

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 546 977**

51 Int. Cl.:

F03D 11/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.11.2010** **E 10192328 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.08.2015** **EP 2333329**

54 Título: **Sistema, dispositivo y procedimiento de monitorización acústica y visual de una turbina eólica**

30 Prioridad:

09.12.2009 US 634435

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.09.2015

73 Titular/es:

GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)
1 River Road
Schenectady, NY 12345, US

72 Inventor/es:

KERBER, LUTZ y
DOORENSPLEET, FLORIAN

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 546 977 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema, dispositivo y procedimiento de monitorización acústica y visual de una turbina eólica

El objeto descrito en el presente documento se refiere, en general, a la monitorización de una turbina eólica y, más en particular, a la monitorización de una turbina eólica utilizando datos acústicos y/o visuales.

5 Un parque eólico incluye una o más turbinas eólicas que utilizan energía eólica para generar o producir energía eléctrica. Las turbinas eólicas normalmente están sujetas a daños operativos por parte de elementos ambientales, tales como el corte del viento, temperaturas extremas, formación de hielo, olas oceánicas, otros elementos externos, la fricción interna, y el desgaste mecánico general. Los daños operativos pueden causar finalmente un rendimiento subóptimo, ya sea temporalmente (por ejemplo, formación de hielo en las palas del rotor) o indefinidamente (por ejemplo, daños estructurales en una pala del rotor).

10 Al menos algunos procedimientos de monitorización de turbinas eólicas detectan los daños operativos de manera indirecta mediante la detección de síntomas, tales como una disminución de la salida de energía y/o la inoperatividad de una turbina eólica. Adicionalmente, dado que existen muchas causas potenciales para tales síntomas, determinar la causa principal de un síntoma requiere la inspección manual por parte de un técnico de mantenimiento, lo que supone un retraso y un gasto no deseados antes de poder afrontar la causa principal. Un sistema y un procedimiento convencionales se describen, por ejemplo, en el documento US 6.966.754.

Diversos aspectos y realizaciones de la presente invención quedan definidos por las reivindicaciones adjuntas.

A continuación se describirán diversos aspectos y realizaciones de la presente invención en conexión con los dibujos adjuntos, en los cuales.

20 La Figura 1 es una vista en perspectiva de una turbina eólica ejemplar.

La Figura 2 es una vista en perspectiva de un dispositivo de monitorización ejemplar acoplado de manera fija a la turbina eólica mostrada en la Fig. 1.

La Figura 3 es una vista en perspectiva de un dispositivo de monitorización ejemplar acoplado de manera desmontable a la turbina eólica mostrada en la Fig. 1.

25 La Figura 4 es una vista en perspectiva de un dispositivo de monitorización ejemplar posicionado dentro de una carcasa de protección.

La Figura 5 es un diagrama de bloques que ilustra un sistema ejemplar para monitorizar la turbina eólica mostrada en la Fig. 1.

30 La Figura 6 es un diagrama de bloques que ilustra un dispositivo informático de usuario ejemplar para su uso con el sistema mostrado en la Fig. 5.

La Figura 7 es un diagrama de bloques que ilustra un dispositivo informático de servidor ejemplar para su uso con el sistema mostrado en la Fig. 5.

La Figura 8 es un diagrama de bloques que ilustra un controlador de monitorización ejemplar para su uso con el sistema mostrado en la Fig. 5.

35 La Figura 9 es un diagrama de bloques que ilustra un controlador combinado ejemplar para su uso con el sistema mostrado en la Fig. 5.

Las Figs. 10 y 11 son un diagrama de flujo de un procedimiento ejemplar para monitorizar una turbina eólica.

40 Las realizaciones descritas en el presente documento facilitan la monitorización de una condición operativa de una turbina eólica en base a una o más señales de audio y/o de imagen de un dispositivo de monitorización. En una realización, se generan datos de base a partir de una primera señal o señales en un momento en el que la turbina eólica está funcionando en un estado normal. Estas señales pueden denominarse señales "de prueba". A continuación, se generan datos operativos a partir de una segunda señal o señales y se comparan con los datos de base. Puede determinarse una desviación entre los datos de base y los datos operativos.

45 Un efecto técnico ejemplar de los procedimientos, sistema y aparato descritos en el presente documento incluye al menos uno de: (a) calcular, mediante un dispositivo informático, unos datos de base en función de una o más primeras señales de monitorización; (b) recibir, desde el dispositivo de monitorización, una segunda señal de monitorización; (c) calcular, mediante el dispositivo informático, unos datos operativos en base a la segunda señal de monitorización; (d) determinar una condición operativa de la turbina eólica mediante la comparación de los datos operativos con los datos de base, y (e), transmitir la condición operativa a un dispositivo remoto.

50

La Fig. 1 es una vista en perspectiva de una turbina 100 eólica ejemplar. La turbina 100 eólica incluye una góndola 102 que aloja un generador (no mostrado en la Fig. 1). La góndola 102 está montada sobre una torre 104 (en la Fig. 1 sólo se muestra una porción de la torre 104). La torre 104 puede una altura adecuada que facilite el funcionamiento de la turbina 100 eólica, según lo descrito en el presente documento. En la realización ejemplar, la

5 turbina 100 eólica también incluye un rotor 106 que incluye tres palas de rotor 108 acopladas a un buje giratorio 110. Como alternativa, la turbina eólica puede incluir cualquier número de palas de rotor 108 que permita el funcionamiento de la turbina 100 eólica. En la realización ejemplar, la turbina 100 eólica incluye una caja de engranajes (no mostrada) que está acoplada de manera giratoria al rotor 106 y al generador.

La Fig. 2 es una vista en perspectiva de un dispositivo 200 de monitorización ejemplar acoplado de manera fija a la

10 turbina 100 eólica. El dispositivo 200 de monitorización está configurado para proporcionar una señal de monitorización que incluya una señal de audio y/o de imagen. El dispositivo 200 de monitorización incluye, por ejemplo, un micrófono, una cámara de imagen fija, una videocámara, y/o una webcam. En una realización ejemplar, el dispositivo 200 de monitorización está situado encima de la góndola 102. Sin embargo, el dispositivo 200 de monitorización puede estar situado en cualquier localización de la turbina 100 eólica que permita el funcionamiento

15 descrito en el presente documento.

En algunas realizaciones, el dispositivo 200 de monitorización proporciona una señal de imagen. Por ejemplo, el dispositivo 200 de monitorización puede proporcionar una imagen fija (por ejemplo, por petición), una serie de imágenes fijas, y/o un flujo de video continuo.

El dispositivo 200 de monitorización puede ser direccional u omnidireccional. Por ejemplo, un micrófono direccional

20 tiene un patrón polar que hace que el micrófono sea más sensible a las ondas de sonido procedentes de una dirección que a las ondas de sonido procedentes de otra dirección, mientras que un micrófono omnidireccional es sustancialmente igual de sensible a las ondas de sonido procedentes de todas las direcciones. De manera similar, una cámara puede estar configurada para capturar una imagen sólo en la dirección en la que la lente está dirigida.

En algunas realizaciones, el dispositivo 200 de monitorización está configurado para monitorizar una o más palas de rotor 108. En una realización ejemplar, el dispositivo 200 de monitorización es un dispositivo de monitorización

25 direccional 200 y está orientado en paralelo a un eje lateral 205 de la góndola 102. El dispositivo 200 de monitorización puede monitorizar una pala 108 de rotor, por ejemplo, a medida que la pala 108 de rotor está aproximadamente paralela al eje lateral 205. Adicionalmente, una pala 108 de rotor puede detenerse en una posición predeterminada cada vez que el dispositivo 200 de monitorización transmita una señal de monitorización para una pala 108 de rotor, para facilitar la comparación de señales de monitorización transmitidas en momentos diferentes.

En algunas realizaciones, la turbina 100 eólica incluye uno o más sensores 210. Los sensores 210 detectan parámetros operativos de la turbina eólica. Por ejemplo, el/los sensor/es 210 puede/n incluir un sensor de velocidad del viento y/o de dirección (por ejemplo, un anemómetro), un sensor de la temperatura ambiente del aire, un sensor

35 de la densidad del aire, un sensor de la presión atmosférica, un sensor de la humedad, un sensor de salida de energía, un sensor de paso de las palas, un sensor de la velocidad de la turbina, un sensor de la relación de transmisión, y/o cualquier sensor adecuado para su uso con la turbina 100 eólica. Cada sensor 210 está situado de acuerdo con su función. Por ejemplo, la Fig. 2 muestra un anemómetro 212 posicionado en una superficie exterior de la góndola 102, de modo que el anemómetro 212 esté expuesto al aire circundante a la turbina 100 eólica. Cada sensor 210 genera y transmite una señal correspondiente a su función. Por ejemplo, el anemómetro 212 transmite una señal que indica una velocidad del viento y/o una dirección del viento.

La Fig. 3 es una vista en perspectiva de un dispositivo 200 de monitorización acoplado de manera móvil a la turbina 100 eólica. En una realización ejemplar, la góndola 102 incluye un mecanismo 215 de traslación. El buje giratorio 110 gira sobre un eje de rotación 220, y el mecanismo 215 de traslación define un eje de traslación 225

45 sustancialmente paralelo al eje de rotación 220. El mecanismo 215 de traslación incluye, sin limitación, una guía de deslizamiento, un carril, un cable, una o más ruedas, y/o un servomecanismo. La Fig. 3 muestra el mecanismo 215 de traslación como una guía de deslizamiento 230. El dispositivo 200 de monitorización está acoplado de manera trasladable a la guía de deslizamiento 230 de modo que el dispositivo 200 de monitorización pueda moverse a lo largo del eje de traslación 225. El dispositivo 200 de monitorización puede estar acoplado de manera trasladable a la

50 guía de deslizamiento 230 a través de una o más ruedas, engranajes y dientes, clips, cables, y/o cualquier otro dispositivo adecuado para desplazar el dispositivo 200 de monitorización con respecto a la góndola 102. En algunas realizaciones, el dispositivo 200 de monitorización incluye al menos una porción del mecanismo 215 de traslación.

