegación (también modo sensor y de evitación), la disposición 210 de cámara se utiliza para reconocer obstáculos sobre la trayectoria de vuelo del vehículo aéreo, los cuales pueden evadirse entonces de manera automatizada de conformidad con algoritmos predefinidos determinados. De este modo, por ejemplo al atravesarse volando un parque eólico, se pueden sortear de manera autónoma y automatizada plantas de energía eólica (que no hayan de ser inspeccionadas), o también barcos que se encuentren en la trayectoria de vuelo directa. Si el vehículo 200 aéreo ha alcanzado la superficie que se ha de examinar (por ejemplo, el rotor de la planta de energía eólica a inspeccionar), se cambia entonces el modo de funcionamiento del modo de navegación a un modo de inspección, en el que mediante el vehículo aéreo se pueden reconocer defectos de material en la superficie a examinar, como se ha descrito con anterioridad. A este respecto, la disposición 210 de cámara del vehículo 200 aéreo puede presentar varias cámaras individuales dispuestas a lo largo de un arco circular, las cuales cubran un gran campo de visión de, por ejemplo, 220°. En el modo de navegación es deseable un gran campo de visión. En el modo de inspección, se puede utilizar, por ejemplo, una cámara de la disposición de cámara para la toma de la secuencia de imágenes mencionada anteriormente de la superficie que ha de inspeccionarse.

La cámara 211 de la disposición 210 de cámara puede estar realizada, por ejemplo, como cámara electroóptica (EO), como cámara de infrarrojo cercano (NIR) o como cámara de infrarrojos (IR). No obstante, también se concibe que se dispongan varios de estos tipos de cámara en la disposición 210 de cámara. Además, también se puede utilizar cualquier otro tipo de cámara apropiado.

En la figura 4, se muestra esquemáticamente en un diagrama de bloques un vehículo 200 aéreo y una unidad 300 de control correspondiente. El vehículo 200 aéreo puede ser dirigido por un usuario a través de una unidad 300 de control. La unidad de control presenta esencialmente una interfaz 320 de usuario a través de la cual el usuario puede ocasionar manualmente señales de control para dirigir el vehículo 200 aéreo. Según una forma de realización, las señales de control pueden ser transmitidas a una disposición 240 de antena del vehículo 200 aéreo mediante una disposición 310 de antena de la unidad 300 de control a través de una conexión 260 por radio inalámbrica. La disposición 240 de antena del vehículo 200 aéreo puede estar conectada con la unidad motriz 250. La unidad motriz puede estar configurada para mantener el vehículo 200 aéreo suspendido en una posición determinada, para recibir y procesar las señales de control de la disposición 240 de antena y para sobrevolar una ruta 110 de vuelo de manera correspondiente a los deseos del usuario.

De acuerdo con el procedimiento descrito anteriormente, resulta que, al inspeccionarse la superficie 100, el control del vehículo 200 aéreo se reduce a un problema bidimensional, ya que la distancia  $d$  con respecto a la superficie 100 se regula de manera constante. El usuario puede dirigir de este modo únicamente la posición en un plano situado a la distancia  $d$  en paralelo a la superficie 100. Asimismo, también se concibe obviamente que el usuario modifique manualmente la distancia, por ejemplo, desconectando la regulación.

