

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 790 653**

51 Int. Cl.:

A01M 31/00 (2006.01)

A01M 29/10 (2011.01)

A01M 29/16 (2011.01)

F03D 7/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.08.2015 PCT/US2015/045945**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.02.2016 WO16028922**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.08.2015 E 15834027 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.02.2020 EP 3183603**

54 Título: **Detección e identificación de aves o murciélagos para mitigar el riesgo de los aerogeneradores**

30 Prioridad:

21.08.2014 US 201462040081 P
18.08.2015 US 201514829403

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

28.10.2020

73 Titular/es:

IDENTIFLIGHT INTERNATIONAL, LLC (100.0%)
1500 Cherry Street, Suite C
Louisville, CO 80027, US

72 Inventor/es:

WENGER, ERIC S.;
OLIVER, ANDREW G. y
BABBITT, VICTOR L.

74 Agente/Representante:

SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 790 653 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 e identificación de aves o murciélagos para mitigar el riesgo de los aerogeneradores

5 **CAMPO TÉCNICO**

[0001] Esta descripción se refiere generalmente a sistemas y procedimientos para evaluar y/o reducir el riesgo de los aerogeneradores en cuanto a las aves y/o los murciélagos.

10 **ANTECEDENTES**

[0002] Las palas giratorias de los aerogeneradores de los parques eólicos representan un riesgo para las aves o los murciélagos que vuelan a través del volumen barrido por las palas del aerogenerador. Algunas entidades gubernamentales pueden requerir que los parques eólicos mitiguen ese riesgo, particularmente para ciertas especies de aves o murciélagos protegidos por la ley o las regulaciones gubernamentales. Por ejemplo, estas entidades gubernamentales pueden requerir que se demuestre la mitigación del riesgo de un parque eólico propuesto para águilas reales o águilas calvas antes de permitir la instalación del parque eólico. Otros gobiernos pueden no requerir un permiso, pero aún pueden imponer sanciones o multas a los parques eólicos que dañen a las aves u otros animales identificados por el gobierno.

[0003] Los intentos de mitigar el riesgo que representan los parques eólicos para las especies protegidas de aves o murciélagos generalmente implican reducir (por ejemplo, ralentizar o apagar) el funcionamiento de los aerogeneradores cuando se determina que pueden estar presentes aves o murciélagos protegidos. Los procedimientos de mitigación existentes generalmente no pueden identificar específicamente las aves o los murciélagos que detectan y, por lo tanto, pueden reducir el funcionamiento de los aerogeneradores con más frecuencia de la necesaria para mitigar el riesgo de las especies protegidas de aves y murciélagos. Esto da como resultado la pérdida de energía e ingresos. Además, los procedimientos de mitigación existentes suelen tener un alto coste de capital.

[0004] La publicación de solicitud PCT n.º WO 2013/114368 describe un sistema para detectar y disuadir a los animales voladores en un área monitorizada de aerogeneradores y activar elementos de disuasión o ralentizar o detener la rotación de las palas del aerogenerador si se detectan animales voladores en el área monitorizada.

[0005] La publicación de solicitud de patente alemana n.º DE 10 2012 215451 describe un sistema para obtener imágenes de un entorno de un aerogenerador y evaluar las imágenes para detectar animales voladores en el entorno y generar señales de advertencia si se detectan animales voladores.

[0006] La publicación de solicitud PCT n.º WO 2009/102001 describe un sistema de imágenes para determinar si un objeto volador que se acerca a un generador de energía eólica es un ave y si su trayectoria de vuelo prevista requiere realizar acciones de control para la generación de energía eólica.

[0007] La publicación alemana de modelos de utilidad n.º DE 20 2010 010765 describe un sistema de cámara para determinar información sobre la presencia de aves en el área de un parque eólico para intervenir operativamente en el control de las instalaciones de energía eólica.

45 **DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION**

[0008] Esta especificación describe sistemas y procedimientos que emplean tecnología de imágenes ópticas para mitigar el riesgo que representan los aerogeneradores para los animales aéreos, y sistemas y procedimientos relacionados que emplean imágenes ópticas para evaluar dicho riesgo antes o después de la construcción de un parque eólico mediante la inspección de aves y/o poblaciones de murciélagos en las proximidades del lugar del parque eólico.

[0009] En un aspecto de la invención, un sistema automatizado para mitigar el riesgo de un aerogenerador en cuanto a animales aéreos de una especie predeterminada incluye una pluralidad de sensores de imágenes ópticas y un controlador. El controlador recibe y analiza imágenes de los sensores de imágenes ópticas para enviar automáticamente una señal para reducir el funcionamiento del aerogenerador a un nivel predeterminado de mitigación de riesgos cuando el controlador determina a partir de imágenes de los sensores de imágenes ópticas que un animal aéreo de la especie predeterminada está en riesgo debido al aerogenerador. En algunos casos, el control envía posteriormente una señal para reanudar el funcionamiento normal del aerogenerador cuando el controlador determina, a partir de imágenes adicionales de los sensores de imágenes ópticas, que ya no hay riesgo para el animal aéreo de la especie predeterminada debido al aerogenerador.

[0010] El controlador puede determinar si el animal aéreo es miembro de una especie predeterminada particular antes de que el animal aéreo esté más cerca del aerogenerador, que la distancia a la que la especie predeterminada

particular puede volar a una velocidad característica de la especie predeterminada en el tiempo requerido, para reducir la operación del aerogenerador al nivel predeterminado de mitigación de riesgos. La velocidad característica de la especie predeterminada particular puede ser, por ejemplo, la velocidad de vuelo horizontal promedio de la especie predeterminada o la velocidad de vuelo horizontal máxima de la especie predeterminada. En algunos ejemplos, la
 5 señal puede provocar automáticamente que al menos uno de los aerogeneradores inicie las operaciones de reducción. En otros ejemplos, la señal se envía a un operador o técnico que hace la llamada de juicio para enviar un comando al menos a uno de los aerogeneradores para ejecutar una operación de reducción.

[0011] En algunas variaciones, las especies predeterminadas incluyen águilas reales. En algunas de estas
 10 variaciones, el controlador determina si cada animal aéreo que detecta en las imágenes de los sensores de imágenes ópticas es un águila real antes de que el animal aéreo detectado se acerque a menos de 600 metros del aerogenerador. El controlador puede detectar a una distancia mayor de aproximadamente 800 metros cada animal aéreo que posteriormente determine que es un águila real.

[0012] En algunas variaciones, las especies predeterminadas incluyen las águilas calvas. En algunas de estas
 15 variaciones, el controlador determina si el animal aéreo es un águila calva antes de que el animal aéreo detectado se acerque a menos de 600 metros del aerogenerador. El controlador puede detectar a una distancia mayor de aproximadamente 800 metros cada animal aéreo que posteriormente determine que es un águila calva.

[0013] La pluralidad de sensores de imágenes ópticas puede disponerse con un campo de visión combinado
 20 de aproximadamente 360 grados alrededor del aerogenerador. Los sensores de imágenes ópticas pueden disponerse con campos de visión superpuestos. En algunas variaciones, al menos algunos de los sensores de imágenes ópticas se unen a una torre que soporta el aerogenerador. En algunas variaciones, uno o más de los sensores de imágenes ópticas se disponen con un campo de visión directamente encima del aerogenerador.

[0014] El sistema puede incluir un sistema de disuasión que despliega elementos de disuasión, como luces
 25 intermitentes o sonidos, por ejemplo, para disuadir a los animales aéreos de acercarse al aerogenerador. En tales variaciones, el controlador puede enviar automáticamente una señal al sistema de disuasión para desplegar el elemento disuasorio si el controlador determina que el animal aéreo de la especie predeterminada se está acercando
 30 al aerogenerador. En algunos ejemplos, la señal puede provocar automáticamente que al menos uno de los aerogeneradores inicie las operaciones de reducción. En otros ejemplos, la señal se envía a un operador o técnico que hace la llamada de juicio para enviar un comando al menos a uno de los aerogeneradores para ejecutar una operación de reducción.

[0015] En otro aspecto, un sistema automatizado para mitigar el riesgo de un aerogenerador en cuanto a aves
 35 o murciélagos de una o más especies predeterminadas incluye una pluralidad de sensores de imágenes ópticas y un controlador. El controlador recibe y analiza automáticamente imágenes de los sensores de imágenes ópticas y envía automáticamente una señal al sistema de disuasión para desplegar un elemento disuasorio para aves o murciélagos si el controlador determina a partir de las imágenes de los sensores de imágenes ópticas que un ave o murciélago de
 40 una o más especies predeterminadas se acercan al aerogenerador.