La realización ejemplar facilita la monitorización de una pala 108 de rotor desde múltiples perspectivas. Por ejemplo, si el dispositivo 200 de monitorización incluye una cámara, pueden proporcionarse una pluralidad de imágenes fijas

55 bidimensionales de una pala 108 de rotor. Cada imagen en esta realización corresponde con una posición predeterminada a lo largo del eje de traslación 225. Las imágenes en dos dimensiones pueden combinarse en una imagen en tres dimensiones de la pala 108 de rotor.

La Fig. 4 es una vista en perspectiva de un dispositivo 200 de monitorización ejemplar posicionado dentro de una carcasa de protección 305. El dispositivo 200 de monitorización incluye una cámara 310 y un micrófono 315. El

dispositivo 200 de monitorización y la carcasa 305 están acoplados de manera trasladable al mecanismo 215 de traslación. La carcasa 305 incluye una abertura 320 a través de la cual el dispositivo 200 de monitorización monitoriza la turbina 100 eólica.

5 La carcasa 305 está construida con metal, plástico, fibra de vidrio, y/o cualquier otro material adecuado para aislar el dispositivo 200 de monitorización de los elementos y condiciones externos, tales como el viento, las precipitaciones, la formación de hielo, la suciedad, y/o los pájaros. En algunas realizaciones, la carcasa 305 incluye un panel protector 325 que cubre sustancialmente la abertura 320. El panel protector 325 incluye, por ejemplo, una pantalla de tejido y/o una ventana transparente. El panel protector 325 facilita el aislamiento adicional del dispositivo 200 de monitorización con respecto a los elementos y condiciones externos.

10 Adicionalmente, el micrófono 315 puede incluir una pantalla antisiseo 330. El panel protector 325 y/o la pantalla antisiseo 330 minimizan el ruido del viento en una señal de audio proporcionada por el dispositivo 200 de monitorización.

15 La Fig. 5 es un diagrama de bloques que ilustra un sistema 400 ejemplar para monitorizar una o más turbinas eólicas 100. El sistema 400 incluye una red 405. Por ejemplo, la red 405 puede incluir, sin limitación, Internet, una red de área local (LAN), una red de área amplia (WAN), una red inalámbrica de área local (WLAN), una red de malla, y/o una red privada virtual (VPN).

20 Un dispositivo informático de usuario 410, un dispositivo informático de servidor 415, y uno o más controladores de monitorización de turbina eólica 420 están configurados para acoplar comunicativamente entre sí a través de la red 405. El dispositivo informático de usuario 410, un dispositivo informático de servidor 415 y el controlador de monitorización de turbina eólica 420 se comunican entre sí y/o con la red 405 utilizando una conexión de red cableada (por ejemplo, Ethernet o de fibra óptica), un medio de comunicación inalámbrica, tal como radio frecuencia (RF), un estándar del Instituto de ingeniería eléctrica y electrónica (IEEE) 802.11 (por ejemplo, 802.11(g) o 802.11(n)), el estándar de Interoperabilidad mundial para acceso por microondas (WiMAX), una tecnología de telefonía móvil (por ejemplo, el Sistema global de comunicaciones móviles (GSM)), un enlace de comunicación por satélite, y/o cualquier otro medio de comunicación adecuado. WiMAX es una marca registrada de WiMax Forum, en Beaverton, Oregon. IEEE es una marca registrada de Institute of Electrical and Electronics Engineers, S.A., en Nueva York, Nueva York.

30 Cada uno del dispositivo informático de usuario 410, el dispositivo informático de servidor 415, y el controlador de monitorización de turbina eólica 420 incluye un procesador, tal como se muestra en las Figs. 6-8. Un procesador puede incluir, sin limitación, un circuito integrado (CI), un circuito integrado de aplicaciones específicas (ASIC), un microordenador, un controlador de lógica controlable (PLC), y/o cualquier otro circuito programable. Cada uno del dispositivo informático de usuario 410, el dispositivo informático de servidor 415, y el controlador de monitorización de turbina eólica 420 puede configurarse para llevar a cabo las operaciones descritas en el presente documento mediante la programación del correspondiente procesador. Por ejemplo, puede programarse un procesador codificando una operación como una o más instrucciones ejecutables y proporcionando las instrucciones ejecutables al procesador en un área de memoria (también mostrado en las Figs. 6-8) acoplado al procesador. Un área de memoria puede incluir, sin limitación, uno o más dispositivos de memoria de acceso aleatorio (RAM), uno o más dispositivos de almacenamiento, y/o uno o más medios legibles por ordenador.

40 La Fig. 6 es un diagrama de bloques que ilustra un dispositivo informático de usuario 410 para su uso con el sistema 400. El dispositivo informático de usuario 410 incluye un procesador 500 para ejecutar instrucciones. En algunas realizaciones, las instrucciones ejecutables se almacenan en un área de memoria 505. El procesador 500 puede incluir una o más unidades de procesamiento (por ejemplo, en una configuración de núcleos múltiples). El área de memoria 505 es cualquier dispositivo que permita almacenar o recuperar información, tal como instrucciones ejecutables y / u otros datos.

45 El dispositivo informático de usuario 410 también incluye al menos un componente de salida de medios 510 para presentar información a un usuario 515. El componente de salida de medios 510 es cualquier componente capaz de hacer llegar información al usuario 515. El componente de salida de medios 510 puede incluir, sin limitación, un dispositivo de visualización (por ejemplo, una pantalla de cristal líquido (LCD), una pantalla de diodos de emisión de luz orgánica (OLED), o una pantalla de "tinta electrónica" o un dispositivo de salida de audio (por ejemplo, un altavoz o auriculares). En algunas realizaciones, el componente de salida de medios 510 incluye un adaptador de salida, tal como un adaptador de video y/o un adaptador de audio. Un adaptador de audio está acoplado operativamente al procesador 500 y configurado para su acoplamiento operativo a un dispositivo de salida, tal como un dispositivo de visualización o un dispositivo de salida de audio.

55 En algunas realizaciones, el dispositivo informático de usuario 410 incluye un dispositivo de entrada 520 para recibir datos de entrada del usuario 515. El dispositivo de entrada 520 puede incluir, por ejemplo, un teclado, un dispositivo de puntero, un ratón, un lápiz óptico, un panel sensible al tacto (por ejemplo, un panel táctil o una pantalla táctil), un giroscopio, un acelerómetro, un detector de posición, y/o un dispositivo de entrada de audio. Un único componente, tal como una pantalla táctil, puede funcionar como dispositivo de entrada del componente de salida de medios 510 y también como dispositivo de entrada 520. El dispositivo informático de usuario 410 también incluye una interfaz de

comunicación 525, que está configurada para acoplar comunicativamente con la red 405, el dispositivo informático de servidor 415, y/o los controladores de monitorización 420.

Almacenadas en el área de memoria 505 están, por ejemplo, unas instrucciones legibles por ordenador para proporcionar una interfaz de usuario al usuario 515 a través del componente de salida de medios 510 y, opcionalmente, recibir y procesar datos de entrada del dispositivo de entrada 520. Una interfaz de usuario puede incluir, entre otras posibilidades, un navegador de web y/o una aplicación cliente. Los navegadores de web y las aplicaciones de cliente permiten a los usuarios, tal como el usuario 515, representar visualmente medios y otra información desde un dispositivo remoto, tal como el dispositivo informático de servidor 415, e interactuar con los mismos.

La Fig. 7 es un diagrama de bloques que ilustra un dispositivo informático de servidor ejemplar para su uso con el sistema 400. El dispositivo informático 415 incluye un procesador 600 para ejecutar instrucciones. Las instrucciones pueden almacenarse en un área de memoria 605, por ejemplo. El procesador 600 puede incluir una o más unidades de procesamiento (por ejemplo, en una configuración de núcleos múltiples).

El procesador 600 está acoplado operativamente con una interfaz de comunicación 610 de modo que el dispositivo informático de servidor 415 pueda comunicarse con un dispositivo remoto, tal como el dispositivo informático de usuario 410, el controlador 420 de monitorización, y / u otro dispositivo informático de servidor 415. El procesador 600 también puede acoplarse operativamente a un dispositivo de almacenamiento 615. El dispositivo de almacenamiento 615 es cualquier hardware operado por ordenador adecuado para almacenar y/o recuperar datos. En algunas realizaciones, el dispositivo de almacenamiento 615 está integrado en el dispositivo informático de servidor 415. Por ejemplo, el dispositivo informático de servidor 415 puede incluir uno o más discos duros a modo de dispositivo de almacenamiento 615. En otras realizaciones, el dispositivo de almacenamiento 615 es externo al dispositivo informático de servidor 415 y puede accederse al mismo mediante una pluralidad de dispositivos informáticos de servidor 415. Por ejemplo, el dispositivo de almacenamiento 615 puede incluir múltiples unidades de almacenamiento, tales como discos duros o discos de estado sólido, en una configuración de conjunto redundante de discos de bajo coste (RAID). El dispositivo de almacenamiento 615 puede incluir un sistema de red de área de almacenamiento (SAN) y/o almacenamiento conectado en red (NAS).

