

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 665 771**

51 Int. Cl.:

F03D 1/02

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.07.2008 PCT/SG2008/000248**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.01.2010 WO10005393**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.07.2008 E 08779478 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.03.2018 EP 2310671**

54 Título: **Sistema para monitorizar un factor de restauración de una población de turbinas eólicas**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.04.2018

73 Titular/es:
**VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)
Hedeager 42
8200 AARHUS N, DK**

72 Inventor/es:
**SANDVAD, INGEMANN, HVAS;
TAN, CHER, MING;
SIEW, PEY, YEN y
TSAN, YEE, SOON**

74 Agente/Representante:
ARIAS SANZ, Juan

ES 2 665 771 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 para monitorizar un factor de restauración de una población de turbinas eólicas

5 Campo de la invención

Esta invención se refiere a determinar la calidad del mantenimiento de una turbina eólica. Más específicamente, esta invención se refiere a calcular un factor de restauración para una turbina eólica después de realizar el mantenimiento y comparar el factor de restauración con un factor de restauración de referencia para determinar la calidad del mantenimiento realizado.

Sumario de la técnica anterior

A medida que el mundo ha buscado fuentes de energía alternativas para reemplazar el combustible fósil, una solución ha sido el uso de turbinas eólicas para generar energía eléctrica. Un problema con el uso de turbinas eólicas para generar energía es el mantenimiento de las turbinas para evitar interrupciones de energía debido a un fallo de los componentes de las turbinas. Las turbinas eólicas a menudo están localizadas en zonas remotas para aprovechar los patrones de clima prevalecientes en la zona. En estas zonas remotas, las turbinas eólicas a menudo están expuestas a condiciones ambientales extremas. Estas condiciones ambientales extremas incluyen, pero no se limitan a, temperaturas extremas, lluvia, nieve, escombros y mares agitados.

Hay dos problemas asociados con la colocación de las turbinas eólicas en estas localizaciones remotas. El primero son las condiciones ambientales extremas mencionadas anteriormente. Estas condiciones pueden provocar el fallo prematuro de los componentes de una turbina. El segundo problema es que la inspección y el mantenimiento de las turbinas eólicas son difíciles y muchas veces costosos de completar. Actualmente, la mejor manera de determinar la calidad del mantenimiento realizado es una inspección posterior in situ de la turbina eólica. Otros han desarrollado sistemas para monitorizar las turbinas eólicas de manera remota, tales como los sistemas descritos en la publicación de patente de los Estados Unidos 2004/0230377 titulada "Wind Power Management System and Method" a nombre de Ghosh et al. publicada el 18 de noviembre de 2004. Sin embargo, el sistema descrito no describe ningún proceso para usar los datos recogidos para programar el mantenimiento de una turbina eólica basándose en los datos recogidos. Por lo tanto, los expertos en la materia se esfuerzan constantemente por encontrar formas de determinar la calidad del mantenimiento realizado para reducir los defectos inducidos por el mantenimiento que contribuyen a la necesidad de inspecciones in situ de las turbinas eólicas.

35 Sumario de la invención

Los anteriores y otros problemas se resuelven y se hace un avance en la técnica mediante un sistema para monitorizar un factor de restauración de una turbina eólica de acuerdo con la presente invención. Un sistema de acuerdo con esta invención puede determinar un factor de restauración a partir de datos ya medidos por un sistema de monitorización que recibe datos de sensores ya instalados en la turbina. Esto permite monitorizar la efectividad del mantenimiento en la turbina sin componentes adicionales y remotamente a la turbina.

De acuerdo con esta invención, se usa un factor de restauración para determinar la calidad de mantenimiento realizado en una turbina eólica de la siguiente manera. En primer lugar, se recogen los puntos de datos para los parámetros específicos de una turbina eólica de sensores en una turbina eólica durante un período de tiempo específico después de la instalación. Un índice de capacidad de referencia se calcula a partir de estos puntos de datos de los parámetros. Este índice de capacidad calculado se almacena como un índice de capacidad de referencia. A continuación, después de realizar cada mantenimiento programado en la turbina eólica, se recoge un segundo conjunto de puntos de datos para cada uno de los parámetros durante el período de tiempo especificado en respuesta a la realización del mantenimiento. A continuación, se determina un índice de capacidad a partir del segundo conjunto de puntos de datos. Un factor de restauración y/o un factor de restauración histórico se determinan a partir del índice de capacidad actual. A continuación, la calidad del mantenimiento de la turbina eólica se determina basándose en el factor de restauración y/o en el factor de restauración histórico calculado. En función de la calidad determinada del mantenimiento realizado, el mantenimiento realizado durante el próximo mantenimiento programado de la turbina eólica puede modificarse en algunas realizaciones. Además, a continuación, el índice de capacidad actual se almacena para su uso como el índice de capacidad de referencia para su uso al determinar la calidad del siguiente mantenimiento programado en algunas realizaciones.

60 Breve descripción de los dibujos

Las características y ventajas anteriores se describen en la siguiente descripción detallada y se muestran en los dibujos siguientes:

la figura 1 ilustra una gráfica de factores de restauración históricos de una turbina eólica calculados de acuerdo con una realización de esta invención;
la figura 2 ilustra una gráfica de factores de restauraciones comparativas de una turbina eólica calculados de

acuerdo con una realización de esta invención;

la figura 3 ilustra una población de turbinas eólicas y un sistema de control de acuerdo con una realización a modo de ejemplo de esta invención;

5 la figura 4 ilustra un sistema de procesamiento tal como uno incluido en el sistema de control y otros dispositivos de acuerdo con una realización a modo de ejemplo de esta invención; y

la figura 5 ilustra un diagrama de flujo de una realización a modo de ejemplo de un proceso de monitorización realizado por un sistema de control de acuerdo con esta invención.