[0016] El controlador puede determinar si cada ave o murciélago que detecta en las imágenes de los sensores
 45 de imágenes ópticas es miembro de una especie predeterminada particular antes de que el ave o murciélago detectado se acerque más al aerogenerador, que la distancia que la especie predeterminada particular puede volar a una velocidad característica de la especie predeterminada particular en el tiempo requerido para reducir la operación del aerogenerador a un nivel predeterminado de mitigación de riesgos. La velocidad característica de la especie predeterminada particular puede ser, por ejemplo, la velocidad de vuelo horizontal promedio de la especie predeterminada o la velocidad de vuelo horizontal máxima de la especie predeterminada.

[0017] En algunas variaciones, las especies predeterminadas incluyen águilas reales. En algunas de estas
 50 variaciones, el controlador determina si cada ave o murciélago que detecta en las imágenes de los sensores de imágenes ópticas es un águila real antes de que el ave o murciélago detectado se acerque a menos de 600 metros del aerogenerador. El controlador puede detectar a una distancia mayor de aproximadamente 800 metros cada ave o murciélago que posteriormente determine que es un águila real.

[0018] En algunas variaciones, las especies predeterminadas incluyen las águilas calvas. En algunas de estas
 55 variaciones, el controlador determina si cada ave o murciélago que detecta en las imágenes de los sensores de imágenes ópticas es un águila calva antes de que el ave o murciélago detectado se acerque a menos de 600 metros del aerogenerador. El controlador puede detectar a una distancia mayor de aproximadamente 800 metros cada ave o
 60 murciélago que posteriormente determine que es un águila calva.

[0019] La pluralidad de sensores de imágenes ópticas puede disponerse con un campo de visión combinado
 65 de aproximadamente 360 grados alrededor del aerogenerador. Los sensores de imágenes ópticas pueden disponerse con campos de visión superpuestos. En algunas variaciones, al menos algunos de los sensores de imágenes ópticas se unen a una torre que soporta el aerogenerador. En algunas variaciones, uno o más de los sensores de imágenes

ópticas se disponen con un campo de visión directamente encima del aerogenerador.

- [0020]** En otro aspecto, un sistema automatizado para inspeccionar la población de animales aéreos de una o más especies particulares de interés incluye una pluralidad de sensores de imágenes ópticas y un controlador. El controlador recibe y analiza automáticamente imágenes de los sensores de imágenes ópticas y determina automáticamente si los animales aéreos detectados en las imágenes de los sensores de imágenes ópticas son miembros de una o más especies particulares de interés. Las especies particulares de interés pueden incluir, por ejemplo, águilas calvas y/o águilas reales.
- 10 **[0021]** Estas y otras realizaciones, características y ventajas de la presente invención serán más evidentes para los expertos en la técnica cuando se tomen con referencia a la siguiente descripción más detallada de la invención junto con los dibujos adjuntos que se describen primero brevemente.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

- 15 **[0022]**
- La figura 1 es una vista lateral en perspectiva de un aerogenerador de ejemplo que ilustra un volumen de espacio alrededor del aerogenerador definido por los procedimientos y sistemas de mitigación de riesgo para aves o murciélagos descritos en la presente invención.
- 20 La figura 2 es una vista en perspectiva superior de un ejemplo de un aerogenerador y un volumen de mitigación de riesgo para aves o murciélagos ilustrado en la figura 1.
- La figura 3 es una vista superior en perspectiva de un ejemplo de un parque eólico que ilustra los volúmenes de mitigación de riesgos definidos por los procedimientos y sistemas de mitigación de riesgos para aves o murciélagos descritos en la presente invención, así como la trayectoria de un ave volando a través del parque eólico y provocando la reducción para algunos aerogeneradores, pero no para otros.
- 25 La figura 4 muestra una vista de un ejemplo de un aerogenerador donde se montan módulos de sensores de imágenes ópticas según los procedimientos y sistemas de mitigación de riesgo para aves o murciélagos descritos en la presente invención.
- 30 La figura 5 muestra una vista de un ejemplo de un aerogenerador donde se montan módulos de sensores de imágenes ópticas según los procedimientos y sistemas de mitigación de riesgo para aves o murciélagos descritos en la presente invención.
- La figura 6 muestra una vista de un ejemplo de un aerogenerador donde se montan módulos de sensores de imágenes ópticas según los procedimientos y sistemas de mitigación de riesgo para aves o murciélagos descritos en la presente invención.
- 35 La figura 7 muestra un diagrama de bloques de ejemplo de un sistema para mitigar el riesgo de un aerogenerador para aves o murciélagos.

MEJOR MODO O MODOS PARA REALIZAR LA INVENCION

- 40 **[0023]** La siguiente descripción detallada deber leerse con referencia a los dibujos, en los que números de referencia idénticos se refieren a elementos similares en las distintas figuras. Los dibujos, que no están necesariamente a escala, representan realizaciones selectivas y no pretenden limitar el alcance de la invención. La descripción detallada ilustra a modo de ejemplo, no a modo de limitación, los principios de la invención. Esta descripción claramente permitirá a un experto en la materia hacer y usar la invención, y describe varias realizaciones, adaptaciones, variaciones, alternativas y usos de la invención.
- [0024]** Para los propósitos de esta divulgación, el término «animal aéreo» generalmente se refiere a animales que emplean locomoción aérea. Esta locomoción aérea puede ser accionada o no. Estos animales aéreos pueden incluir animales voladores y planeadores como aves, murciélagos, insectos, otros tipos de mamíferos, otros tipos de aves o combinaciones de los mismos.
- 50 **[0025]** Con referencia a la figura 1 (vista lateral) y la figura 2 (vista superior), esta especificación describe sistemas y procedimientos automatizados que emplean tecnología de imagen óptica para detectar animales aéreos, como aves o murciélagos (por ejemplo, ave 10) en vuelo cerca de un aerogenerador 100, determinar si el ave o murciélago detectado es o no de una o más especies protegidas particulares que requieren mitigación de riesgos (por ejemplo, un águila real o un águila calva) y, en función de esa determinación, decidir si reducir o no el funcionamiento del aerogenerador 100 y/o si se deben emplear o no medidas disuasorias para impedir que el ave o murciélago detectado se acerque al aerogenerador 100. Los sistemas y procedimientos pueden, por ejemplo, identificar positivamente a un ave o murciélago detectado como miembro de una especie protegida para el cual se mitiga el riesgo, identificar positivamente a un ave o murciélago detectado como miembro de una especie para la cual el riesgo necesita no ser mitigado, o determinar que un ave o murciélago detectado no es miembro de una especie protegida cuyo riesgo debe ser mitigado sin identificar la especie del ave o murciélago. En algunos casos, una especie protegida es definida por un gobierno en cuya jurisdicción se encuentra el parque eólico. Pero, en otros ejemplos, el sistema puede incluir una lista de especies que clasifica como una «especie protegida». En otros ejemplos, las especies que
- 65

se consideran especies protegidas pueden basarse en tratados internacionales, organizaciones no gubernamentales, grupos de protección, expertos de la industria, estudios científicos, grupos religiosos, otros individuos, otras organizaciones o combinaciones de los mismos.

5 **[0026]** En estos sistemas y procedimientos, las aves o los murciélagos pueden primero visualizarse a una distancia del aerogenerador 100 mayor o igual a una distancia R, y las decisiones de restringir o no restringir el funcionamiento del aerogenerador 100 y desplegar o no desplegar medidas disuasorias se pueden tomar antes de que el ave o el murciélago se acerquen más cerca de la distancia R al aerogenerador 100. La distancia R se selecciona para proporcionar tiempo suficiente para que se reduzca el funcionamiento del aerogenerador 100 antes de que el ave o murciélago detectado pueda alcanzar el volumen barrido por las palas del aerogenerador 105, si el ave o el murciélago están volando hacia el aerogenerador 100 a una velocidad característica de una especie protegida cuyo riesgo deba mitigarse. Una velocidad característica de una especie de ave o murciélago puede ser, por ejemplo, una velocidad de vuelo horizontal promedio o una velocidad de vuelo horizontal máxima.

15 **[0027]** Por lo tanto, la distancia R puede seleccionarse, por ejemplo, para que sea mayor o igual a la distancia que un ave o murciélago de la especie protegida para la cual se mitiga el riesgo puede volar a la velocidad de vuelo horizontal promedio conocida de esa especie en el intervalo de tiempo necesario para reducir el funcionamiento del aerogenerador 100. Alternativamente, la distancia R puede seleccionarse, por ejemplo, para que sea mayor o igual a la distancia que un ave o murciélago de la especie protegida para la cual se mitiga el riesgo puede volar a la velocidad máxima de vuelo horizontal conocida de esa especie en el intervalo de tiempo necesario para reducir la operación del aerogenerador.

25 **[0028]** Si los procedimientos y sistemas se usan para mitigar el riesgo del aerogenerador 100 para más de una especie protegida de ave y/o murciélago, R puede determinarse, por ejemplo, utilizando una velocidad característica de la especie protegida más rápida para la cual el riesgo deberá ser mitigado. Alternativamente, se puede determinar una distancia R separada para cada especie protegida para la cual se mitiga el riesgo.