En algunas realizaciones, el procesador 600 está acoplado operativamente al dispositivo de almacenamiento 615 a través de una interfaz de almacenamiento 620. La interfaz de almacenamiento 620 es cualquier componente capaz de proporcionar al procesador acceso al dispositivo de almacenamiento 615. La interfaz de almacenamiento 620 puede incluir, por ejemplo, un adaptador de Adjunto de tecnología avanzada (ATA), un adaptador de Adjunto de tecnología avanzada de serie (SATA), un adaptador de Interfaz de sistema para pequeñas computadoras (SCSI), un controlador RAID, un adaptador SAN, un adaptador de red, y/o cualquier componente que proporcione al procesador 600 acceso al dispositivo de almacenamiento 615.

La Fig. 8 es un diagrama de bloques que ilustra un controlador 420 de monitorización ejemplar para su uso con el sistema 400. El controlador 420 de monitorización incluye un procesador 700 para ejecutar instrucciones. Por ejemplo, las instrucciones pueden almacenarse en un área de memoria 705 para programar el procesador 700. El procesador 700 puede incluir una o más unidades de procesamiento (por ejemplo, en una configuración de núcleos múltiples). El procesador 700 está acoplado al área de memoria 705 y a una interfaz de dispositivo de monitorización 710.

La interfaz de dispositivo de monitorización 710 está configurada para acoplar comunicativamente con el dispositivo 200 de monitorización. El dispositivo 200 de monitorización está acoplado con la turbina 100 eólica y configurado para proporcionar una o más señales de monitorización, que incluyen una o más señales de audio y/o una o más señales de imagen. La interfaz de dispositivo de monitorización 710 está configurada para recibir las señales de monitorización desde el dispositivo 200 de monitorización. La interfaz de dispositivo de monitorización 710 también puede estar configurada para controlar el dispositivo 200 de monitorización. Por ejemplo, la interfaz de dispositivo de monitorización 710 puede estar configurada para controlar una orientación, una dirección, una posición, una traslación, un nivel de zoom, un enfoque, un nivel de ganancia, y/o una transmisión de señales del dispositivo 200 de monitorización.

El área de memoria 705 está configurada para almacenar datos de base para una o más turbinas eólicas. En una realización, el área de memoria 705 está configurada para almacenar datos de base calculados desde una primera señal de monitorización recibida por la interfaz de dispositivo de monitorización 710 en un primer momento. Por ejemplo, el procesador 700 puede calcular datos de base en función de una primera señal de monitorización recibida durante un periodo de operación normal de la turbina 100. En una realización alternativa, el área de memoria 705 está configurada para almacenar datos de base predefinidos para una o más turbinas eólicas. Por ejemplo, los datos de base pueden estar definidos por un número modelo de turbinas eólicas 100, un número modelo de palas de rotor 108, y/o de parques eólicos. Tal realización facilita la producción de un conjunto de datos de base para una pluralidad de turbinas eólicas 100.

El procesador 700 está programado para calcular datos operativos en base a una segunda señal de monitorización recibida por la interfaz de dispositivo de monitorización 710 en un segundo momento. El procesador 700 también

está programado para comparar los datos operativos con los datos de base para determinar una condición operativa de la turbina 100 eólica. Por ejemplo, el procesador 700 puede determinar una condición operativa mediante el cálculo de una desviación entre los datos operativos y los datos de base. Una desviación relativamente pequeña puede indicar una condición operativa normal, y una desviación amplia puede indicar una condición operativa anómala.

5

En algunas realizaciones, el controlador 420 de monitorización también incluye una interfaz de comunicación 715 configurada para transmitir la condición operativa de la turbina 100 eólica a un dispositivo remoto, tal como un dispositivo informático 410 y/o un dispositivo informático de servidor 415. La condición operativa puede incluir, sin limitación, un identificador de turbina 100 eólica, un descriptor de condición (por ejemplo, "normal" o "detectada desviación"), una hora en la que se determinó la condición operativa, y/o una señal de monitorización utilizada para determinar la condición operativa.

10

En algunas realizaciones, el procesador 700 compara los datos operativos con los datos de base para determinar una desviación. En una realización, el procesador 700 está programado para calcular los datos de base y datos operativos mediante la ejecución de un algoritmo de transformada rápida de Fourier (FFT) contra una o más señales de monitorización para producir una transformada de base y una transformada operativa. El procesador 700 está programado para comparar la transformada operativa con la transformada de base, para determinar una desviación.

15

En algunas realizaciones, el dispositivo 200 de monitorización proporciona una pluralidad de señales de imagen. El procesador 700 está programado para calcular datos de base y datos operativos, por ejemplo, mediante la conversión de una señal de imagen desde un formato a un segundo formato, la indexación de elementos dentro de una señal de imagen, y/o el redimensionamiento de una imagen a partir de una señal de imagen. En una realización, los datos de base incluyen una imagen de base, y los datos operativos incluyen una imagen operativa. El procesador 700 está programado para comparar los datos operativos con los datos de base mediante la identificación de diferencias entre una imagen operativa y una imagen de base. Por ejemplo, las diferencias entre las imágenes pueden indicar una desviación en una forma de la pala 108 de rotor.

20

La interfaz de comunicación 715 puede estar configurada para transmitir una notificación de desviación a un dispositivo remoto si la desviación determinada por el procesador 700 supera un umbral. Una notificación de desviación puede incluir, sin limitación, un identificador de la turbina 100 eólica, un grado y/o intensidad de la desviación, un tipo de desviación (por ejemplo, una desviación de la amplitud y/o una desviación de la frecuencia), y/o la señal de monitorización a partir de la cual se han calculado los datos operativos.

25

En una realización, el dispositivo 200 de monitorización está configurado para proporcionar una pluralidad de señales de audio. El procesador 700 está programado para determinar una desviación mediante la determinación de una desviación de la frecuencia entre los datos operativos y los datos de base, y/o una desviación de la amplitud entre los datos operativos y los datos de base.

30

El dispositivo 200 de monitorización puede incluir uno o más micrófonos 315. El dispositivo 200 de monitorización puede transmitir una señal de audio desde cada micrófono o combinar una entrada de todos los micrófonos en una única señal de audio. En una realización, el dispositivo 200 de monitorización, la interfaz de dispositivo de monitorización 710, y/o el procesador 700 están configurados para calcular los datos de base y/o los datos operativos en base a la coherencia calculada.

35

En una realización, la interfaz de dispositivo de monitorización 710 está configurada adicionalmente para recibir una pluralidad de señales de audio y una pluralidad de señales de imagen. El área de memoria 705 está configurada adicionalmente para almacenar los datos de base calculados a partir de una primera señal de audio y de una primera señal de imagen, y el procesador 700 está configurado adicionalmente para calcular datos de operación en base a una segunda señal de audio y una segunda señal de imagen.

40

En algunas realizaciones, el controlador 420 de monitorización también incluye una interfaz de control de turbina eólica 720, que está configurada para acoplar comunicativamente con un controlador de turbina eólica 725. El controlador de turbina eólica 725 puede estar acoplado comunicativamente con uno o más sensores 210 y con uno o más dispositivos de control 730 de la turbina 100 eólica. Los sensores 210, tales como anemómetros, se han descrito anteriormente. El controlador 420 de monitorización puede interactuar con los dispositivos de control 730 y/o los sensores 210 a través de la interfaz de control de turbina eólica 720 y del controlador de turbina eólica 725.

45

Los dispositivos de control 730 están configurados para controlar el funcionamiento de la turbina 100 eólica y pueden incluir, sin limitación, un freno, un relé, un motor, y/o un servomecanismo. En una realización, la interfaz de control de turbina eólica 720 está configurada para operar un dispositivo de control 730, tal como un freno y/o un motor, para evitar que el buje 110 (mostrado en la Fig. 1) gire y/o para posicionar una o más palas de rotor 108 en una posición deseada y/o predeterminada con respecto al dispositivo 200 de monitorización. Adicionalmente, o en la alternativa, la interfaz de control de turbina eólica 720 puede operar un dispositivo de control 730, tal como un servomecanismo de paso de pala, para ajustar una o más palas de rotor 108 con un paso deseado y/o predeterminado.

50

55

En algunas realizaciones, el área de memoria 705 está configurado adicionalmente para almacenar una orientación de pala de rotor, tal como una posición y/o un paso de una o más palas de rotor 108 en correspondencia a los datos de base. La interfaz de control de turbina eólica 720 puede estar configurada para orientar cada pala 108 de rotor de la turbina 100 eólica en base a la orientación de pala de rotor almacenada antes de que el procesador 700 calcule los datos operativos. En una realización, la interfaz de control de turbina eólica 720 está configurada para orientar la pala 108 de rotor en una posición estacionaria, y la interfaz de dispositivo de monitorización 710 está configurada adicionalmente para recibir una señal de monitorización mediante la recepción de una o más imágenes de la pala 108 de rotor.

El controlador 420 de monitorización puede interactuar con un dispositivo remoto, tal como el dispositivo informático 410 o el dispositivo informático de servidor 415 (mostrados en las Figs. 5-7). En algunas realizaciones, el dispositivo informático de usuario 410 está acoplado comunicativamente con el controlador 420 de monitorización (por ejemplo, a través de la red 405) y recibe una condición operativa y/o una notificación de desviación desde el controlador 420 de monitorización. El dispositivo informático de usuario 410 incluye, como componente de salida de medios 510, un dispositivo de visualización configurado para representar visualmente la condición operativa y/o la notificación de desviación. El área de memoria 705 puede estar configurada para almacenar señales de monitorización. Por ejemplo, el procesador 700 puede mantener un registro continuo (por ejemplo, de las veinticuatro horas anteriores) de señales de monitorización en el área de memoria 705. Adicionalmente, o en una alternativa, el dispositivo informático de servidor 415 puede estar configurado para solicitar señales de monitorización de uno o más controladores de monitorización, y el dispositivo informático de servidor 415 puede estar configurado para almacenar señales de monitorización de uno o más controladores de monitorización 420 en el área de memoria 605 y/o el dispositivo de almacenamiento 615.