Descripción detallada

10 Esta invención se refiere a determinar la calidad del mantenimiento de una turbina eólica. Más específicamente, esta invención se refiere a calcular un factor de restauración para una turbina eólica después de realizar el mantenimiento y comparar el factor de restauración con un factor de restauración de referencia para determinar la calidad del mantenimiento realizado.

15 Esta invención se refiere a una manera de proporcionar una métrica para determinar la calidad del mantenimiento realizado en la turbina eólica. Al usar la métrica para determinar la calidad del mantenimiento en la turbina, pueden reducirse las posibilidades de defectos inducidos por el mantenimiento. De acuerdo con esta invención, se usa un factor de restauración como una métrica de la calidad del mantenimiento realizado en la turbina. El factor de restauración es una relación del estado actual de los parámetros frente a un estado histórico o anterior de los parámetros. Por lo tanto, un factor de restauración se determina mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Factor de restauración} = P_{(k+1)} / P_{(k)}$$

25 donde k + 1 es el número del mantenimiento programado que se evalúa y k es el mantenimiento programado anterior y P es el índice de capacidad del mantenimiento.

30 El índice de capacidad se determina a partir de parámetros medidos de la turbina eólica. Algunos ejemplos de los parámetros que pueden usarse para determinar el factor de restauración incluyen, pero no se limitan a, la salida de potencia, el par, la corriente de entrada/salida y la tensión de entrada/salida. Puede usarse una combinación de parámetros de una manera formulada para determinar el índice de capacidad. Un ejemplo de cálculo de un índice de capacidad es aplicar la terminología Six Sigma, por ejemplo, un Cpk a los parámetros.

35 Idealmente, el factor de restauración después del mantenimiento programado es aproximadamente 1. En otras palabras, el mantenimiento restaura la turbina de nuevo a su capacidad inicial. Sin embargo, en funcionamiento, el factor de restauración puede ser cualquier número positivo como se muestra en el ejemplo de la figura 1.

40 Normalmente, los datos, para el índice de capacidad y a su vez el factor de restauración, se recogen durante un tiempo especificado después de un mantenimiento programado. Un factor de restauración puede determinarse de dos maneras, histórica y comparativamente. En un uso histórico, el índice de capacidad actual se compara con la capacidad inicial o histórica indexada determinada a partir de los parámetros medidos inmediatamente después de la puesta en servicio o la instalación de la turbina eólica. Para estos cálculos, el factor de restauración histórico muestra la calidad de la turbina eólica después de cada mantenimiento programado en comparación con la capacidad original de la turbina.

45 La figura 1 ilustra una gráfica de barras de los valores de restauración históricos para una turbina eólica desde la instalación hasta después del quinto mantenimiento programado. La barra 105 indica la capacidad de la turbina eólica después de la instalación. La capacidad se establece en 1, que muestra el 100 % de la capacidad de la turbina eólica después de la instalación.

50 La barra 110 indica que el factor de restauración es 1,308299924. Esto muestra que después del primer mantenimiento, la turbina eólica está funcionando a aproximadamente el 130 % de la capacidad medida después de la instalación. Por lo tanto, el mantenimiento de la turbina eólica ha aumentado la capacidad de la turbina eólica. Un experto en la materia puede ver que no se necesitan ajustes para el mantenimiento realizado ya que el mantenimiento ha restaurado la turbina eólica a una capacidad mayor que la que tenía la turbina eólica después de la instalación.

55 La barra 115 indica que el factor de restauración es 1,659378749. Esto muestra que después del segundo mantenimiento, la turbina eólica está funcionando a aproximadamente el 165 % de la capacidad medida después de la instalación. Por lo tanto, el mantenimiento de la turbina eólica ha aumentado nuevamente la capacidad de la turbina eólica. Un experto en la materia puede ver que no se necesitan ajustes para el mantenimiento realizado ya que el mantenimiento ha restaurado la turbina eólica a una capacidad mayor que la que tenía la turbina eólica después de la instalación.

60 La barra 120 indica que el factor de restauración es 1,470412914. Esto muestra que después del tercer mantenimiento, la turbina eólica está funcionando a aproximadamente el 147 % de la capacidad medida después de

la instalación. Por lo tanto, el mantenimiento de la turbina eólica ha aumentado la capacidad de la turbina eólica en relación con la instalación. Sin embargo, la capacidad de la turbina eólica ha disminuido desde el mantenimiento anterior. Un experto en la materia puede ver que se pueden necesitar ajustes para el mantenimiento realizado ya que el mantenimiento no ha restaurado la turbina eólica a la capacidad de la turbina eólica después del último mantenimiento programado. Sin embargo, el mantenimiento ha mantenido la capacidad de la turbina eólica en relación con el momento de la instalación. Por lo tanto, un experto en la materia puede querer determinar la causa de la disminución en la capacidad y realizar algunos cambios en el mantenimiento realizado durante el siguiente mantenimiento programado.

5
10
15 La barra 125 indica que el factor de restauración es 1,566797754. Esto muestra que después del cuarto mantenimiento, la turbina eólica está funcionando a aproximadamente el 157 % de la capacidad medida después de la instalación. Por lo tanto, el mantenimiento de la turbina eólica ha aumentado nuevamente la capacidad de la turbina eólica. Un experto en la materia puede ver que no se necesitan ajustes para el mantenimiento realizado ya que el mantenimiento ha restaurado la turbina eólica a una capacidad mayor que la que tenía la turbina eólica en la instalación y después del último mantenimiento programado.