30 **[0029]** La distancia R puede medirse, por ejemplo, desde cerca de la base de la torre eólica 110 como se muestra en la figura 1, desde la góndola de aerogenerador 115, o desde cualquier otra ubicación adecuada en el aerogenerador o su estructura de soporte. R puede medirse convenientemente desde o cerca de la ubicación de uno o más sensores de imágenes ópticas (que se describen más adelante) empleados en los sistemas y procedimientos, pero esto no es necesario. En el ejemplo ilustrado, R define el límite de un volumen de mitigación sustancialmente hemisférico 120 alrededor del aerogenerador 100.

35 **[0030]** Los aerogeneradores con los que pueden emplearse los sistemas y procedimientos de esta descripción pueden tener alturas de torre de, por ejemplo, aproximadamente 60 metros a aproximadamente 120 metros y longitudes de pala de, por ejemplo, aproximadamente 40 metros a aproximadamente 65 metros. La rotación de las palas 105 de tales aerogeneradores 100 puede reducirse típicamente de una velocidad de funcionamiento normal de, por ejemplo, aproximadamente 6 a aproximadamente 20 revoluciones por minuto (rpm) o aproximadamente 1 rpm o menos (por ejemplo, a 0 rpm) en un período de tiempo (tiempo de reducción) de, por ejemplo, menos de aproximadamente 20 segundos, o menos de aproximadamente 30 segundos. Las autoridades reguladoras generalmente pueden considerar que una velocidad de rotación de aproximadamente 1 rpm o menos para tales aerogeneradores 100 representa un riesgo aceptable para las especies de aves y murciélagos protegidas por el gobierno. La reducción total a 0 rpm puede ser preferible y obtenible en estos intervalos de tiempo. Si bien los ejemplos anteriores se han descrito con un tipo específico de torre eólica, se puede usar cualquier tipo apropiado de torre eólica según los principios descritos en la presente descripción. Por ejemplo, la altura de la torre puede exceder los 120 metros y/o la longitud de la pala puede exceder los 65 metros. Además, la velocidad de funcionamiento normal de los aerogeneradores y las velocidades de reducción pueden estar fuera de los parámetros descritos anteriormente. Además, los aerogeneradores pueden funcionar a las velocidades de reducción durante cualquier período de tiempo apropiado.

55 **[0031]** Como ejemplos, las águilas reales tienen una velocidad de vuelo horizontal promedio de aproximadamente 13,5-14 metros/segundo y las águilas calvas tienen una velocidad de vuelo horizontal promedio de aproximadamente 18,0-19 metros/segundo. Usando estas velocidades, un valor de R igual a aproximadamente 800 metros proporcionaría aproximadamente 44 segundos para reducir el aerogenerador 100 para un águila calva y aproximadamente 59 segundos para reducir el aerogenerador 100 para un águila real. Un valor de R igual a aproximadamente 600 metros proporcionaría aproximadamente 33 segundos para reducir el aerogenerador 100 para un águila calva y aproximadamente 44 segundos para reducir el aerogenerador 100 para un águila real. Es probable que estos valores para R proporcionen tiempo suficiente para reducir el funcionamiento de un aerogenerador 100 a aproximadamente 1 rpm o menos (por ejemplo, a aproximadamente 0 rpm) y, por lo tanto, es probable que sean adecuados para mitigar el riesgo para las águilas reales y las águilas calvas utilizando sistemas y procedimientos de la presente descripción.

65 **[0032]** Con referencia ahora al diagrama de bloques esquemático de la figura 7, los sistemas de mitigación de riesgo de aves y murciélagos de la presente descripción pueden incluir uno o más sensores ópticos (por ejemplo,

cámaras digitales) 122 ubicados en o cerca de un aerogenerador 100, uno o más sistemas de disuasión de murciélagos y/o aves 124, uno o más instrumentos meteorológicos 126, y uno o más controladores 123 en comunicación con el aerogenerador 100, los sensores ópticos 122, los instrumentos meteorológicos 126 y los sistemas de disuasión 124. Los sensores ópticos 122 capturan imágenes de aves y/o murciélagos en vuelo cerca del
 5 aerogenerador 100 y proporcionan las imágenes al controlador 123. El controlador 123 puede implementar un algoritmo que determina si un ave o murciélago obtenido por imagen es o no de una o más especies protegidas particulares que requieran mitigación de riesgos y si el ave o murciélago obtenido por imagen se acerca o no al aerogenerador 100. Si el controlador 123 determina que un ave o murciélago obtenido por imagen es de una especie protegida para lo cual se debe mitigar el riesgo, y determina que el ave o murciélago obtenido por imagen se está
 10 acercando al aerogenerador 100 o es probable que se acerque peligrosamente al aerogenerador 100, el controlador 123 le indica al aerogenerador 100 que reduzca la operación, o le indica al sistema de disuasión 124 que implemente medidas disuasorias para disuadir al ave o murciélago de acercarse aún más al aerogenerador 100, o le indica al aerogenerador 100 que comience a reducir su operación e indicar al sistema de disuasión 124 que despliegue medidas disuasorias.

15

[0033] Por ejemplo, el controlador 123 puede determinar que un ave o murciélago obtenido por imagen es de una o más especies protegidas que requieren mitigación de riesgos y que se está acercando al aerogenerador 100. Mientras el ave o el murciélago siga a una distancia mayor que R (definida anteriormente), el controlador 123 puede
 20 indicar a un sistema de disuasión 124 que despliegue una medida disuasoria en un intento de disuadir al ave o al murciélago de acercarse aún más al aerogenerador 100. Si el controlador 123 determina a partir de imágenes adicionales de los sensores ópticos 122 que el ave o el murciélago ha sido disuadido satisfactoriamente de acercarse aún más al aerogenerador 100, el controlador 123 puede determinar que no es necesario restringir el funcionamiento del aerogenerador 100. Si el controlador 123 determina en cambio que los elementos de disuasión no han tenido éxito y que el ave o el murciélago continúa acercándose al aerogenerador 100, el controlador 123 puede indicarle al
 25 aerogenerador 100 o al operador de un parque eólico que reduzca la operación. El controlador 123 puede, por ejemplo, controlar además el sistema de disuasión 124 para continuar desplegando medidas disuasorias mientras el ave o el murciélago esté dentro de una distancia R del aerogenerador 100. Si el funcionamiento del aerogenerador 100 se reduce, después de que el controlador 123 determine a partir de imágenes adicionales de los sensores ópticos 122 que el ave o el murciélago ha abandonado la proximidad del aerogenerador 100 y ya no está en riesgo, el controlador
 30 123 puede indicar al aerogenerador 100 que reanude el funcionamiento normal e indicar al sistema de disuasión 124 que deje de desplegar medidas disuasorias. En algunos ejemplos, las señales pueden enviarse directamente a un aerogenerador para iniciar las operaciones de disuasión o las operaciones de reducción. En otros ejemplos, las señales pueden enviarse a un operador de los aerogeneradores donde las señales proporcionan información que puede ser utilizada por el operador para decidir si enviar comandos al aerogenerador para iniciar el sistema de
 35 disuasión o el sistema de reducción. En estos ejemplos, estas señales pueden incluir detalles sobre si se ha cumplido un criterio de disuasión o reducción. Por ejemplo, la señal puede incluir un mensaje que explica que un ave está a 600 metros de un aerogenerador en particular. En esa situación, el operador puede estudiar el comportamiento del ave a través de las cámaras del parque eólico y decidir si iniciar las operaciones de reducción o disuasión. En otros ejemplos, la señal puede incluir un mensaje que incluye una recomendación con los detalles sobre el criterio. En estas
 40 situaciones, el operador aún puede decidir si envía comandos al aerogenerador para ejecutar las operaciones de disuasión y/o reducción. En uno de esos ejemplos, el mensaje puede explicar que un ave está a 600 metros del aerogenerador y se está elevando con la cabeza hacia abajo en el modo de caza, que cumple con la prescripción de reducción. En otro ejemplo, la señal puede incluir un mensaje que explique que un ave se encuentra a 600 metros del aerogenerador y que es un aleteo o vuelo libre unidireccional con la cabeza hacia arriba, lo que se interpreta como un
 45 estado más seguro y no se cumplen las prescripciones de reducción. En cada una de estas situaciones, el operador puede tomar la decisión de tomar medidas adicionales. Pero, en otros ejemplos, las señales pueden enviarse directamente a los aerogeneradores de interés sin que un humano tome una decisión.

[0034] El sistema que se acaba de describir puede emplear medidas disuasorias y puede restringir la operación
 50 de un aerogenerador para mitigar el riesgo para un ave o murciélago de una especie protegida predeterminada. Otras variaciones de tales sistemas pueden configurarse solo para emplear medidas disuasorias como se describió anteriormente y no para restringir el funcionamiento del aerogenerador. Aún otras variaciones de tales sistemas pueden configurarse para reducir el funcionamiento de un aerogenerador como se describió anteriormente, pero no para emplear medidas disuasorias.