En una realización, la interfaz de comunicación 715 está configurada para transmitir una o más señales de monitorización a un dispositivo remoto. Por ejemplo, la interfaz de comunicación 715 puede transmitir una señal de monitorización al dispositivo informático de servidor 415 y/o al dispositivo informático de usuario 410, sustancialmente a medida que la interfaz de dispositivo de monitorización 710 recibe la señal de monitorización. Tal realización facilita la monitorización remota a tiempo real o a tiempo casi real de la turbina 100 eólica.

En algunas realizaciones, el dispositivo informático de servidor 415 está acoplado comunicativamente a una pluralidad de turbinas eólicas 100 a través de una red 405, y uno o más dispositivos informáticos de usuario 410 están acoplados comunicativamente con el dispositivo informático de servidor 415. El dispositivo informático de servidor 415 recibe condiciones operativas y/o notificaciones de desviación desde la turbina 100 eólica. El dispositivo informático de usuario 410 accede a las condiciones operativas y/o a las notificaciones de desviación desde el dispositivo informático 415. Adicionalmente, o en una alternativa, el dispositivo informático de servidor 415 recibe una notificación de desviación desde el controlador 420 de monitorización y transmite la notificación de desviación a una pluralidad de dispositivos informáticos de usuario 410.

En una realización, el dispositivo informático de usuario 410 incluye, como componente de salida de medios 510, un dispositivo de visualización configurado para representar visualmente un historial de notificaciones de desviación de la turbina 100 eólica. Por ejemplo, el dispositivo informático de servidor 415 puede almacenar notificaciones de desviación en el área de memoria 605 o el dispositivo de almacenamiento 615, y el dispositivo informático de usuario 410 puede solicitar notificaciones de desviación asociadas con una turbina 100 eólica particular. Adicionalmente, o en una alternativa, el dispositivo de visualización puede estar configurado para representar visualmente un historial de notificaciones de desviación para una o más turbinas eólicas 100 próximas a la turbina 100 eólica. Por ejemplo, el dispositivo de visualización puede representar visualmente un historial de notificaciones de desviación para una pluralidad de turbinas eólicas 100 dentro de un parque eólico. Tal realización facilita la identificación, dentro de un área geográfica, de una pluralidad de turbinas eólicas 100 que exhiban potenciales problemas inminentes.

La Fig. 9 es un diagrama de bloques que ilustra un controlador combinado 750 ejemplar para su uso con el sistema 400. En la realización ejemplar, el controlador 420 de monitorización (mostrado en las Figs. 5 y 8) está implementado como controlador combinado 750. El controlador combinado 750 también lleva a cabo algunas de las funciones efectuadas por el controlador de turbina eólica 725 (mostrado en la Fig. 8).

El controlador combinado 750 incluye el procesador 700, el área de memoria 705, la interfaz de dispositivo de monitorización 710, y la interfaz de comunicación, tal como se ha descrito anteriormente con referencia a la Fig. 8. El controlador combinado 750 también incluye la interfaz de control de turbina eólica 720 que, en la realización ejemplar, interactúa directamente con uno o más dispositivos de control 730. El controlador combinado 750 también incluye una interfaz de sensor 755, que está configurada para acoplar comunicativamente con uno o más sensores 210.

El controlador 420 de monitorización, el controlador de turbina eólica 725, y/o el controlador combinado 750 pueden estar acoplados comunicativamente con el dispositivo 200 de monitorización, los sensores 210 y/o los dispositivos de control 730 a través de un conductor eléctrico, una conexión de datos de bajo nivel en serie, tal como el Estándar recomendado (RS) 232 o RS-485, una conexión de datos de alto nivel en serie, tal como el Bus universal en serie (USB) o la interfaz del Instituto de ingeniería eléctrica y electrónica (IEEE) 1394, una conexión de datos en paralelo, tal como IEEE 1284 o IEEE 488, un canal de comunicación inalámbrica de corto alcance tal como BLUETOOTH,

una conexión de red privada (por ejemplo, inaccesible desde el exterior de la turbina 100 eólica), tanto cableada como inalámbrica, y/o cualquier otro tipo de conexión adecuada para transportar señales de comunicación y/o de datos. BLUETOOTH es una marca registrada de Bluetooth SIG, S.A., en Bellevue, Washington.

5 Las Figs. 10 y 11 son un diagrama de flujo de un procedimiento ejemplar 800 para monitorizar una turbina que tenga un dispositivo de monitorización configurado para proporcionar una pluralidad de señales de monitorización. Las señales de monitorización incluyen una pluralidad de señales de audio y/o una pluralidad de señales de imagen. El procedimiento incluye, en 805, calcular mediante un dispositivo informático unos datos de base en función de una o más primeras señales de monitorización.

10 En 810, se recibe una segunda señal de monitorización desde el dispositivo de monitorización. En 815, el dispositivo informático calcula unos datos operativos en función de la segunda señal de monitorización. En 820, se determina una condición operativa de la turbina eólica mediante la comparación de los datos operativos con los datos de base y, en 825, se transmite a un dispositivo remoto la condición operativa, que opcionalmente incluye la segunda señal de monitorización.

15 En una realización, determinar, en 820, una condición operativa incluye determinar una fuente de desviación. Una fuente de desviación puede incluir, sin limitación, una pala de rotor, un tren motriz, y/o un elemento ambiental. Puede determinarse una fuente de desviación en base al carácter de una desviación entre los datos operativos y los datos de base. Por ejemplo, una desviación de amplitud que se repita periódicamente en un intervalo de frecuencia particular, puede indicar que una pala de rotor está produciendo un ruido sibilante, lo que puede indicar daños estructurales en la pala de rotor. A modo de otros ejemplos, el desgaste o la tensión en los engranajes puede
20 producir una desviación de amplitud y/o frecuencia relativamente constante, y las ondas oceánicas pueden producir desviaciones relativamente aleatorias o desviaciones dentro de frecuencias particulares. Un cambio en la geometría de las palas (por ejemplo, debido al alabeo o a la formación de hielo) también puede producir una desviación reconocible.

25 En algunas realizaciones se calculan, en 815, datos operativos en base a una pluralidad de señales de audio. Por ejemplo, pueden combinarse múltiples señales de audio mediante la adición de las señales de audio y/o el cálculo de una media móvil a partir de las señales de audio.

Con referencia a la Fig. 11, en algunas realizaciones se calculan, en 805, datos de base mediante la recepción, en 850, de una pluralidad de señales de audio. En una realización particular, cada señal de audio corresponde con una señal de velocidad del viento recibida desde un sensor de la velocidad del viento. En 855, se asocia cada señal de
30 audio recibida con un intervalo de velocidad del viento en base a la correspondiente señal de la velocidad del viento. Por ejemplo, pueden definirse cinco intervalos de velocidad del viento (por ejemplo, 0-5 metros/segundo (m/s), 10-15 m/s, 15/20 m/s, y 20-25 m/s) para una turbina eólica. En 860, se calculan los datos de base para cada intervalo de velocidad del viento. En una realización, recibir, en 810, una segunda señal de monitorización desde el dispositivo de monitorización incluye recibir una señal de audio correspondiente a una señal de velocidad del viento recibida
35 desde el sensor de velocidad del viento.

En tales realizaciones, el procedimiento 800 incluye seleccionar, en 830, los datos de base en función de un intervalo de velocidad del viento correspondiente a la señal de velocidad del viento. Por ejemplo, si la señal de audio se corresponde con una señal de velocidad del viento indicativa de una velocidad del viento de 7 m/s, en 830 se seleccionan datos de base para el intervalo de velocidad del viento de 5-10 m/s. Se comparan los datos operativos
40 con los datos de base seleccionados. Tales realizaciones facilitan la clasificación de señales de audio mediante la velocidad del viento. Adicionalmente, o en una alternativa, pueden clasificarse las señales de audio mediante la velocidad de rotación del buje 110, la salida de energía de la turbina 100 eólica, o cualquier otro parámetro adecuado.

45 En una realización, en 820 se determina una condición operativa en base a imágenes tridimensionales de una o más palas de rotor. La primera y segunda señales de monitorización incluyen una pluralidad de imágenes bidimensionales. Por ejemplo, un dispositivo de monitorización puede proporcionar una pluralidad de imágenes, cada una correspondiente a una perspectiva diferente de una pala de rotor. Calcular datos de base, en 805, incluye generar una primera imagen tridimensional de una o más palas de rotor en base a una primera pluralidad de imágenes bidimensionales a partir de la primera señal de monitorización, y calcular datos operativos, en 815, incluye
50 generar una segunda imagen tridimensional de la una o más palas de rotor en base a una segunda pluralidad de imágenes bidimensionales a partir de la segunda señal de monitorización.

Los procedimientos descritos en el presente documento pueden codificarse como instrucciones ejecutables realizadas en un medio legible por ordenador, incluyendo pero sin limitación, un área de memoria de un dispositivo informático. Tales instrucciones, cuando las ejecuta un procesador, hacen que el procesador lleve a cabo al menos
55 una porción de los procedimientos descritos en el presente documento.