20
25 La barra 130 indica que el factor de restauración es 1,002041868. Esto muestra que después del quinto mantenimiento, la turbina eólica está funcionando aproximadamente al 100 % de la capacidad medida después de la instalación. Por lo tanto, el mantenimiento de la turbina eólica ha mantenido la capacidad de la turbina eólica en relación con la instalación. Sin embargo, la capacidad de la turbina eólica ha disminuido desde el mantenimiento anterior. Un experto en la materia puede ver que pueden necesitarse ajustes para el mantenimiento realizado ya que el mantenimiento no ha restaurado la turbina eólica a la capacidad de la turbina eólica después del último mantenimiento programado. Sin embargo, el mantenimiento ha mantenido la capacidad de la turbina eólica en relación con la capacidad medida después de la instalación. Por lo tanto, un experto en la materia puede querer determinar la causa de la disminución en la capacidad y realizar algunos cambios en el mantenimiento realizado durante el siguiente mantenimiento programado.

30 Como puede verse a partir del ejemplo anterior, un factor de restauración histórico que muestra la capacidad de medición de la turbina eólica en comparación con la capacidad después de la instalación no puede dar la información completa acerca de la calidad del mantenimiento realizado. Por lo tanto, otras realizaciones proporcionan un factor de restauración comparativo que es la relación entre los índices de capacidad para un mantenimiento actual y un mantenimiento anterior. La relación comparativa puede usarse entonces para determinar la calidad del mantenimiento programado actualmente realizado.

35
40 Un factor de restauración comparativo compara un índice de capacidad actual determinado a partir de los datos recogidos después del mantenimiento programado actual con un índice de capacidad de referencia que se determina a partir de los datos recogidos después de un mantenimiento programado realizado anteriormente. Preferentemente, el mantenimiento programado anterior fue el mantenimiento que se produjo inmediatamente antes del mantenimiento programado actual. A menudo se usa una relación comparativa de factores de restauración para determinar la calidad del mantenimiento o la calidad de una pieza de repuesto.

45 La figura 2 ilustra una gráfica de barras de valores de restauración comparativos de una turbina eólica después de la instalación y los primeros cinco mantenimientos programados. La barra 205 indica el factor de restauración comparativo de la turbina eólica después de la instalación. Ya que no existe un factor de restauración anterior para comparar con el factor de restauración de la instalación, el factor de restauración se establece en 1 mostrando el 100 % de restauración para la turbina eólica después de la instalación.

50 La barra 210 indica que el factor de restauración es 1,308299924. Esto muestra que después del primer mantenimiento, la turbina eólica está funcionando a aproximadamente el 130 % de la capacidad medida después de la instalación. Por lo tanto, el mantenimiento de la turbina eólica ha aumentado la capacidad de la turbina eólica. Un experto en la materia puede ver que no se necesitan ajustes para el mantenimiento realizado ya que el mantenimiento ha restaurado la turbina eólica a una capacidad mayor que la que tenía la turbina eólica después de la instalación.

55
60 La barra 215 indica que el factor de restauración es 1,268348228. Esto muestra que después del segundo mantenimiento, la turbina eólica está funcionando a aproximadamente el 126 % de la capacidad medida de la turbina eólica después del primer mantenimiento programado. Por lo tanto, el mantenimiento de la turbina eólica ha aumentado nuevamente la capacidad de la turbina eólica. Un experto en la materia puede ver que no se necesitan ajustes para el mantenimiento realizado ya que el mantenimiento ha restaurado la turbina eólica a una capacidad mayor que la que tenía la turbina eólica después del mantenimiento realizado anteriormente.

65 El factor de restauración comparativo difiere del factor de restauración histórico en que el factor de restauración comparativo solo mide la diferencia en el factor de la restauración o la capacidad entre dos mantenimientos programados. Por ejemplo, el factor de restauración comparativo de la barra 215 muestra aproximadamente un aumento del 26 % en la capacidad si se compara con el factor de restauración del último mantenimiento mientras que la capacidad ha aumentado aproximadamente un 65 % sobre la capacidad de la turbina eólica después de la

instalación como lo muestra la barra 115 de la figura 1.

Haciendo referencia de nuevo a la figura 2, la barra 220 indica un factor de restauración comparativo de 0,886122542. Esto muestra que después del tercer mantenimiento, la turbina eólica está funcionando aproximadamente al 89 % de la capacidad medida después del segundo mantenimiento programado. Por lo tanto, el tercer mantenimiento programado de la turbina eólica solo ha restaurado parcialmente la capacidad de la turbina eólica en relación con la capacidad de la turbina eólica medida después del segundo mantenimiento programado. Un experto en la materia puede ver que pueden necesitarse ajustes para el mantenimiento realizado ya que el mantenimiento no ha restaurado la turbina eólica a la capacidad de la turbina eólica después del segundo mantenimiento programado. Por lo tanto, un experto en la materia puede querer determinar la causa de la disminución en la capacidad y realizar algunos cambios en el mantenimiento realizado durante el siguiente mantenimiento programado.

La barra 225 indica un factor de restauración comparativo de 1,065549506. Esto muestra que después del cuarto mantenimiento programado, la turbina eólica está funcionando aproximadamente al 106 % de la capacidad de la turbina eólica medida después del tercer mantenimiento programado. Por lo tanto, el mantenimiento de la turbina eólica ha aumentado nuevamente la capacidad de la turbina eólica. Un experto en la materia puede ver que no se necesitan ajustes para el mantenimiento realizado ya que el mantenimiento ha restaurado la turbina eólica a una capacidad mayor que la que tenía la turbina eólica después del último mantenimiento programado.

La barra 230 indica un factor de restauración comparativo de 0,639547679. Esto muestra que después del quinto mantenimiento programado, la turbina eólica está funcionando a aproximadamente el 64 % de la capacidad de la turbina eólica medida después del cuarto mantenimiento programado. Por lo tanto, la capacidad de la turbina eólica ha disminuido desde el mantenimiento anterior. Un experto en la materia puede ver que se pueden necesitar ajustes para el mantenimiento realizado ya que el mantenimiento no ha restaurado la turbina eólica a la capacidad de la turbina eólica después del último mantenimiento programado. Por lo tanto, un experto en la materia puede querer determinar la causa de la disminución en la capacidad y realizar algunos cambios en el mantenimiento realizado durante el siguiente mantenimiento programado.