En la figura 5, aparece representada una turbina 400 de energía eólica. La utilización de tales turbinas 400 de energía eólica va en aumento, por ejemplo, en la generación de electricidad. Una turbina de energía eólica se compone esencialmente de un pilar 430 sobre el cual está dispuesta una góndola 420. En la góndola 420 se encuentra, por ejemplo, la transmisión (en concreto, los árboles, el engranaje, el generador) de la turbina. Junto a la góndola están dispuestas aspas 410, 411 de rotor. Una turbina 400 de energía eólica presenta habitualmente tres aspas de rotor desplazadas 120°. Las turbinas de energía eólica para la generación de electricidad pueden presentar, por ejemplo, diámetros de rotor en el rango de 130 m. Con ello, el pilar 430 puede alcanzar, por ejemplo, alturas de aproximadamente 100 m. De esta forma, las superficies 100 de las aspas 410, 411 de rotor, de la góndola 420 y del pilar 430 se encuentran a una altura considerable (de hasta más de 150 m por encima de la superficie terrestre o del agua). En particular las aspas 410, 411 de rotor están expuestas a intensas cargas mecánicas durante el funcionamiento, por lo que deben revisarse con regularidad. El procedimiento según la invención es especialmente apropiado justamente para la inspección de turbinas 400 de energía eólica. De este modo, ya no es necesario que una persona se desplace a grandes alturas para la revisión de las superficies 100 en cuanto a defectos 101 de material. En particular en las plantas de energía eólica marinas, la inspección puede realizarse de manera automática mediante un vehículo aéreo no tripulado y ya no se tienen que trasladar personas en el mar a la planta de energía eólica.

El procedimiento según la invención propuesto puede utilizarse ventajosamente para el examen de las superficies de

5 las aspas de rotor, pero también de edificios o de otras superficies a las que sea difícil llegar. En numerosos países, los vehículos aéreos que se mueven en el espacio aéreo no controlado no están sujetos a la obligación de certificación o sólo lo están dándose requisitos restringidos. El espacio aéreo controlado comienza a partir de una altitud de vuelo mínima definida legalmente (en Europa  $h=150\text{m}$ ). Los vehículos aéreos "convencionales", en particular, los aviones, no pueden quedar por debajo de una altitud de vuelo de  $h=150\text{m}$  por motivos de seguridad (a excepción del despegue y el aterrizaje).