Anteriormente se han descrito en detalle realizaciones ejemplares de un sistema de control de turbina eólica. El sistema de monitorización, la turbina eólica, y los conjuntos incluidos no están limitados a las realizaciones específicas descritas en el presente documento, sino que puede utilizarse cada componente de manera

independiente y separada con respecto a otros componentes descritos en el presente documento.

5 Esta descripción escrita utiliza ejemplos para desvelar la invención, incluyendo el modo preferido, y también permiten a cualquier experto en la técnica poner en práctica la invención, incluyendo la creación y uso de cualesquiera dispositivos o sistemas y la realización de cualquiera de los procedimientos incorporados. El ámbito patentable de la invención está definido por las reivindicaciones, y puede incluir otros ejemplos que se les ocurran a los expertos en la técnica. Dichos otros ejemplos pretenden estar dentro del ámbito de las reivindicaciones si presentan elementos estructurales que no difieran del lenguaje literario de las reivindicaciones, o si incluyen elemento estructurales equivalentes con diferencias insustanciales con respecto al lenguaje literal de las reivindicaciones.

10

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (400) para monitorizar una turbina (100) eólica, comprendiendo el sistema:
un dispositivo (200) de monitorización configurado para proporcionar una o más señales de monitorización que incluyen al menos una de una señal de audio y una señal de imagen; y
- 5 un controlador (420) de monitorización acoplado comunicativamente al dispositivo de monitorización y configurado para:
proporcionar datos de base representativos del funcionamiento normal de la turbina eólica;
crear datos operativos en base a una señal de monitorización recibida desde el dispositivo de monitorización;
comparar los datos operativos con los datos de base para determinar una desviación; y
- 10 transmitir una notificación de desviación cuando la desviación exceda un umbral; en el que
el dispositivo (200) de monitorización comprende un dispositivo de monitorización direccional configurado para monitorizar al menos una pala (108) de rotor de la turbina (100) eólica;
un mecanismo (215) de traslación acoplado a la turbina (100) eólica, en el que el dispositivo (200) de monitorización direccional está acoplado al mecanismo de traslación;
- 15 en el que la pala (108) de rotor está acoplada a un buje (110) giratorio sobre un eje de rotación (220), y el mecanismo (215) de traslación define un eje de traslación sustancialmente paralelo al eje de rotación (225); y
- 20 en el que el dispositivo (200) de monitorización direccional está configurado adicionalmente para proporcionar una señal de monitorización mediante la provisión de una pluralidad de imágenes, correspondiéndose cada imagen de la pluralidad de imágenes con una de una pluralidad de posiciones a lo largo del eje de traslación (215);
estando caracterizado el sistema porque el dispositivo (200) de monitorización está acoplado a la turbina (100) eólica encima de una góndola (102).
- 25 2. Un sistema (400) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que los datos operativos se basan en una primera señal de monitorización recibida desde el dispositivo (200) de monitorización, y el controlador (420) de monitorización está configurado adicionalmente para crear datos de base en función de una segunda señal de monitorización recibida desde el dispositivo de monitorización.
- 30 3. Un sistema (400) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el dispositivo (200) de monitorización está configurado para proporcionar una pluralidad de señales de audio, y el controlador (420) de monitorización está configurado adicionalmente para determinar una desviación mediante la determinación de al menos una de una desviación de frecuencia, entre los datos operativos y los datos de base, y una desviación de amplitud entre los datos operativos y los datos de base.
- 35 4. Un sistema (400) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende adicionalmente un dispositivo remoto acoplado comunicativamente con el controlador (420) de monitorización, comprendiendo el dispositivo remoto un dispositivo de visualización configurado para representar visualmente la notificación de desviación.
- 40 5. Un sistema (400) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la turbina (100) eólica es una primera turbina eólica, comprendiendo adicionalmente el sistema un dispositivo remoto acoplado comunicativamente con el controlador (420) de monitorización y que comprende un dispositivo de visualización configurado para representar visualmente al menos uno de un historial de desviaciones, para la primera turbina eólica, y una desviación para una segunda turbina eólica próxima a la primera turbina eólica.