Las figuras 3 y 4 ilustran normalmente componentes en los que pueden incorporarse los componentes que monitorizan los factores de restauración de acuerdo con esta invención. La figura 3 ilustra un ejemplo de una población 300 que incorpora un sistema de monitorización de restauración para cada turbina eólica de acuerdo con esta invención. La población 300 incluye unas turbinas eólicas 310 que están localizadas en un parque eólico próximas entre sí o dentro de la misma zona geográfica o en entornos similares. Las turbinas eólicas 310 son turbinas eólicas convencionales para generar energía y los componentes exactos de las turbinas individuales son inconsecuentes para la presente invención y, por lo tanto, se omiten por brevedad. Aunque este ejemplo tiene una población que transmite señales desde zonas remotas a una localización central, se prevé que puedan usarse otros métodos de notificación de fallos, que incluyen pero no se limitan a un técnico humano que introduce un informe de un fallo en el sistema.

Cada turbina eólica 310 transmite señales a través de una conexión 315 a un controlador de sistema 305. La conexión 315 puede ser cualquier medio de transmisión incluyendo pero no limitado a radiofrecuencia (RF), infrarrojos (IR), telefónico, o cualquier otra forma de conexión de comunicación. Cada turbina eólica 310 incluye unos dispositivos de monitorización que miden una propiedad de o la turbina eólica, un componente de la turbina eólica, o un subcomponente del componente de la turbina eólica. Para los fines de esta exposición, los componentes pueden incluir, pero no están limitados a, cajas de engranajes y generadores; los subcomponentes pueden incluir, pero no están limitados a, escobillas, anillos deslizantes y sistemas motores; y las propiedades pueden incluir, pero no están limitadas a, salida de potencia, par y revoluciones por minuto. Cada propiedad puede usarse para medir la condición de un componente o subcomponente. En algunas realizaciones, la señal puede ser una señal de fallo simple o un mensaje que indica el fallo del componente. En otras realizaciones, la señal puede ser un mensaje que transmite datos de la propiedad medida por el monitor. Además, el protocolo en el que los datos se transmiten a través de la conexión 315 no es importante para esta invención y se deja como una opción de diseño.

La señal se transmite a continuación a través de la conexión 315 al controlador de sistema 305. El controlador del sistema 305 es un sistema de procesamiento que se localiza o en la población o en alguna instalación remota de la población de las turbinas eólicas 310. La localización exacta del controlador de sistema 305 no es importante para el funcionamiento del sistema y se deja como una opción de diseño para los expertos en la materia.

La figura 4 ilustra un sistema de procesamiento 400 representativo del controlador de sistema 405 e incluye los componentes de un sistema de procesamiento necesarios para realizar los procesos de un sistema de acuerdo con esta invención. Un experto en la materia reconocerá que los componentes exactos del sistema se dejan a los expertos en la materia que diseñan un sistema de acuerdo con esta invención y que otros componentes que realizan las mismas funciones pueden usarse sin alejarse del sistema de acuerdo con esta invención. Además, un experto en la materia reconocerá que son posibles otras realizaciones que incluyen los procesos incorporados en el software, firmware o hardware sin alejarse de esta invención.