55

[0035] Los sensores ópticos 122 empleados en estos sistemas pueden incluir, por ejemplo, una o más cámaras de campo de visión de gran angular (WFOV, del inglés *wide angle field of view*) montadas con campos de visión fijos para la detección de objetos y dos o más cámaras de alta resolución montadas para girar e inclinarse para que puedan
 60 rastrear e identificar un ave o murciélago cuando se acerca o pasa cerca del aerogenerador 100. Las cámaras WFOV pueden disponerse de modo que sus campos de visión combinados proporcionen 360 grados de cobertura en muchas direcciones alrededor del aerogenerador 100. Por lo tanto, los campos combinados pueden incluir una visión esférica alrededor del parque eólico. Las cámaras pueden tener la capacidad de moverse para inclinarse hacia arriba, inclinarse hacia abajo, girar o moverse de otra manera. Se pueden disponer una o más cámaras WFOV adicionales con sus campos de visión orientados hacia arriba para proporcionar, en combinación con las otras cámaras WFOV, una
 65 cobertura sustancialmente hemisférica como se muestra en la figura 1 en el volumen de mitigación (por ejemplo, 120).

Las cámaras de seguimiento pueden disponerse para permitir el seguimiento y la identificación de aves o murciélagos en el campo de visión combinado de las cámaras WFOV.

[0036] Las cámaras WFOV pueden configurarse para capturar imágenes de aves o murciélagos cuyo riesgo deba mitigarse a una distancia mayor que R (definida anteriormente), por ejemplo, a una distancia entre aproximadamente 600 metros y aproximadamente 1000 metros, para proporcionar al menos una imagen de reconocimiento de regiones de baja resolución del ave o murciélago. Las cámaras WFOV pueden reconocer adicionalmente otros objetos voladores y tienen la capacidad de determinar inicialmente si el objeto volador es un animal o un objeto no vivo.

[0037] Las cámaras panorámicas de alta resolución generalmente se configuran para obtener imágenes de las aves o murciélagos detectados a una distancia mayor que R (por ejemplo, entre aproximadamente 600 metros y aproximadamente 1000 metros) con una resolución suficientemente alta para proporcionar información sobre el tamaño, la forma, el color, las características de vuelo y/u otras características por las cuales se puede determinar si el ave o murciélago fotografiado es o no miembro de una especie protegida para la cual se debe mitigar el riesgo. Las cámaras panorámicas de alta resolución pueden disponerse (por ejemplo, en pares) con campos de visión superpuestos para proporcionar imágenes estereoscópicas de las aves o los murciélagos desde las cuales se puede determinar la distancia al ave o al murciélago y su velocidad y dirección de movimiento (velocidad). Si bien estos ejemplos se han descrito con distancias de detección específicas, cualquier distancia de detección apropiada se puede usar según los principios descritos en esta descripción. Por ejemplo, los sensores de imágenes opcionales WFOV, las cámaras de alta resolución o las cámaras de baja resolución pueden capturar imágenes de los objetos en el aire a distancias superiores a 1000 metros. En algunos ejemplos, la cámara de alta resolución puede capturar imágenes de objetos en el aire a distancias entre 1000 y 10000 metros.

[0038] Se puede emplear cualquier cámara adecuada u otros sensores de imágenes ópticas 122 para los sensores de imágenes ópticas WFOV y los sensores de imágenes ópticas panorámicas. En algunos casos, los sensores de imágenes ópticas pueden generar imágenes a partir de la luz visible, pero los sensores de imágenes ópticas pueden configurarse adicionalmente y/o alternativamente para obtener imágenes de aves o murciélagos en longitudes de onda infrarrojas para proporcionar imágenes por la noche.

[0039] En algunas variaciones, un sensor óptico 122 incluye una o más cámaras WFOV dispuestas para proporcionar una detección visual de reconocimiento de regiones o de objetos general y dos o más cámaras de alta resolución dispuestas para proporcionar imágenes estereoscópicas desde campos de visión superpuestos para rastrear aves o murciélagos que vuelen en el campo de visión de las cámaras WFOV. Se pueden implementar dos o más de estos módulos en o alrededor de un aerogenerador para proporcionar la cobertura de 360 grados descrita anteriormente.

[0040] La instrumentación meteorológica 126 puede medir las condiciones climáticas para predecir y/o identificar el ave o murciélago o el comportamiento de la criatura. Los instrumentos meteorológicos 126 pueden incluir al menos uno de entre un barómetro, nefobasímetro, detector de humedad, sensor de lluvia y precipitación, sensor de visibilidad, sensor de viento, sensor de temperatura y similares. Las condiciones ambientales y climáticas específicas pueden determinar el comportamiento animal. Por ejemplo, la velocidad del viento y las condiciones de temperatura pueden afectar al comportamiento de alimentación de los murciélagos. La instrumentación meteorológica 126 también puede recopilar información estacional.

[0041] Se puede usar cualquier controlador adecuado 123 para controlar la mitigación del riesgo para aves y/o murciélagos del aerogenerador. El controlador 123 puede incluir, por ejemplo, un procesador y memoria asociada y puertos de entrada/salida o receptores y transmisores inalámbricos que se comunican con el aerogenerador 100, los sensores ópticos 122, los instrumentos meteorológicos 126 y el sistema de disuasión 124. El controlador 123 puede implementarse con un ordenador programable. El sistema puede incluir un controlador separado para cada aerogenerador. Alternativamente, un solo controlador 123 puede controlar la mitigación de riesgos para dos o más aerogeneradores. Un controlador 123 puede ubicarse en un aerogenerador o en cualquier otro lugar adecuado. Un controlador 123 puede comunicarse con sus sensores ópticos asociados 122 y el aerogenerador 100 (o aerogeneradores) de forma inalámbrica, o mediante un cable óptico o eléctrico, por ejemplo. El controlador 123 puede aprovechar adicionalmente un sistema de fibra asociado con la torre eólica 110 y el parque eólico.

[0042] El controlador 123 puede implementar un algoritmo donde reciba imágenes de la cámara o cámaras WFOV en las que detecte un ave o murciélago a una distancia mayor que R de un aerogenerador 100. El controlador 123 controla entonces la una o más cámaras de seguimiento de alta resolución (p. ej., panorámica/inclinación) para rastrear el ave o el murciélago y recoger y analizar imágenes de alta resolución desde las cuales el controlador 123 determina la distancia al ave o al murciélago, su velocidad y dirección de desplazamiento, y su altura sobre el nivel del suelo. El controlador 123 también puede determinar, a partir de las imágenes de alta resolución, si el ave o el murciélago es o no de una especie protegida cuyo riesgo deba mitigarse (por ejemplo, si es un águila real o un águila calva).

El controlador 123 puede hacer la determinación en función del color, la forma, el tamaño (por ejemplo, la envergadura de las alas), las características del vuelo (por ejemplo, la velocidad, el movimiento del ala y/o la frecuencia de batido de las alas) y/o cualquier otra característica adecuada del ave o el murciélago. Si el ave o el murciélago es miembro de una especie protegida cuyo riesgo deba mitigarse y se acerca peligrosamente cerca del aerogenerador 100 o es probable que se acerque peligrosamente cerca del aerogenerador 100, el controlador 123 le indica al aerogenerador 100 que restrinja la operación y/o indica a un sistema de disuasión 124 que despliegue una medida disuasoria como se describió anteriormente. Si el funcionamiento del aerogenerador 100 se ve restringido, después de reducir la actividad del aerogenerador 100, el controlador 123 puede seguir rastreando al ave o al murciélago con una o más cámaras de alta resolución de rastreo a través de los sensores ópticos 122 y recoger y analizar imágenes del ave o murciélago de una o más cámaras WFOV y de una o más cámaras de alta resolución de seguimiento hasta que el aerogenerador 100 ya no suponga un riesgo para ave o el murciélago. Por ejemplo, hasta que el ave o el murciélago esté lo suficientemente lejos del aerogenerador 100 (por ejemplo, >R) y se aleje del aerogenerador 100. Cuando el ave o el murciélago ya no esté en riesgo, el controlador 123 le indica al aerogenerador 100 que reanude la operación normal.

15 **[0043]** El controlador 123 puede recibir adicionalmente información de los instrumentos meteorológicos 126 para ayudar a determinar el comportamiento del ave o murciélago. Los tipos de condiciones climáticas recopiladas por la instrumentación meteorológica 126 pueden proporcionar información adicional al controlador 123 para determinar si el ave o el murciélago toma medidas para evitarlo. La velocidad del viento y las condiciones de temperatura pueden ser determinantes para el comportamiento de alimentación de los murciélagos. La información estacional puede ser indicativa de comportamiento migratorio. Otros factores también pueden ser indicativos de un comportamiento migratorio, como la naturaleza del vuelo del objeto en el aire, los patrones de vuelo, otros factores o combinaciones de los mismos.