FIG. 1

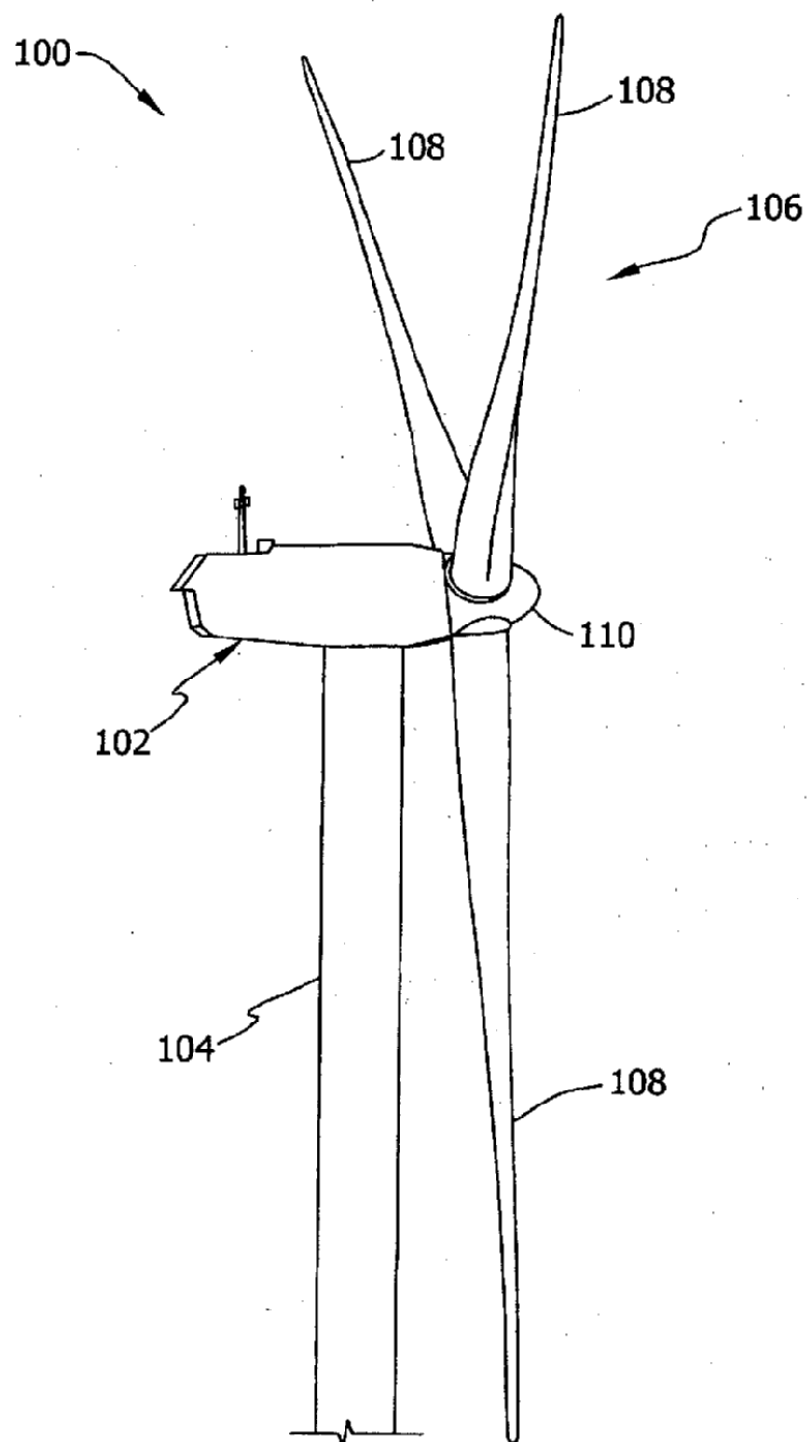


FIG. 2

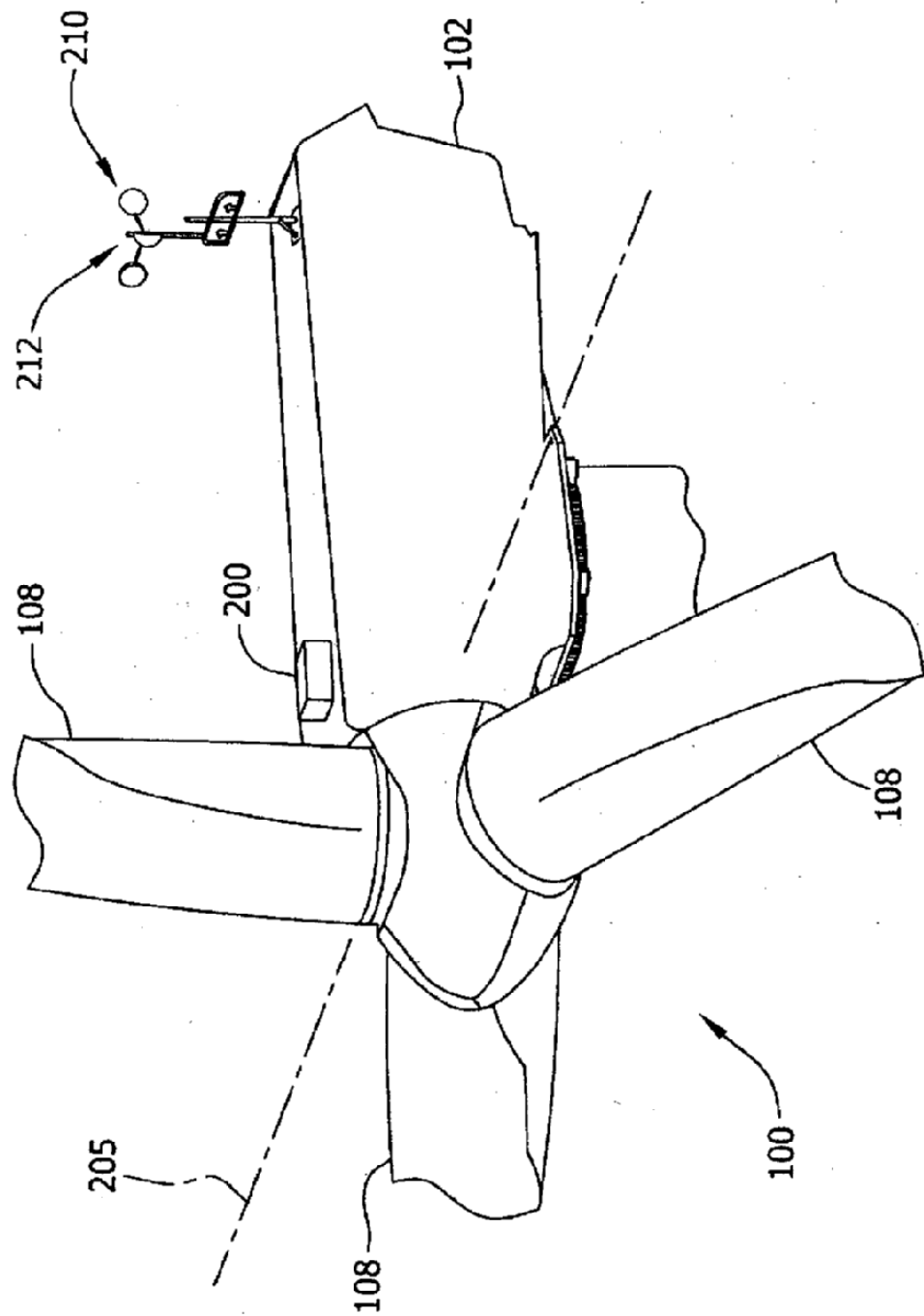


FIG. 3

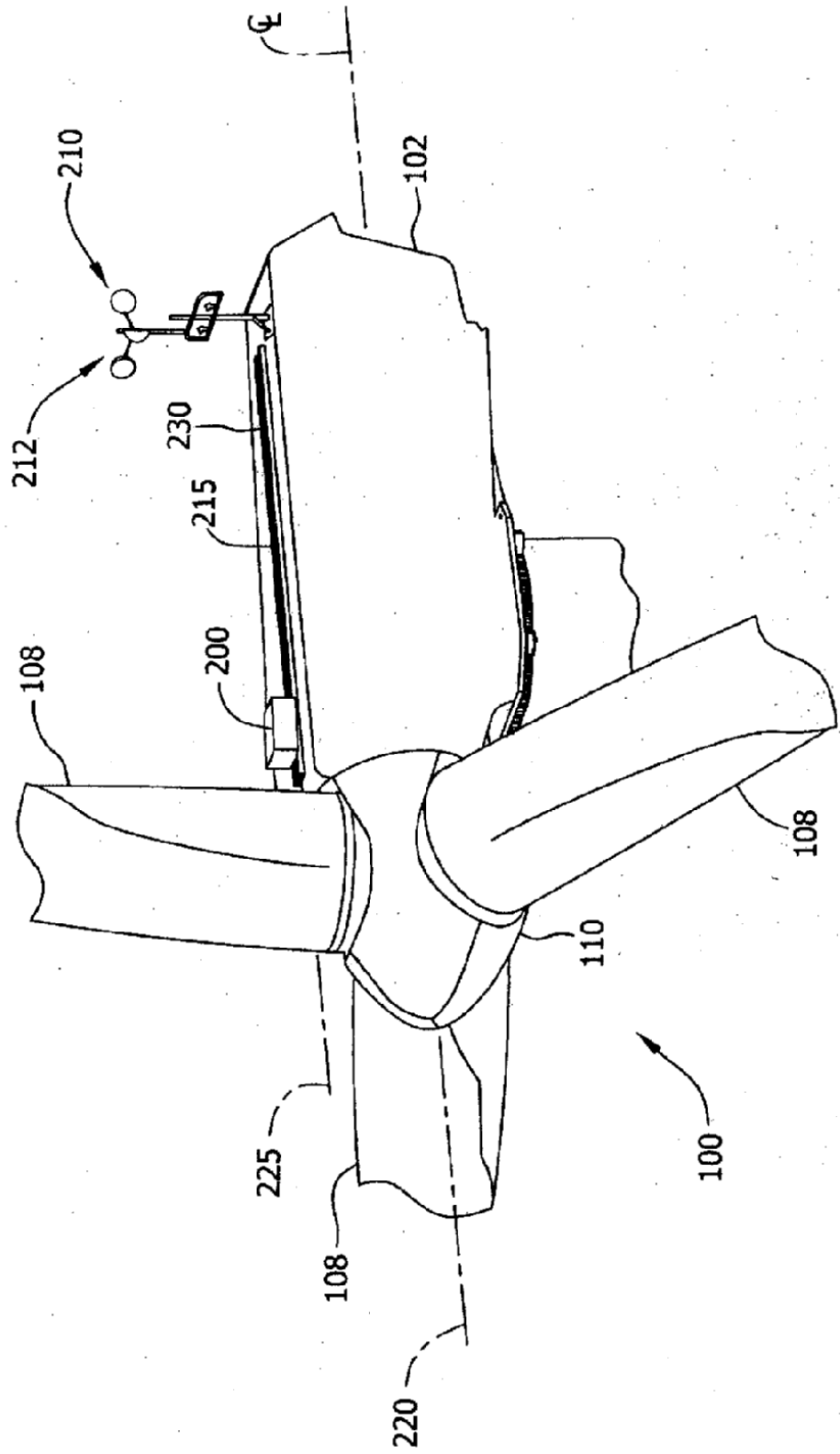


FIG. 4