- 5 El sistema de procesamiento 400 incluye una unidad de procesamiento central (CPU) 405. La CPU 405 es un procesador, microprocesador, o cualquier combinación de procesadores y microprocesadores que ejecutan instrucciones para realizar los procesos de acuerdo con la presente invención. La CPU 405 se conecta al bus de memoria 410 y al bus de entrada/salida (E/S) 415. El bus de memoria 410 conecta la CPU 405 a las memorias 420 y 425 para transmitir datos e instrucciones entre las memorias y la CPU 405. El bus de E/S 415 conecta la CPU 405 a los dispositivos periféricos para transmitir datos entre la CPU 405 y los dispositivos periféricos. Un experto en la materia reconocerá que el bus de E/S 415 y el bus de memoria 410 pueden combinarse en un bus o subdividirse en muchos otros buses y la configuración exacta queda para los expertos en la materia.
- 10 Una memoria no volátil 420, tal como una memoria de solo lectura (ROM), está conectada al bus de memoria 410. La memoria no volátil 420 almacena instrucciones y datos necesarios para operar los diferentes subsistemas del sistema de procesamiento 400 y para arrancar el sistema al inicio. Un experto en la materia reconocerá que puede usarse cualquier número de tipos de memoria para realizar esta función.
- 15 Una memoria volátil 425, tal como una memoria de acceso aleatorio (RAM), está también conectada al bus de memoria 410. La memoria volátil 425 almacena las instrucciones y los datos necesarios por la CPU 405 para realizar las instrucciones de software para procesos tales como los procesos para proporcionar un sistema de acuerdo con esta invención. Un experto en la materia reconocerá que puede usarse cualquier número de tipos de memoria para proporcionar una memoria volátil y el tipo exacto usado se deja como una opción de diseño para los expertos en la materia.
- 20 El dispositivo de E/S 430, el teclado 435, el monitor 440, la memoria 445, el dispositivo de red 450 y cualquier número de otros dispositivos periféricos se conectan al bus de E/S 415 para intercambiar datos con la CPU 405 para su uso en aplicaciones que se ejecutan por la CPU 405. El dispositivo de E/S 430 es cualquier dispositivo que transmite y/o recibe datos de la CPU 405. El teclado 435 es un tipo específico de E/S que recibe la entrada del usuario y transmite la entrada a la CPU 405. El monitor 440 recibe los datos de visualización de la CPU 405 y muestra las imágenes en una pantalla para que el usuario las vea. La memoria 445 es un dispositivo que transmite y recibe datos hacia y desde la CPU 405 para almacenar datos en un medio. El dispositivo de red 450 conecta la CPU 405 a una red para la transmisión de datos hacia y desde otros sistemas de procesamiento.
- 25 La figura 5 ilustra una realización del proceso para monitorizar un factor de restauración de acuerdo con esta invención. El proceso 500 comienza en la etapa 505 instalando y/o poniendo en marcha una turbina eólica de una manera convencional. En la etapa 510, los puntos de datos para al menos un parámetro usado para determinar el índice de capacidad se recogen de una manera convencional como se describe con respecto a la figura 3. En la etapa 515, se determina un índice de capacidad histórico a partir de los datos recogidos en la etapa 510 y se almacena para análisis futuros. Como se ha indicado anteriormente, el índice de capacidad histórico puede calcularse aplicando el parámetro Cpk de la terminología Six Sigma al parámetro o los parámetros medidos.
- 30 En la etapa 520, se establece un índice de capacidad de referencia igual a un índice de capacidad determinado anteriormente. En el caso inmediatamente después de la puesta en marcha de la turbina eólica, el factor de restauración de referencia se establece en la capacidad histórica y se almacena para su uso. En la etapa 525, se produce un mantenimiento programado. Después de realizar el mantenimiento programado, los datos para los parámetros especificados se recogen nuevamente en respuesta al mantenimiento de la etapa 530.
- 35 En la etapa 535, se determina a continuación un índice de capacidad actual a partir de los datos recogidos en la etapa 530. Como se ha indicado anteriormente, el índice de capacidad actual puede calcularse aplicando el parámetro Cpk de la terminología Six Sigma al parámetro o los parámetros medidos. A continuación se calcula un factor de restauración comparativo para el mantenimiento programado dividiendo el índice de capacidad actual por el índice de capacidad de referencia en la etapa 545. A continuación, puede calcularse un factor de restauración histórico dividiendo el factor de capacidad actual por el factor de capacidad histórico en la etapa 550.
- 40 Basándose en los factores de restauración calculados en las etapas 545 y 550, se hacen las modificaciones para el mantenimiento a realizar para la turbina eólica durante el siguiente mantenimiento programado en la etapa 450. Algunos ejemplos de modificación incluyen programar un mantenimiento adicional, cambiar el tipo de componentes usados en la reparación, y programar inspecciones de la turbina eólica. Después de la etapa 550, el proceso 500 se repite desde la etapa 520.
- 45 La anterior es una descripción detallada de las realizaciones a modo de ejemplo de un sistema de supervisión de acuerdo con esta invención. Se prevé que los expertos en la materia puedan diseñar y diseñen sistemas alternativos que infrinjan esta invención como se establece en las siguientes reivindicaciones.
- 50

REIVINDICACIONES

1. Un método (500) para determinar la calidad de un mantenimiento programado realizado en una turbina eólica (310) que comprende:
- 5 recoger una primera pluralidad de puntos de datos para cada uno de los parámetros especificados de dicha turbina eólica (510);
determinar un índice de capacidad de referencia a partir de dicha primera pluralidad de puntos de datos de dichos parámetros especificados (515);
- 10 recoger una segunda pluralidad de puntos de datos para cada uno de dichos parámetros especificados de dicha turbina eólica en respuesta a un mantenimiento programado (530);
determinar un índice de capacidad actual a partir de dicha segunda pluralidad de datos para dichos parámetros especificados (535);
- 15 caracterizado por calcular un factor de restauración a partir de dicho índice de capacidad de referencia y dicho índice de capacidad actual en el que dicho factor de restauración muestra la calidad de dicho mantenimiento programado realizado en dicha turbina eólica (545).
2. El método (500) de la reivindicación 1 que comprende además:
- 20 almacenar dicho índice de capacidad actual para su uso como dicho índice de capacidad de referencia para un factor de restauración calculado posterior.
3. El método (500) de la reivindicación 1 que comprende además:
- 25 recoger una pluralidad inicial de puntos de datos para cada uno de dichos parámetros especificados en respuesta a instalar dicha turbina eólica (510); y
determinar un índice de capacidad histórico a partir de dicha pluralidad inicial de puntos de datos para dicha pluralidad de parámetros (515).
- 30 4. El método (500) de la reivindicación 3 que comprende además:
almacenar dicho índice de capacidad histórico en respuesta a determinar dicho índice de capacidad histórico.
- 35 5. El método (500) de la reivindicación 3 que comprende además:
calcular un factor de restauración histórico a partir de dicho índice de capacidad actual y dicho índice de capacidad histórico sensible a la determinación de dicho índice de capacidad actual que indica la calidad de dicho mantenimiento programado realizado (550).
- 40 6. El método (500) de la reivindicación 5 que comprende además:
modificar el mantenimiento a realizar en dicha turbina eólica durante un próximo mantenimiento programado en respuesta a dicha calidad de dicho mantenimiento programado realizado en dicha turbina eólica determinada a partir de dicho factor de restauración histórico (555).
- 45 7. El método (500) de la reivindicación 1 que comprende además:
modificar el mantenimiento a realizar en dicha turbina eólica durante un próximo mantenimiento programado en respuesta a dicha calidad de dicho mantenimiento programado realizado en dicha turbina eólica determinada a partir de dicho factor de restauración (555).
- 50 8. El método (500) de la reivindicación 1, en el que dicho índice de capacidad se determina aplicando un Cpk de la terminología Six Sigma a dichos parámetros especificados.
- 55 9. Un producto para determinar la productividad de una turbina eólica (310) que comprende:
instrucciones para dirigir una unidad de procesamiento para:
recoger una primera pluralidad de puntos de datos para cada uno de los parámetros especificados de dicha turbina eólica (510),
60 determinar un índice de capacidad de referencia a partir de dicha primera pluralidad de puntos de datos de dichos parámetros especificados (515),
recoger una segunda pluralidad de puntos de datos para cada uno de dichos parámetros especificados de dicha turbina eólica en respuesta a un mantenimiento programado (530),
determinar un índice de capacidad actual a partir de dicha segunda pluralidad de datos para dichos parámetros especificados (530),
65 calcular un factor de restauración a partir de dicho índice de capacidad de referencia y dicho índice de capacidad

actual en el que dicho factor de restauración muestra la calidad de dicho mantenimiento programado realizado en dicha turbina eólica (545); y un medio legible por dicha unidad de procesamiento que almacena dichas instrucciones.