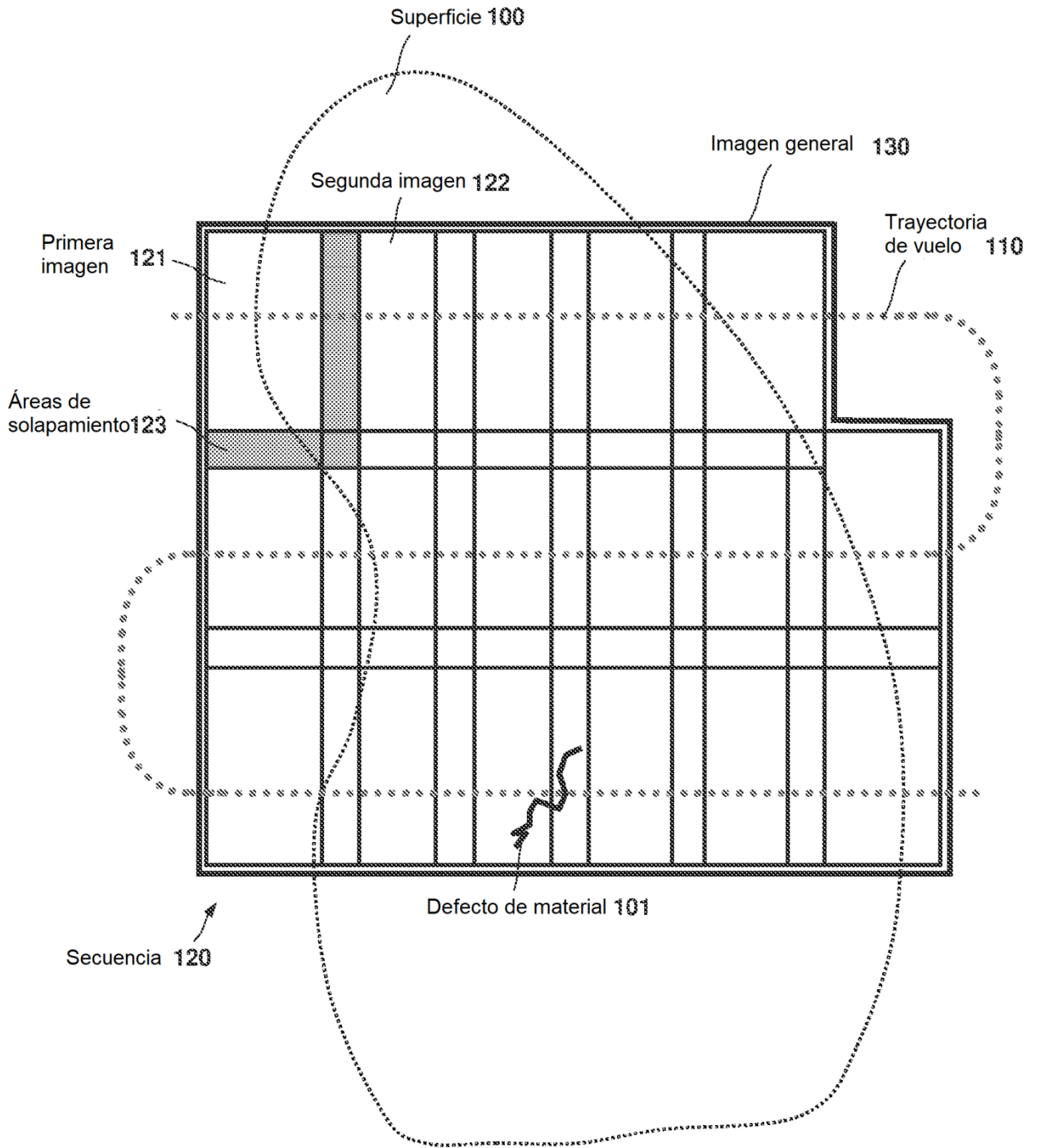
10 Así, para el vehículo 200 aéreo según la invención habitualmente queda sólo el pasillo aéreo existente entre el suelo terrestre y una altitud de vuelo de  $h=150\text{m}$ . Por lo tanto, en el área de las grandes ciudades con edificios correspondientemente elevados o en parques eólicos, en particular, en parques eólicos marinos, el vehículo 200 aéreo no puede por lo general sobrevolar los obstáculos, sino que, de hecho, debe eludirlos de otro modo. Otros obstáculos que pueden llegar, por ejemplo, a mar abierto a la trayectoria de vuelo del vehículo aéreo, son barcos contenedores que pueden sobresalir hasta  $m$  de la superficie del mar. Con el fin de sortear estos obstáculos, el  
15 vehículo 200 aéreo puede ser accionado en el modo de navegación expuesto con anterioridad, en el que los obstáculos, por ejemplo, turbinas de energía eólica, se pueden reconocer (de manera automatizada) y se puede volar alrededor de ellos. Así, la aplicación del procedimiento según la invención ofrece la ventaja consistente en que no se puedan utilizar vehículos aéreos certificados para el tráfico aéreo general.