25 **[0044]** El controlador 123 puede usar la información adicional para hacer inferencias sobre el comportamiento del ave o murciélago. Por ejemplo, un ave o murciélago cazador puede estar en mayor riesgo de colisión con una torre eólica 110. El comportamiento de caza puede hacer que la criatura no note la torre eólica 110 y puede crear un mayor riesgo. El controlador 123 puede iniciar el sistema de reducción y disuasión 124 antes si se detecta un comportamiento de caza. Alternativamente, si el controlador 123 determina que el ave o el murciélago presenta un patrón migratorio o de viaje, el controlador 123 puede retrasar la reducción y la disuasión. La criatura migratoria y/o viajera puede tener más probabilidades de notar la torre eólica 110 y, naturalmente, evitar la estructura. Los comportamientos del ave pueden clasificarse para ayudar a determinar si las aves están demostrando comportamiento de caza, comportamiento migratorio, otros tipos de comportamiento o combinaciones de los mismos. Los ejemplos de categorías de comportamiento pueden incluir posarse, elevarse, aletear, alinearse, elevarse en círculos, flotar, tirarse en picado, vuelo libre, aleteo o vuelo libre unidireccional, planear, inclinarse o tirarse en picado a por una presa, inclinarse o tirarse en picado en un contexto agonista con otras águilas u otras especies de aves, vuelo ondulante/territorial, otro tipo de comportamiento o combinaciones de los mismos. El comportamiento y la actividad prevalentes durante intervalos predeterminados (por ejemplo, intervalos de un minuto) pueden registrarse como parte de un protocolo de recopilación de información. Como el comportamiento del ave se sigue durante un período de tiempo predeterminado, se puede predecir el tipo de comportamiento del ave.

[0045] El sistema de disuasión 124 puede desplegar elementos de disuasión de aves y/o murciélagos. En algunos ejemplos, los elementos de disuasión incluyen luces y/o sonidos intermitentes.

45 **[0046]** En una variación de los sistemas y procedimientos que se acaban de describir, las cámaras WFOV pueden detectar y obtener imágenes de aves que pueden ser águilas reales o águilas calvas a una distancia de aproximadamente 1000 metros o más del aerogenerador 100. Después de o al detectar el ave con las cámaras WFOV, una o más cámaras de seguimiento de alta resolución pueden comenzar a rastrear el ave a una distancia de aproximadamente 800 metros o más del aerogenerador 100. En base a las imágenes del WFOV y las cámaras de seguimiento, el controlador 123 determina si se debe reducir o no el funcionamiento del aerogenerador 100 y/o si se deben implementar medidas disuasorias, y en consecuencia se lo indica al aerogenerador 100 y/o al sistema de disuasión 124 antes de que el ave se acerque a menos de unos 600 metros del aerogenerador 100.

[0047] Con los sistemas y procedimientos de la presente descripción, los aerogeneradores en un parque eólico pueden reducirse individualmente y a continuación volver a la operación normal cuando un ave o murciélago protegido para el cual el riesgo deba mitigarse pase dentro y fuera de los volúmenes individuales de mitigación del aerogenerador. Por ejemplo, el parque eólico 128 representado en la figura 3 incluye aerogeneradores 100a-100e, cada uno con un volumen de mitigación correspondiente 120a-120e. A medida que el ave 10 (para este ejemplo, un águila real) vuela a través del parque eólico, el ave 10 puede acercarse inicialmente al aerogenerador 100b. Antes de que el ave 10 entre en el volumen de mitigación 120b, el ave 10 se identifica como un águila real y se le indica al aerogenerador 100b que reduzca la operación. A medida que el águila real sale del volumen 120b hacia el aerogenerador 100d, se le indica al aerogenerador 100b que reanude el funcionamiento normal. La operación del aerogenerador 100d se reduce de manera similar y luego se restablece a la normalidad después de que el riesgo para el águila real haya pasado. La operación de los aerogeneradores 100a, 100c y 100e no se ve afectada por el paso del águila real.

[0048] Los sistemas montados en la torre eólica 110 pueden requerir una fuente de electricidad para funcionar. Por ejemplo, el sistema de disuasión 124, el controlador 123, los sensores ópticos 122 y los instrumentos meteorológicos 126 pueden montarse todos en la torre eólica 110. Los sistemas pueden requerir electricidad para funcionar correctamente. La electricidad puede suministrarse de múltiples maneras. Los sistemas pueden aprovechar la propia torre eólica 110 y extraer la electricidad generada por la torre eólica 110. Los sistemas pueden conectarse a una red eléctrica que puede proporcionar una fuente de energía continua. Los sistemas también pueden alimentarse por energía solar. La torre eólica 110 puede equiparse con paneles solares que pueden alimentar los sistemas o los paneles solares pueden montarse en una ubicación cercana y pueden conectarse a los sistemas para proporcionar energía. Además, y/o alternativamente, los sistemas pueden funcionar con baterías. Por ejemplo, los sistemas pueden funcionar con un sistema de alimentación independiente, como una pila de combustible o una función de batería similar. En otra realización, los sistemas pueden extraer una fuente primaria de electricidad de una de las fuentes mencionadas en la presente invención y pueden extraer electricidad de reserva de una batería. La batería puede alimentarse por paneles solares, la torre eólica y similares, y puede almacenar el exceso de energía para que los sistemas lo usen cuando una fuente principal de energía sea inadecuada o no funcione. La batería puede ubicarse directamente en la torre eólica 110 o puede ubicarse en una ubicación cercana y conectarse a los sistemas según corresponda. En otros ejemplos, el sistema puede alimentarse por un pequeño generador eólico, la red, un generador de pila de combustible, otro tipo de generador, baterías, otro tipo de fuente de energía o combinaciones de los mismos.

[0049] Aunque en el ejemplo de la figura 3, los diámetros de los volúmenes de mitigación se muestran como menores que la separación entre aerogeneradores, este no tiene por qué ser el caso. Los volúmenes de mitigación de distintos aerogeneradores en un parque eólico pueden superponerse.

[0050] Con referencia ahora a la figura 4 y la figura 5, algunas variaciones de los procedimientos y sistemas que se acaban de describir emplean dos o más módulos de sensores de imagen óptica 125 unidos a una torre eólica 110 a una altura H sobre el nivel del suelo. La altura H puede estar comprendida, por ejemplo, entre aproximadamente 5 metros y aproximadamente 30 metros. En algunos ejemplos, la altura H es de unos 10 metros. Los módulos de sensores de imágenes ópticas 125 se disponen alrededor de la torre eólica 110 para proporcionar un campo de visión de 360 grados medido en un plano horizontal perpendicular a la torre 110. El campo de visión también puede incluir un componente vertical para que la cámara también detecte los objetos en el aire ubicados más altos o más bajos que las cámaras. En estos ejemplos, las cámaras pueden ubicarse a distintas alturas o tener la capacidad de inclinarse hacia arriba o hacia abajo. (Las flechas que se muestran que emanan de los módulos de sensores de imágenes ópticas 125 indican esquemáticamente una parte de sus campos de visión paralelos a la torre 110). El ejemplo ilustrado emplea cuatro de tales módulos de sensores de imágenes ópticas 125 dispuestos alrededor de la torre 110 con una separación de aproximadamente 90 grados entre los módulos. También se puede usar cualquier otro número adecuado y espaciado de tales módulos de sensores ópticos 125.

[0051] Cada módulo de sensor de imagen óptica 125 puede incluir una cámara WFOV y dos cámaras de seguimiento de alta resolución dispuestas con campos de visión superpuestos para proporcionar imágenes estereoscópicas y para rastrear aves o murciélagos que vuelan en el campo de visión de la cámara WFOV.

[0052] Como se muestra en la figura 4 y la figura 6, un módulo adicional de sensor de imágenes ópticas 130 puede ubicarse en la parte superior del aerogenerador 100 (por ejemplo, unida a la parte superior de la góndola 115) con cámaras orientadas generalmente hacia arriba para proporcionar cobertura visual directamente sobre el aerogenerador 100. El módulo de sensor de imagen óptica 130 puede ser idéntico a los módulos de sensores de imagen óptica 125. Alternativamente, el módulo de sensor de imagen óptica 130 puede diferir de los módulos 125, por ejemplo, el módulo de sensor de imagen óptica 130 puede incluir cámaras WFOV adicionales. También se puede usar cualquier otra disposición adecuada de módulos de sensores de imágenes ópticas 125, 130.