5 10. El producto de la reivindicación 9, en el que dichas instrucciones comprenden además:

instrucciones para dirigir dicha unidad de procesamiento para almacenar dicho índice de capacidad actual para su uso como dicho índice de capacidad de referencia para un factor de restauración calculado posterior.

10 11. El producto de la reivindicación 9, en el que dichas instrucciones comprenden además:

instrucciones para dirigir dicha unidad de procesamiento para:

15 recoger una pluralidad inicial de puntos de datos para cada uno de dichos parámetros especificados en respuesta a instalar dicha turbina eólica (510); y determinar un índice de capacidad histórico a partir de dicha pluralidad inicial de puntos de datos para dicha pluralidad de parámetros (515).

20 12. El producto de la reivindicación 11, en el que dichas instrucciones comprenden además:

instrucciones para dirigir dicha unidad de procesamiento para:

almacenar dicho índice de capacidad histórico en respuesta a determinar dicho índice de capacidad histórico.

25 13. El producto de la reivindicación 11, en el que dichas instrucciones comprenden además:

instrucciones para dirigir dicha unidad de procesamiento para:

30 calcular un factor de restauración histórico a partir de dicho índice de capacidad actual y dicho índice de capacidad histórico sensible a la determinación de dicho índice de capacidad actual que indica la calidad de dicho mantenimiento programado realizado (550).

14. El producto de la reivindicación 13, en el que dichas instrucciones comprenden además:

35 instrucciones para dirigir dicha unidad de procesamiento para:

40 modificar el mantenimiento a realizar en dicha turbina eólica durante un próximo mantenimiento programado en respuesta a dicha calidad de dicho mantenimiento programado realizado en dicha turbina eólica determinada a partir de dicho factor de restauración histórico (555).

15. El producto de la reivindicación 9, en el que dichas instrucciones comprenden además:

instrucciones para dirigir dicha unidad de procesamiento para:

45 modificar el mantenimiento a realizar en dicha turbina eólica durante un próximo mantenimiento programado en respuesta a dicha calidad de dicho mantenimiento programado realizado en dicha turbina eólica determinada a partir de dicho factor de restauración (555).

16. El producto de la reivindicación 9, en el que dichas instrucciones comprenden además:

50 instrucciones para dirigir dicha unidad de procesamiento para:

determinar dicho índice de capacidad aplicando un Cpk de la terminología Six Sigma a dichos parámetros especificados.

55 17. Un aparato (305) para determinar la productividad de una turbina eólica (310) que comprende:

60 circuitería (510) configurada para recoger una primera pluralidad de puntos de datos para cada uno de los parámetros especificados de dicha turbina eólica,
circuitería (515) configurada para determinar un índice de capacidad de referencia a partir de dicha primera pluralidad de puntos de datos de dichos parámetros especificados,
circuitería (530) configurada para recoger una segunda pluralidad de puntos de datos para cada uno de dichos parámetros especificados de dicha turbina eólica en respuesta a un mantenimiento programado,
circuitería (535) configurada para determinar un índice de capacidad actual a partir de dicha segunda pluralidad de datos para dichos parámetros especificados,
65 circuitería (545) configurada para calcular un factor de restauración a partir de dicho índice de capacidad de

referencia y dicho índice de capacidad actual en el que dicho factor de restauración muestra una calidad de dicho mantenimiento programado realizado en dicha turbina eólica.

5 18. El aparato (305) de la reivindicación 17 que comprende además:

circuitería configurada para almacenar dicho índice de capacidad actual para su uso como dicho índice de capacidad de referencia para un factor de restauración calculado posterior.

10 19. El aparato (305) de la reivindicación 17 que comprende además:

circuitería (510) configurada para recoger una pluralidad inicial de puntos de datos para cada uno de dichos parámetros especificados en respuesta a instalar dicha turbina eólica; y circuitería (515) configurada para determinar un índice de capacidad histórico a partir de dicha pluralidad inicial de puntos de datos para dicha pluralidad de parámetros.

15 20. El aparato (305) de la reivindicación 19 que comprende además:

circuitería configurada para almacenar dicho índice de capacidad histórico en respuesta a determinar dicho índice histórico.

20 21. El aparato (305) de la reivindicación 19 que comprende además:

circuitería (550) configurada para calcular un factor de restauración histórico a partir de dicho índice de capacidad actual y dicho índice de capacidad histórico sensible a la determinación de dicho índice de capacidad actual que indica la calidad de dicho mantenimiento programado realizado.

25 22. El aparato (305) de la reivindicación 19 que comprende además:

circuitería (555) configurada para modificar el mantenimiento a realizar en dicha turbina eólica durante un próximo mantenimiento programado en respuesta a dicha calidad de dicho mantenimiento programado realizado en dicha turbina eólica determinada a partir de dicho factor de restauración histórico.

30 23. El aparato (305) de la reivindicación 17 que comprende además:

circuitería (555) configurada para modificar el mantenimiento a realizar en dicha turbina eólica durante un próximo mantenimiento programado en respuesta a dicha calidad de dicho mantenimiento programado realizado en dicha turbina eólica determinada a partir de dicho factor de restauración.

35 40 24. El aparato (305) de la reivindicación 17, en el que dicha circuitería configurada para determinar dicho índice de capacidad actual comprende:

circuitería configurada para determinar dicho índice de capacidad aplicando un Cpk de la terminología Six Sigma a dichos parámetros especificados.