**REIVINDICACIONES**

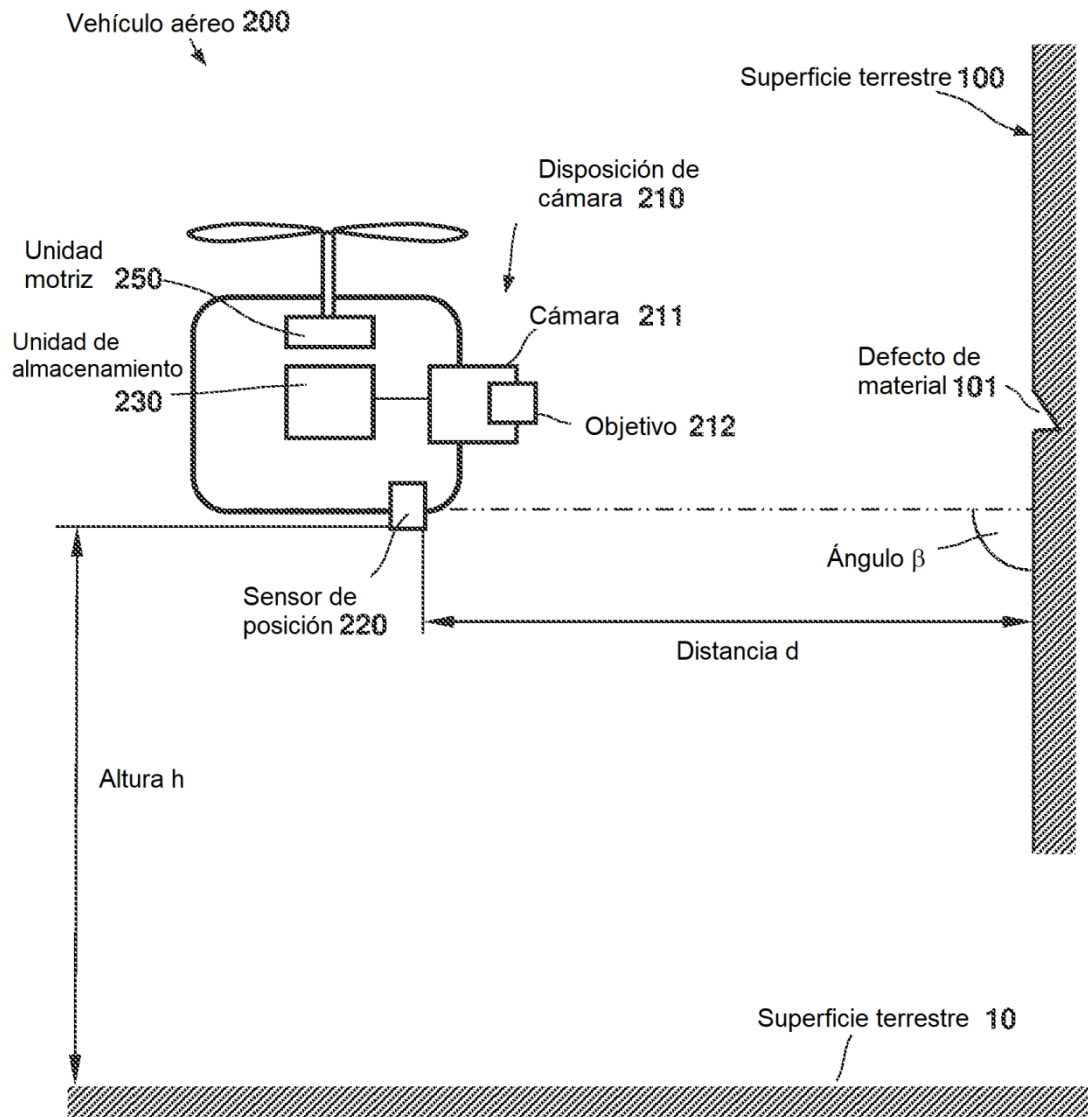
- 5 1. Procedimiento para examinar una superficie (100) con posición conocida en cuanto a defectos (101) de material mediante una disposición (210) de cámara dispuesta sobre un vehículo (200) aéreo no tripulado y de navegación autónoma, el cual presenta:
- aproximarse de manera automática a la superficie (100) partiendo de un lugar de salida, pudiendo volarse alrededor de obstáculos mediante la aplicación de procedimientos para reconocer automáticamente obstáculos y sortearlos;
- 10 medir de manera continua la posición relativa del vehículo (200) aéreo con respecto a la superficie (100) mediante un sensor (220) de posición;
- 15 tomar una secuencia (120) de imágenes (121, 122) de la superficie (100), donde, entre las imágenes (121, 122) individuales, el vehículo (100) aéreo es movido a lo largo de una trayectoria (110) de vuelo con respecto a la superficie (100) de tal modo que las imágenes (121, 122) de la secuencia (120) presentan en áreas (123) de solapamiento secciones de imagen de la superficie (100) que se solapan al menos parcialmente, y
- 20 reunir las imágenes (121, 122) de la secuencia (120) en una imagen (130) general de la superficie (100) para posibilitar el examen de la superficie (100) en cuanto a defectos y la localización de defectos por medio de la imagen (130) general, estando el procedimiento caracterizado porque
- 25 la posición relativa del vehículo (200) aéreo se regula de manera continua, de modo que el vehículo (200) aéreo respeta una distancia (d) predefinida y una orientación predeterminada con respecto a la superficie (100) y la trayectoria de vuelo se extiende esencialmente en paralelo a la superficie (100).
- 30 2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el vehículo aéreo presenta un sistema sensor y de evitación para reconocer automáticamente obstáculos y para sortearlos de manera automatizada,
- donde el sistema sensor y de evitación se encuentra en un principio en un modo de navegación en el que se da una aproximación a la superficie o se vuela de regreso al lugar de salida de manera automatizada, y donde, tras la aproximación a la superficie (100), el sistema sensor y de evitación es conmutado a un modo de inspección en el que se pueden tomar imágenes de la superficie.