[0053] Los sistemas y procedimientos automatizados adicionales pueden emplear tecnología de imagen óptica similar a la descrita anteriormente para realizar encuestas de población de aves y/o murciélagos antes o después de la construcción de un aerogenerador o parque eólico. Tales encuestas automatizadas pueden determinar, por ejemplo, las poblaciones u observaciones de la presencia y movimientos de especies particulares protegidas de aves y/o murciélagos (por ejemplo, águilas calvas y/o águilas reales) en un área donde se haya construido o se vaya a construir un parque eólico. La decisión de construir o no un parque eólico puede basarse o parcialmente en los resultados de una encuesta automatizada de este tipo. Del mismo modo, una decisión sobre si instalar o no un sistema de mitigación de riesgos en un parque eólico propuesto o existente, como los descritos anteriormente, por ejemplo, puede basarse o basarse parcialmente en una encuesta automatizada de este tipo. Dichos sistemas y procedimientos pueden emplearse para parques eólicos terrestres y/o en alta mar.

[0054] Tal sistema automatizado de inspección de aves y/o murciélagos puede incluir, por ejemplo, una o más cámaras WFOV como se describió anteriormente, y dos o más cámaras de seguimiento de alta resolución dispuestas como se describió anteriormente para rastrear aves o murciélagos en el campo de visión de la una o más cámaras WFOV. Por ejemplo, el sistema puede incluir uno o más módulos de sensores ópticos 125 como se describe anteriormente. El sistema también puede comprender un controlador, por ejemplo, similar al controlador 123 descrito

- anteriormente, en comunicación con las cámaras. El controlador puede implementar un algoritmo donde reciba imágenes de la cámara o cámaras WFOV en las que detecte un ave o murciélago. El controlador puede entonces controlar una o más cámaras de seguimiento de alta resolución (p. ej., panorámica/inclinación) para rastrear el ave o el murciélago y recoger y analizar imágenes de alta resolución a partir de las cuales el controlador determina si el ave
- 5 o el murciélago son o no de una especie particular de interés (p. ej., una especie protegida para la cual se deba mitigar el riesgo). El controlador puede hacer esta determinación en función de, por ejemplo, el color, la forma, el tamaño (por ejemplo, la envergadura de las alas), las características del vuelo (por ejemplo, la velocidad, el movimiento del ala y/o la frecuencia de batido de las alas) y/o cualquier otra característica adecuada del ave o el murciélago. Por ejemplo, el controlador puede determinar si un ave detectada es un águila real o un águila calva. Si el ave o murciélago detectado
- 10 es miembro de la especie de interés, el controlador puede, por ejemplo, grabar imágenes e información sobre el ave o murciélago detectado en un disco duro o en otro medio de memoria, o transmitir dichas imágenes y/o información a otro dispositivo para el almacenamiento. El controlador puede, por ejemplo, contar el número de casos en que se detectan aves o murciélagos de la especie particular de interés.
- 15 **[0055]** Esta descripción es ilustrativa y no limitante. Las modificaciones adicionales serán evidentes para un experto en la materia a la luz de esta descripción y pretenden caer dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema automatizado para mitigar el riesgo derivado de un aerogenerador (100), donde el sistema automatizado comprende:
 - 5 una pluralidad de sensores de imágenes ópticas (125); y un controlador (123) configurado para recibir y analizar imágenes de los sensores de imágenes ópticas para enviar una primera señal para reducir el funcionamiento del aerogenerador a un nivel predeterminado de mitigación de riesgos, cuando el controlador determina a partir de las imágenes recibidas desde los sensores de imágenes ópticas que el animal (10) es de una especie predeterminada y está en riesgo por el aerogenerador;
 - 10 donde el controlador (123) se configura además para enviar automáticamente una segunda señal para reanudar el funcionamiento normal del aerogenerador (100) cuando el controlador determine a partir de imágenes adicionales de los sensores de imágenes ópticas (125) que hay un nivel reducido de riesgo derivado del aerogenerador para el animal aéreo (10); y
 - 15 donde el controlador se configura además para determinar si el animal aéreo es un miembro de la especie predeterminada antes de que el animal aéreo esté más cerca del aerogenerador que una distancia que la especie predeterminada vuela a una velocidad característica del animal aéreo en un tiempo necesario para reducir la operación del aerogenerador al nivel predeterminado de mitigación de riesgos.
 - 20 2. El sistema automatizado de la reivindicación 1, donde la velocidad característica de las especies predeterminadas es una velocidad de vuelo horizontal promedio de las especies predeterminadas.
 3. El sistema automatizado de la reivindicación 1, donde la velocidad característica de las especies predeterminadas es una velocidad de vuelo horizontal máxima de las especies predeterminadas.
 - 25 4. El sistema automatizado de la reivindicación 1, donde el controlador (123) se configura para determinar las especies predeterminadas antes de que el animal aéreo (10) se acerque a menos de 600 metros del aerogenerador (100).
 - 30 5. El sistema automatizado de la reivindicación 4, donde el controlador (123) se configura para detectar el animal aéreo (10) a una distancia del aerogenerador (100) mayor que 800 metros y donde el controlador determina posteriormente que el animal aéreo es de la especie predeterminada.
 6. El sistema automatizado de la reivindicación 4, donde la pluralidad de sensores de imágenes ópticas
 - 35 (125) se dispone con campos de visión superpuestos y con un campo de visión combinado que ocupa visualmente 360 grados alrededor del aerogenerador (100).
 7. El sistema automatizado de la reivindicación 1, donde la pluralidad de sensores de imágenes ópticas (125) se dispone con un campo de visión combinado de 360 grados alrededor del aerogenerador (100).
 - 40 8. El sistema automatizado de la reivindicación 1, donde la pluralidad de sensores de imágenes ópticas (125) se dispone con campos de visión superpuestos.
 9. El sistema automatizado de la reivindicación 1, donde al menos algunos de los sensores de imágenes
 - 45 ópticas (125) se unen a una torre eólica (110) que soporta al aerogenerador (100).
 10. El sistema automatizado de la reivindicación 1, donde uno o más de los sensores de imágenes ópticas (125) se disponen con un campo de visión directamente encima del aerogenerador (100).
 - 50 11. El sistema automatizado de la reivindicación 1, donde:
 - el controlador (123) se configura para determinar si el animal aéreo (10) es un miembro de la especie predeterminada antes de que el animal aéreo se acerque al aerogenerador (100) a menos de una distancia que la especie predeterminada vuela a una velocidad promedio de la especie predeterminada en un tiempo necesario
 - 55 para reducir la operación del aerogenerador al nivel predeterminado de mitigación de riesgos;
 - y
 - la pluralidad de sensores de imágenes ópticas (125) se dispone con campos de visión superpuestos y con un campo de visión combinado de 360 grados alrededor del aerogenerador.
 - 60 12. El sistema automatizado de la reivindicación 11, donde al menos uno de los sensores de imágenes ópticas (125) se dispone con un campo de visión directamente encima del aerogenerador (100).
 13. El sistema automatizado de la reivindicación 1 que comprende un sistema de disuasión (124), donde el controlador (123) se configura para enviar automáticamente una señal al sistema de disuasión para desplegar
 - 65 elemento disuasorio si el controlador determina a partir de imágenes de los sensores de imágenes ópticas (125) que

el animal aéreo (10) de la especie predeterminada se acerca al aerogenerador (100).