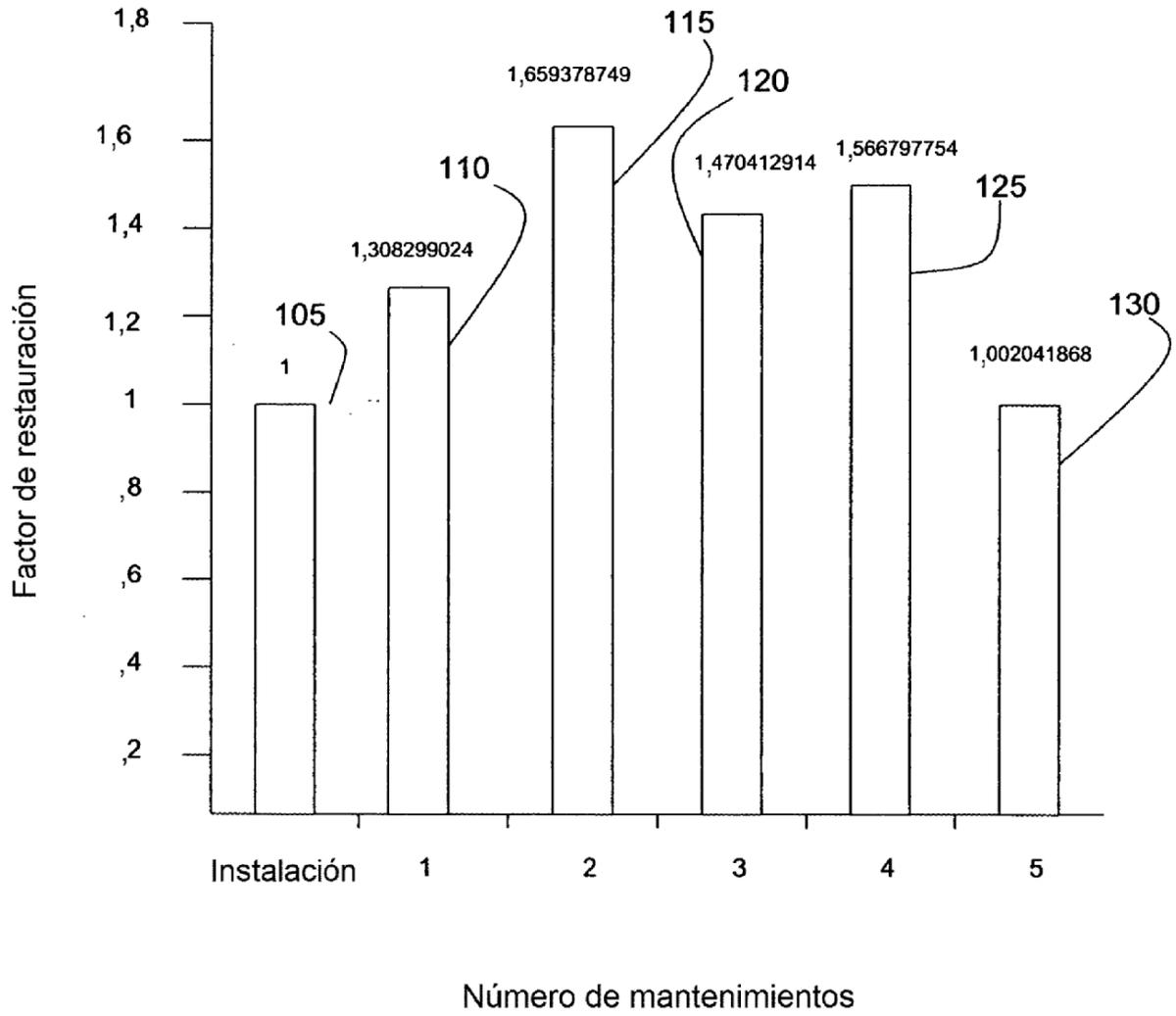


Figura 1

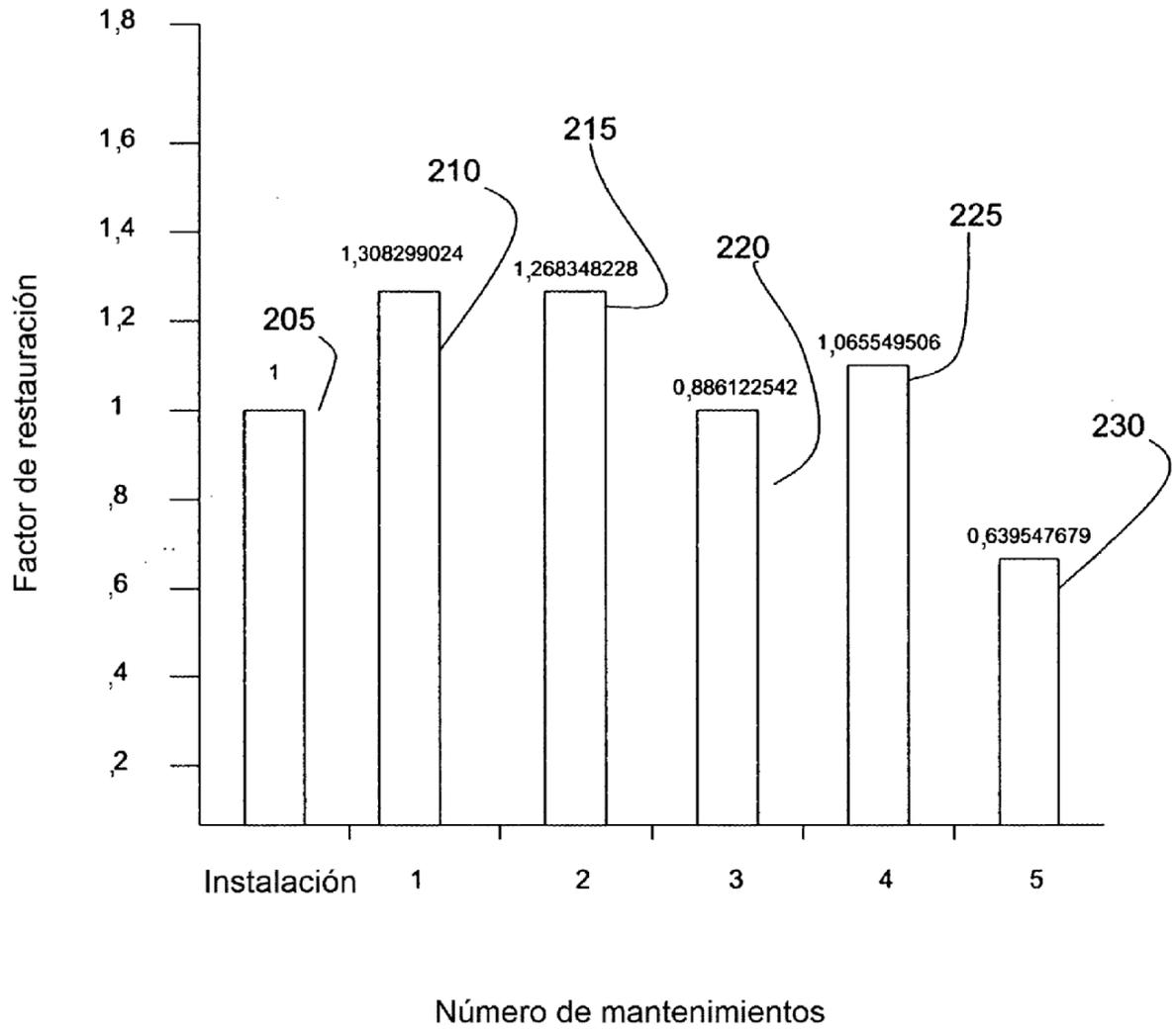


Figura 2