- 35 3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos dos cámaras dispuestas en la disposición (210) de cámara toman la secuencia (120) de imágenes (121, 122) de la superficie (100).
- 40 4. Sistema para examinar una superficie (100) con posición conocida en cuanto a defectos (101) de material; el sistema presenta:
- un vehículo (200) aéreo con una unidad de control que, en un modo de navegación, está configurada para aproximarse de manera automatizada a la superficie (100) partiendo de un lugar de salida y para reconocer obstáculos de manera automatizada durante el vuelo y sortearlos, para lo cual el vehículo aéreo comprende una disposición (210) de cámara y un sensor de posición,
- 45 donde el sensor (220) de posición está configurado para determinar la posición relativa del vehículo (200) aéreo con respecto a la superficie (100) tras aproximarse a la superficie (100), y
- 50 donde la unidad (300) de control está configurada en un modo de inspección para mover el vehículo (200) aéreo automáticamente a lo largo de una trayectoria de vuelo con respecto a la superficie (100) y para tomar mientras tanto mediante la disposición de cámara una secuencia (120) de imágenes (121, 122) de la superficie (100) que se solapan parcialmente, así como para medir para cada imagen la posición relativa correspondiente, donde las imágenes se pueden reunir en una imagen general de la superficie para posibilitar el examen de la superficie (100) en cuanto a defectos y la localización de defectos por medio de la imagen (130) general, estando el sistema caracterizado porque
- 55 regula la posición relativa del vehículo (200) aéreo de manera continua, de modo que el vehículo (200) aéreo respeta una distancia (d) predefinida y una orientación predeterminada con respecto a la superficie (100).
- 60 5. Sistema según la reivindicación 4, el cual presenta además:
- una unidad (230) de almacenamiento dispuesta en el vehículo (200) aéreo, la cual está configurada para almacenar las imágenes (121, 122) tomadas por la disposición (210) de cámara, o
- 65 un módulo de radio dispuesto en el vehículo (200) aéreo, el cual está configurado para enviar a un radiorreceptor las imágenes (121, 122) tomadas por la disposición (210) de cámara.