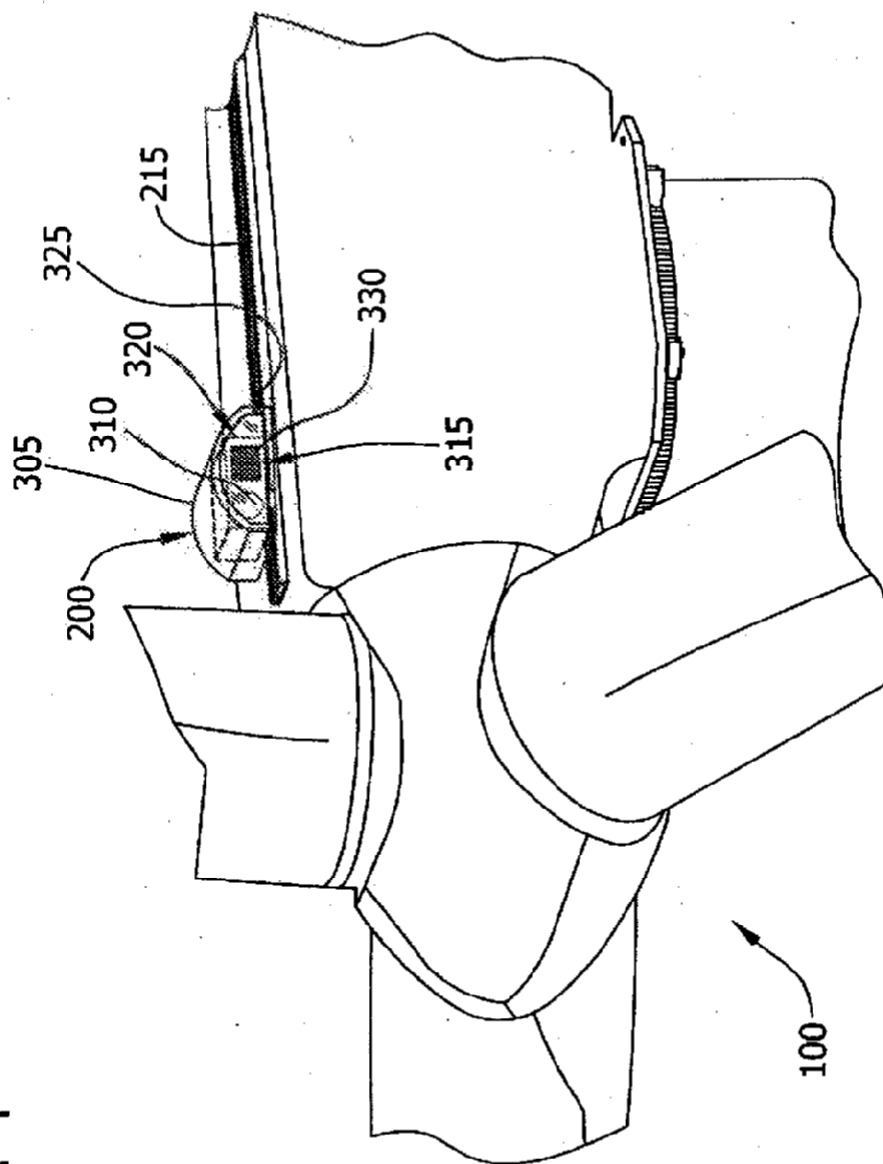


FIG. 5

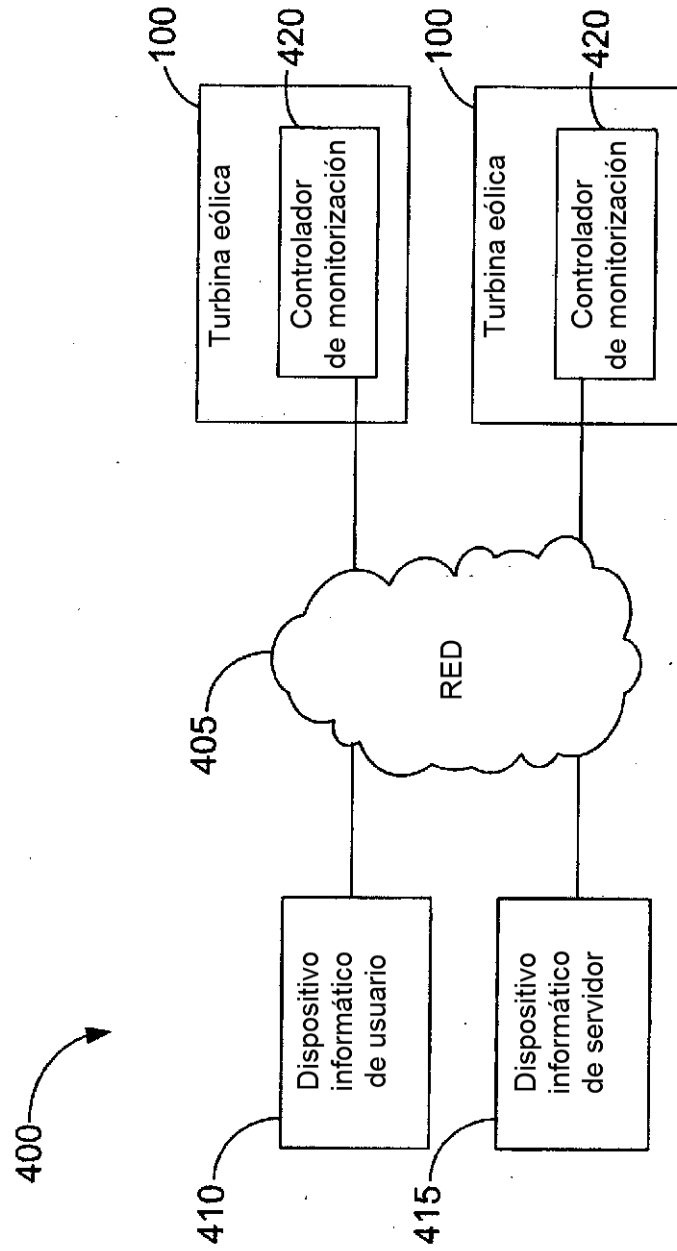


FIG. 6

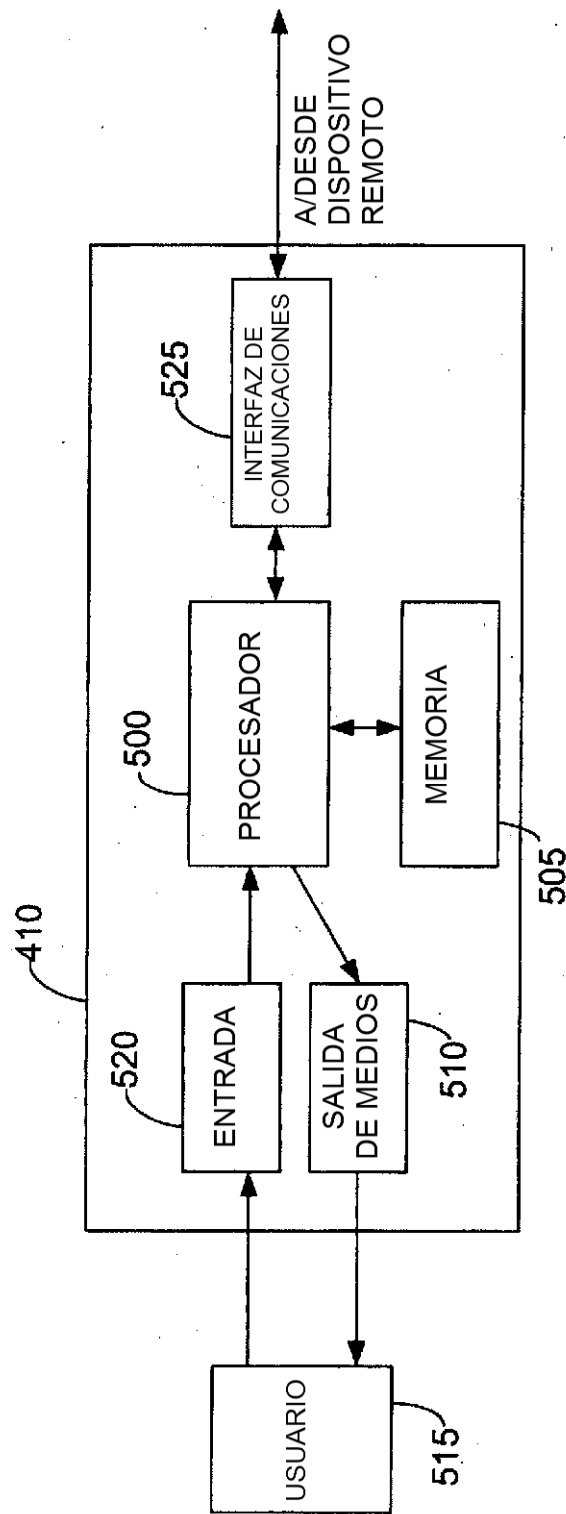


FIG. 7

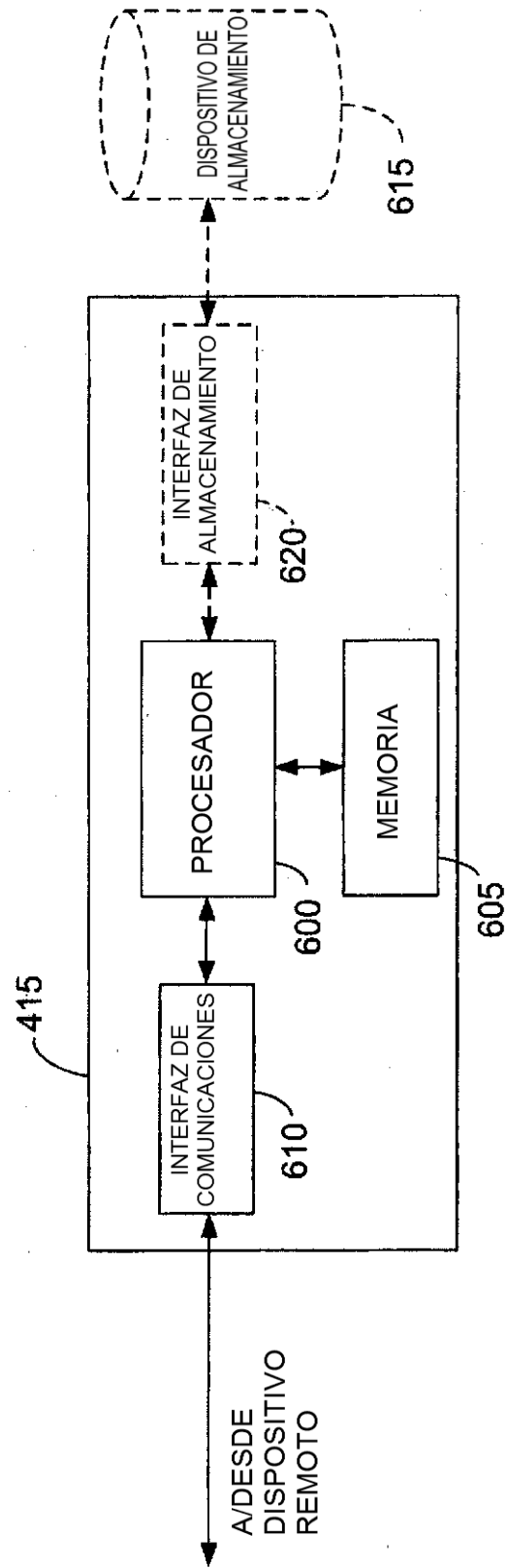