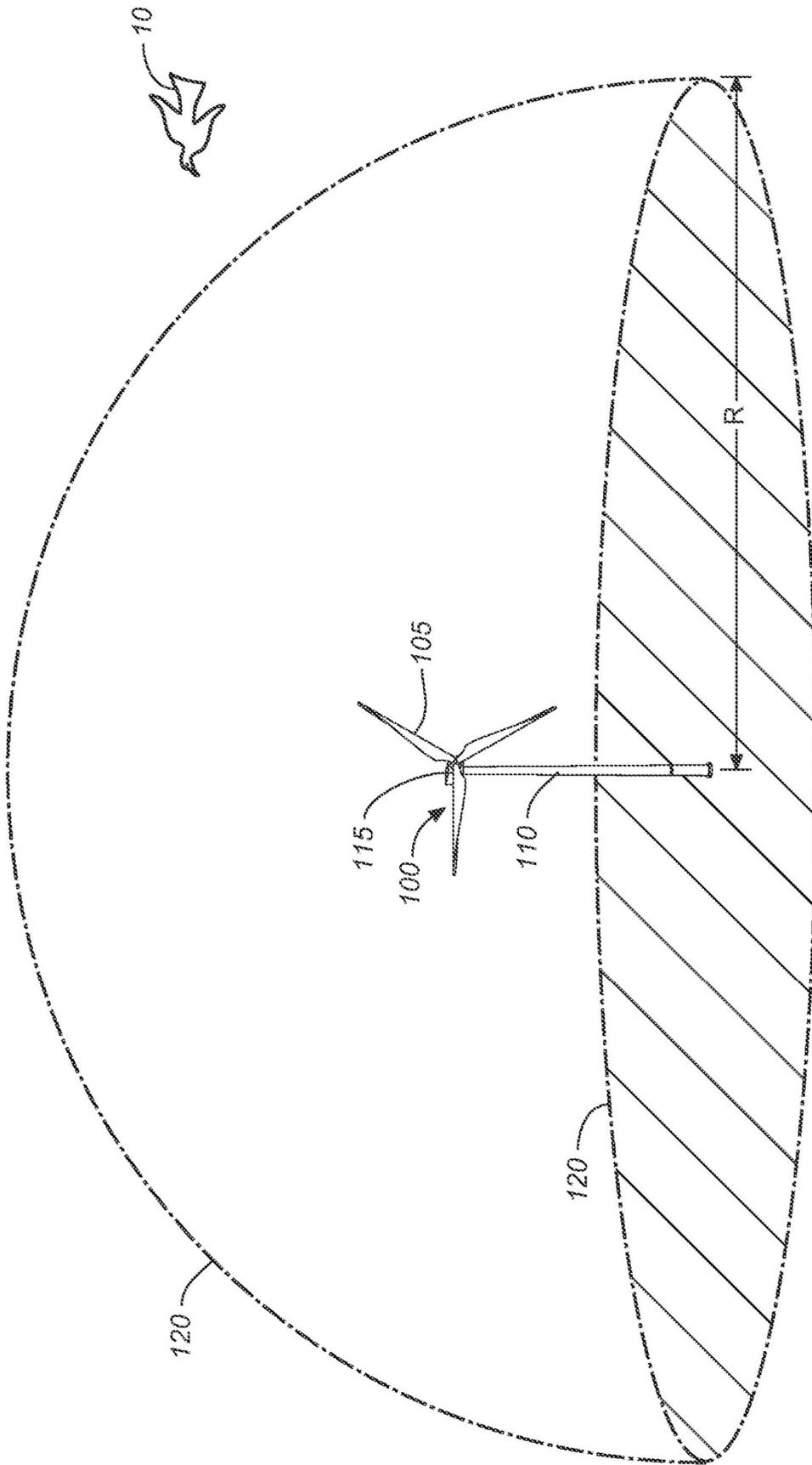
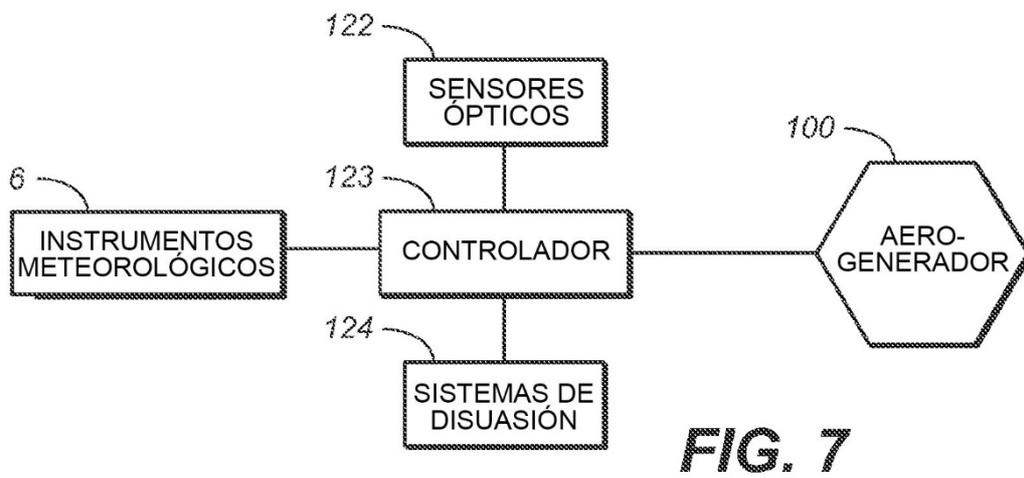
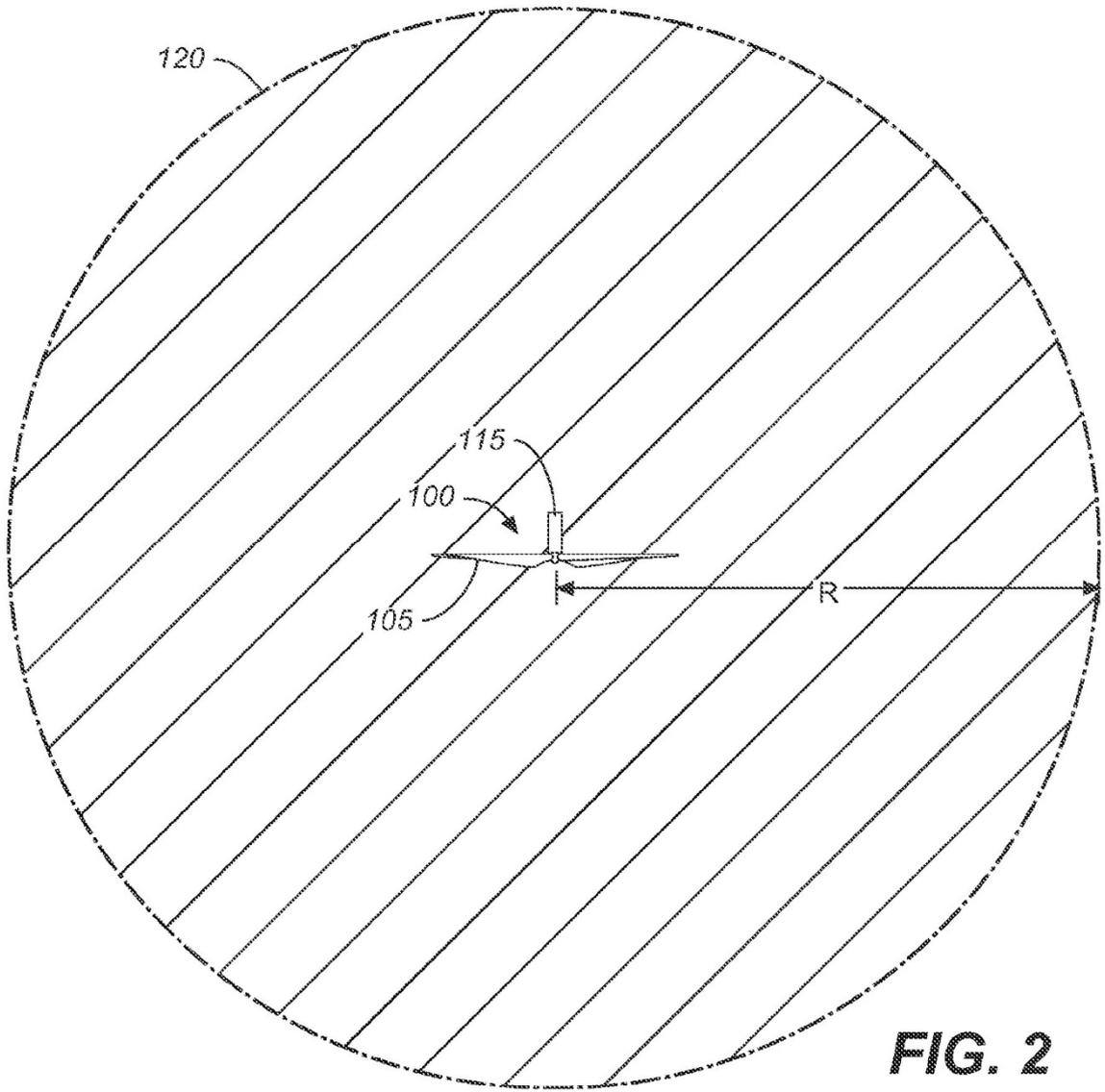