6. Procedimiento según la reivindicación 1, donde la superficie (100) es la superficie de un aspa de rotor de una planta de energía eólica con posición conocida.
- 5 7. El procedimiento según la reivindicación 6, en el que se regresa volando al lugar de salida tras la toma de la secuencia de imágenes o se da una aproximación a otra aspa de rotor para tomar otra secuencia de imágenes.

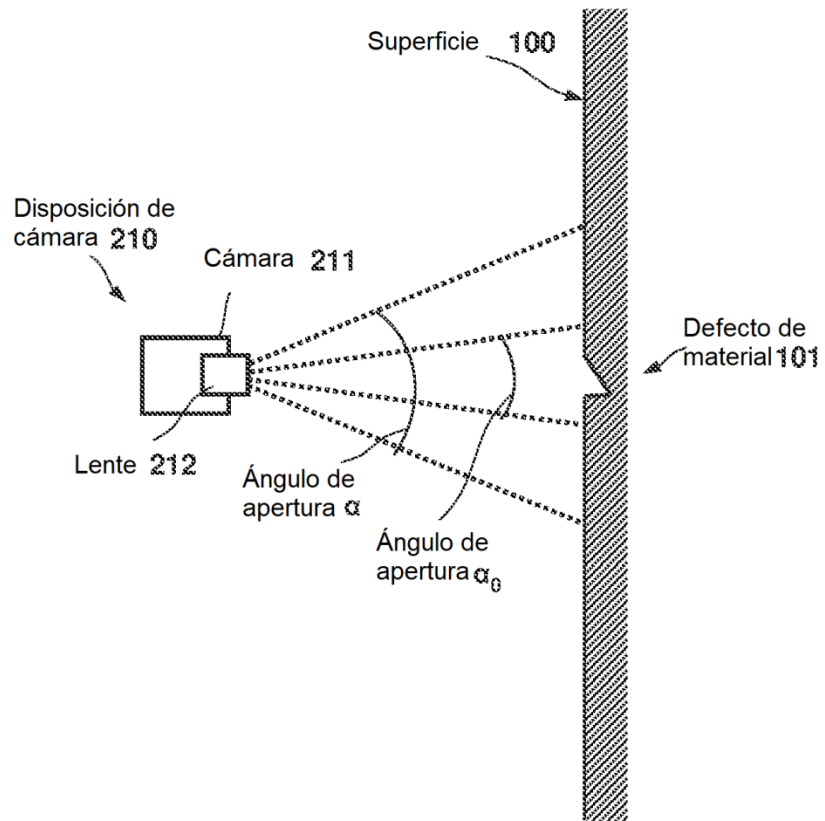




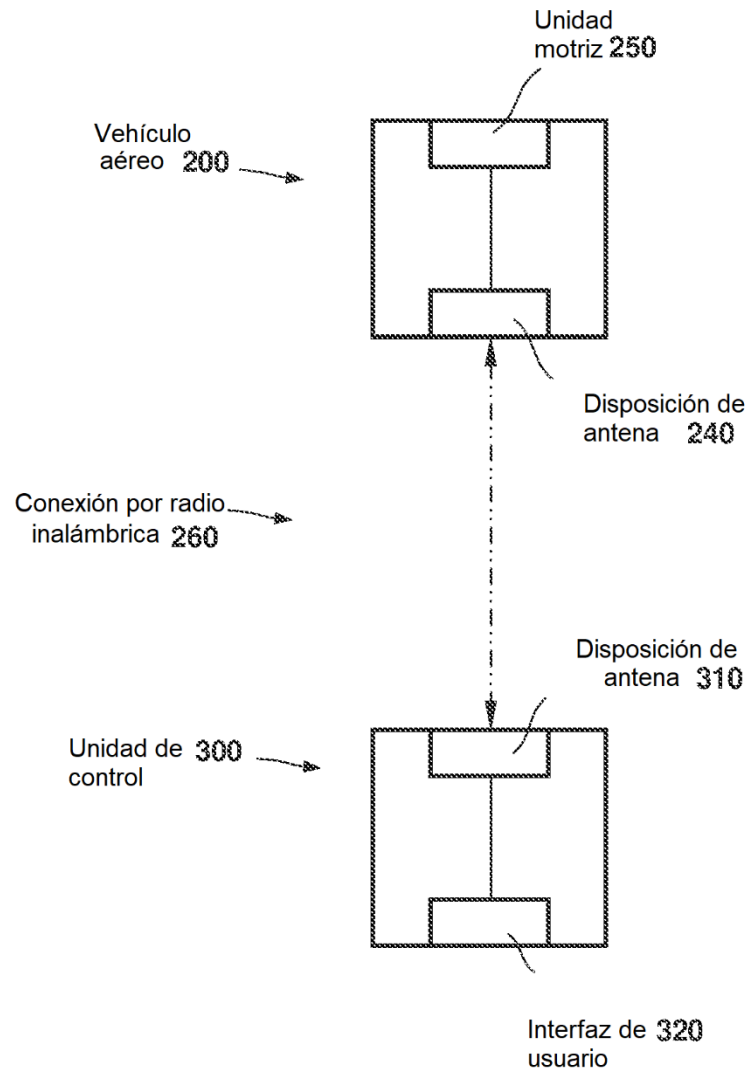
**Fig. 1**



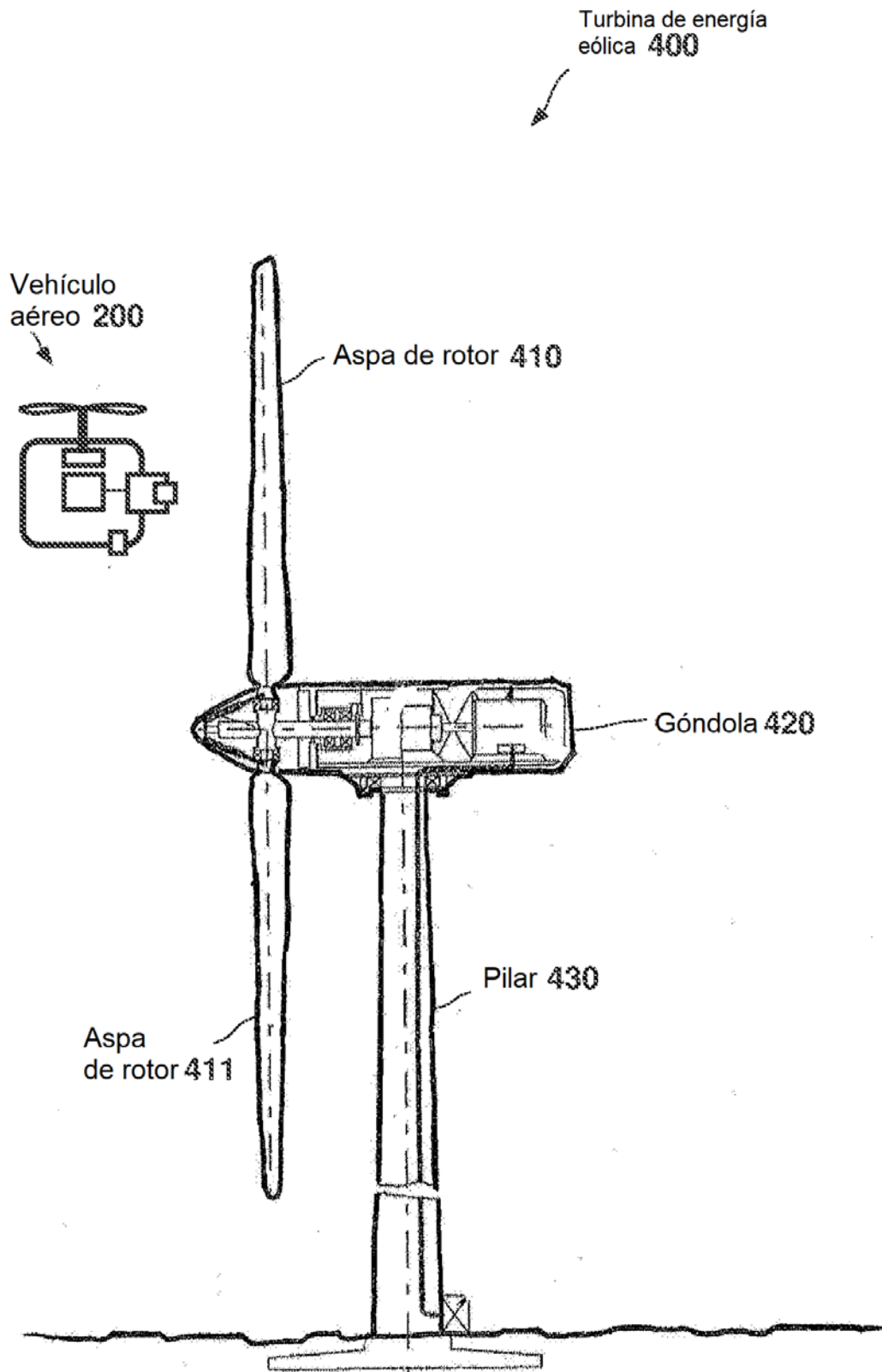
**Fig. 2**



**Fig. 3**



**Fig. 4**



**Fig. 5**