FIG. 8

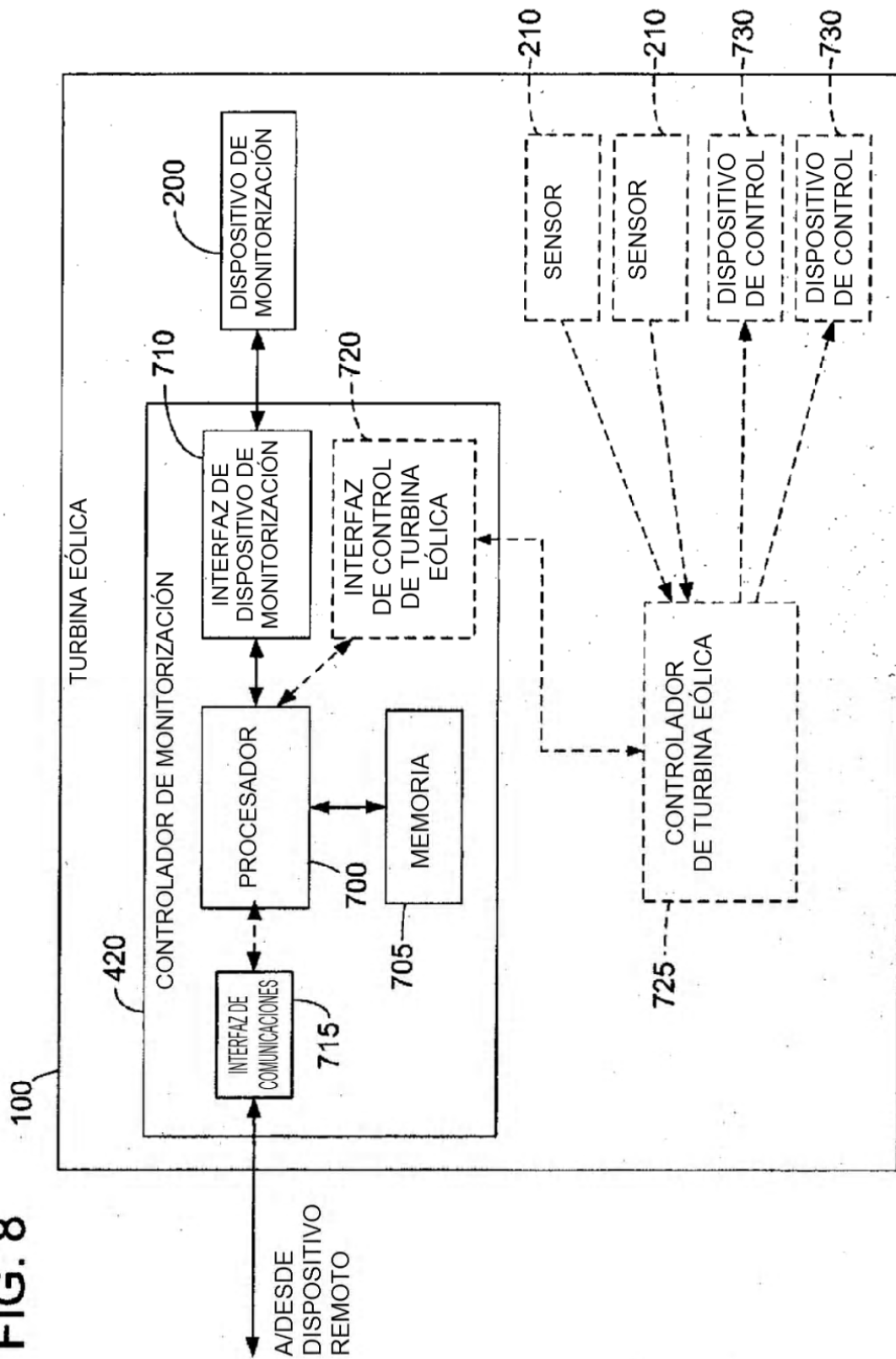


FIG. 9

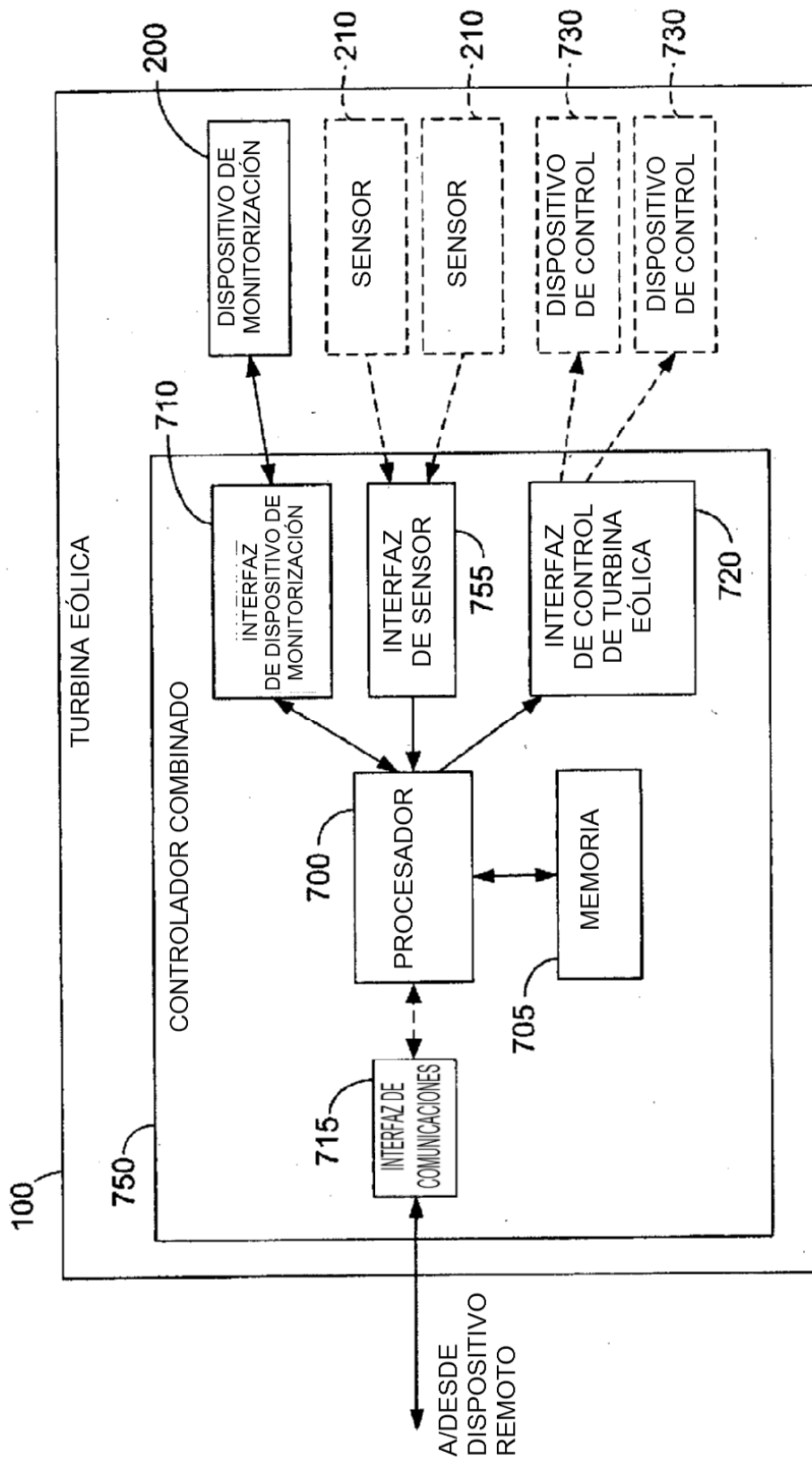


FIG. 10

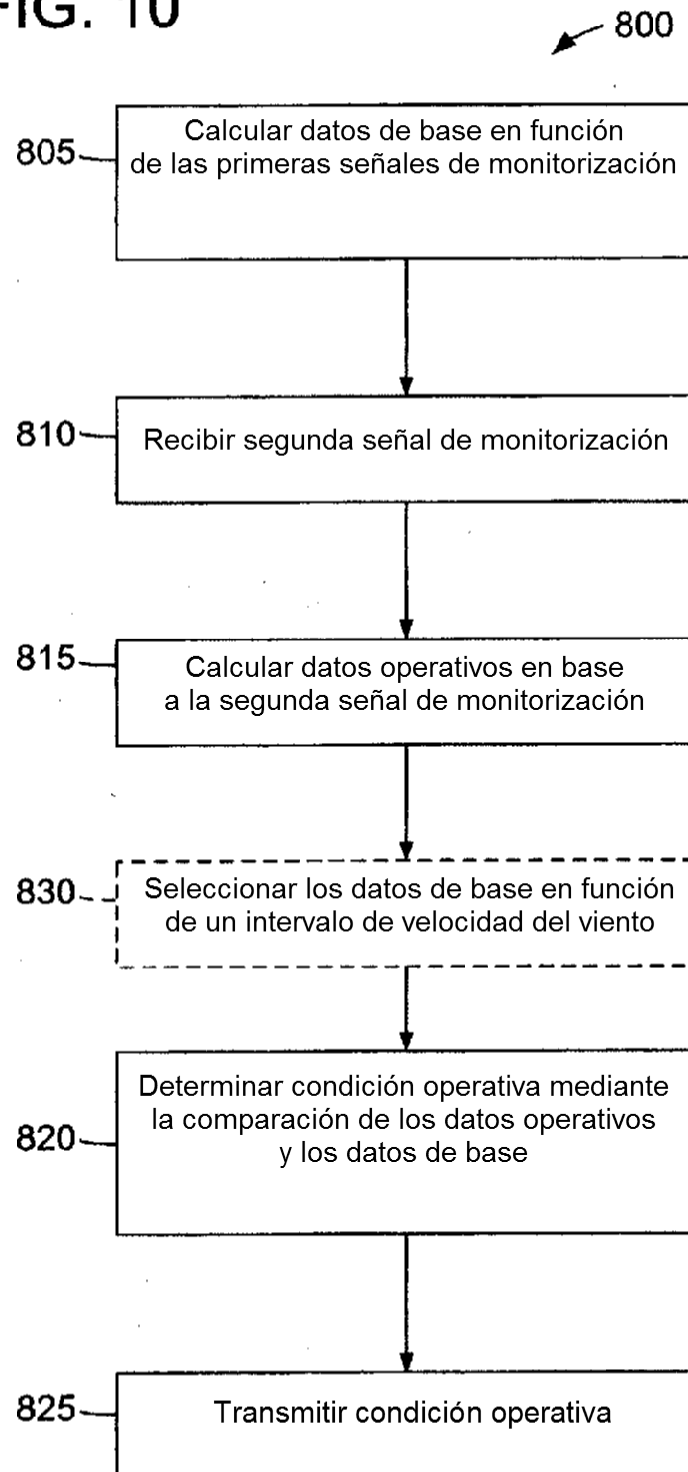


FIG. 11