FIG. 1



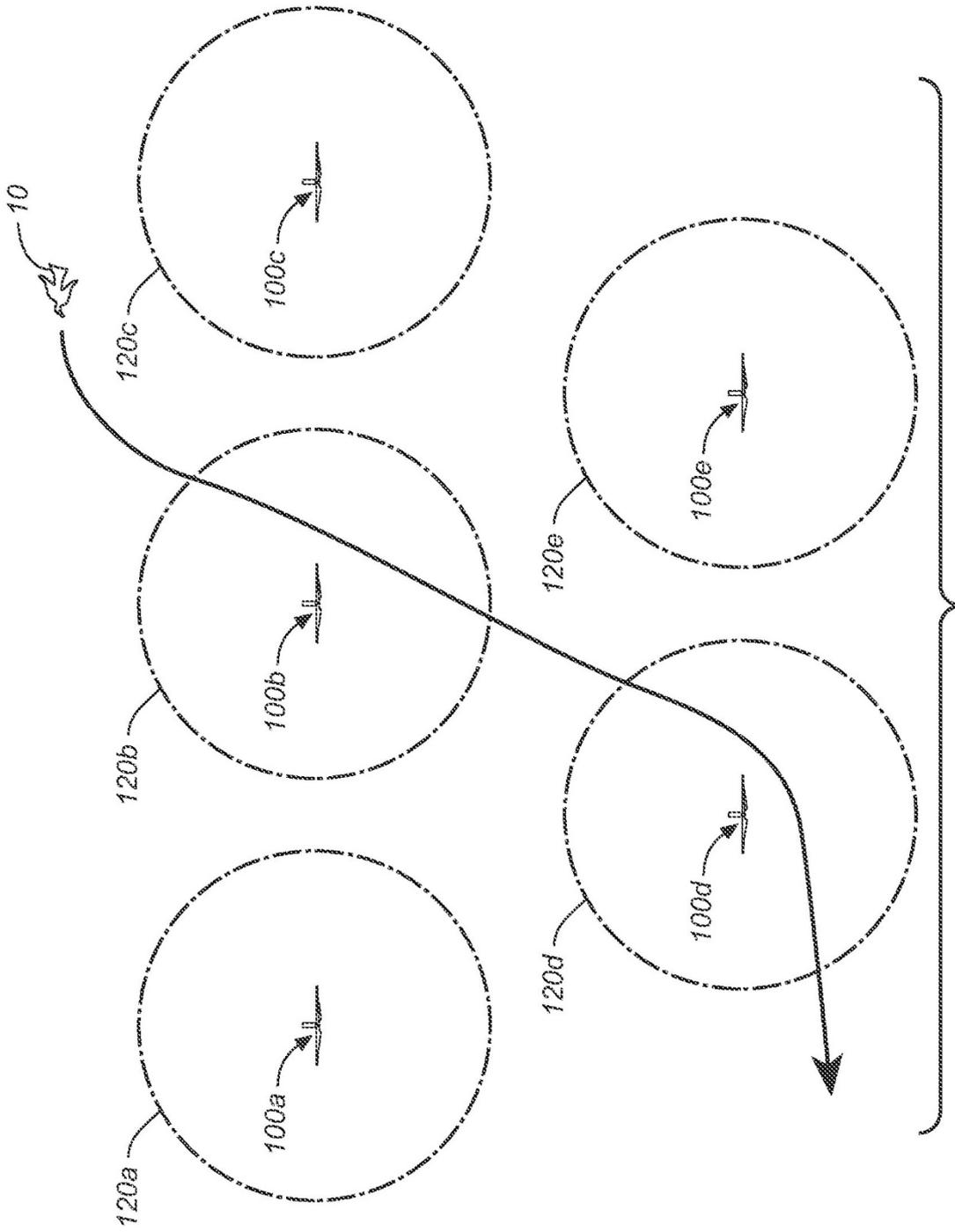


FIG. 3

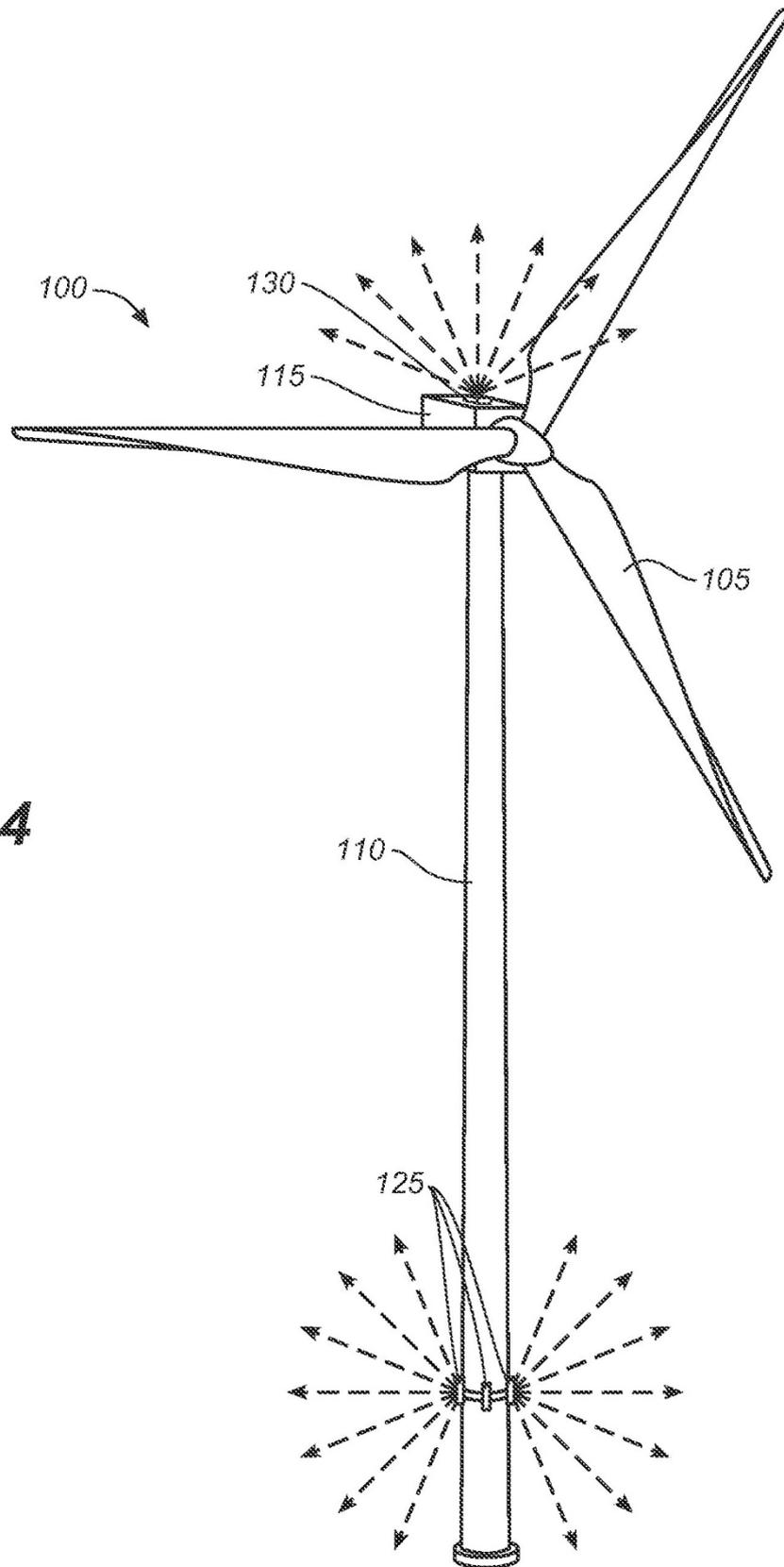


FIG. 4

FIG. 5

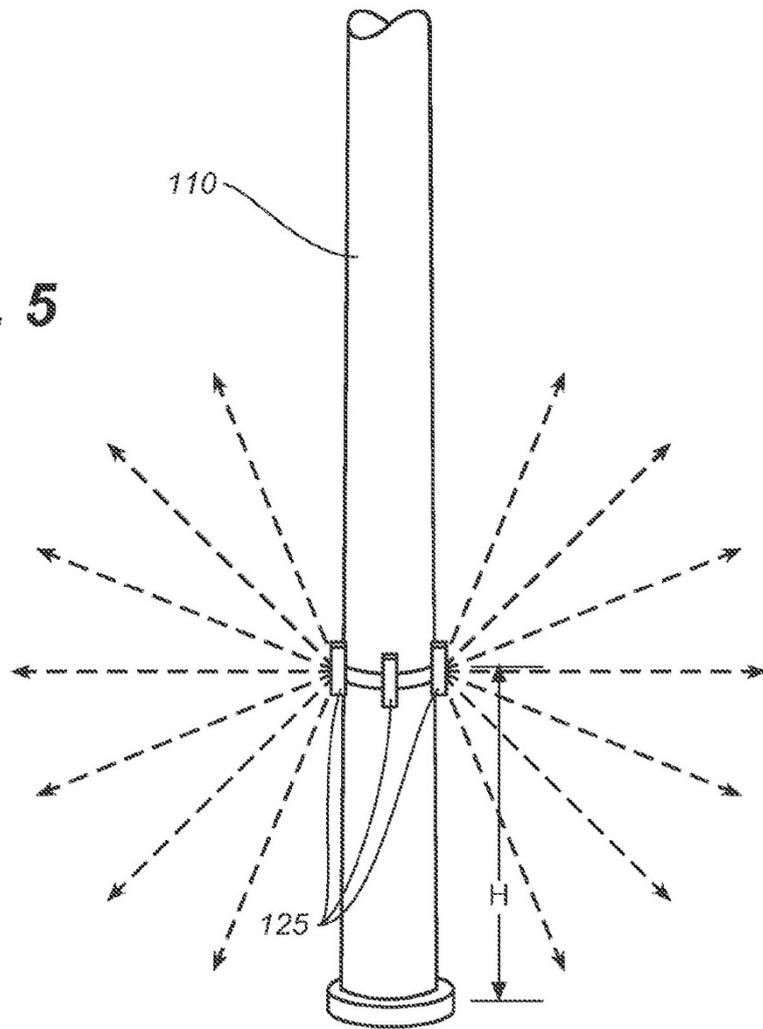


FIG. 6