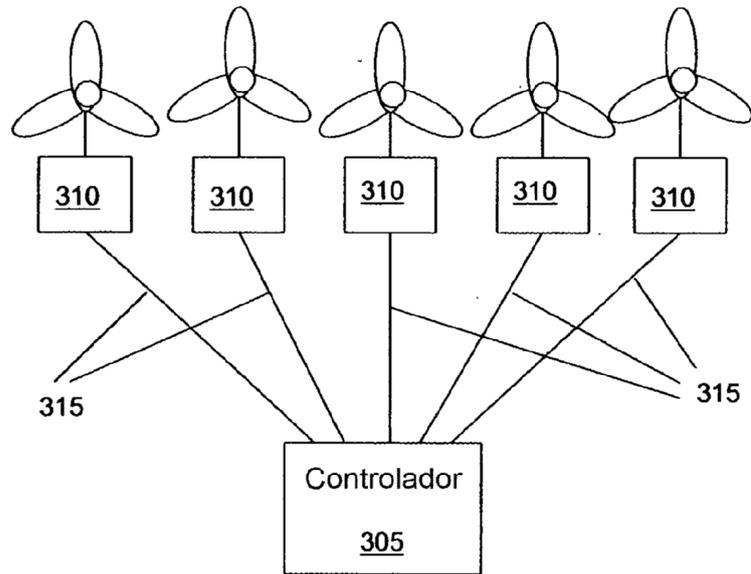


Figura 3

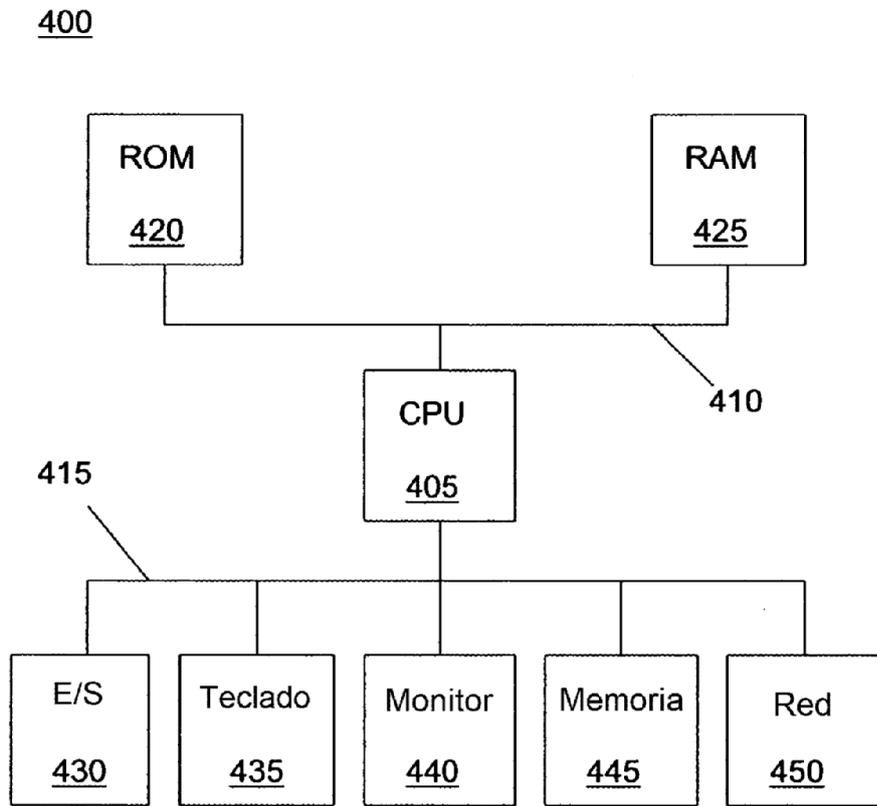


Figura 4

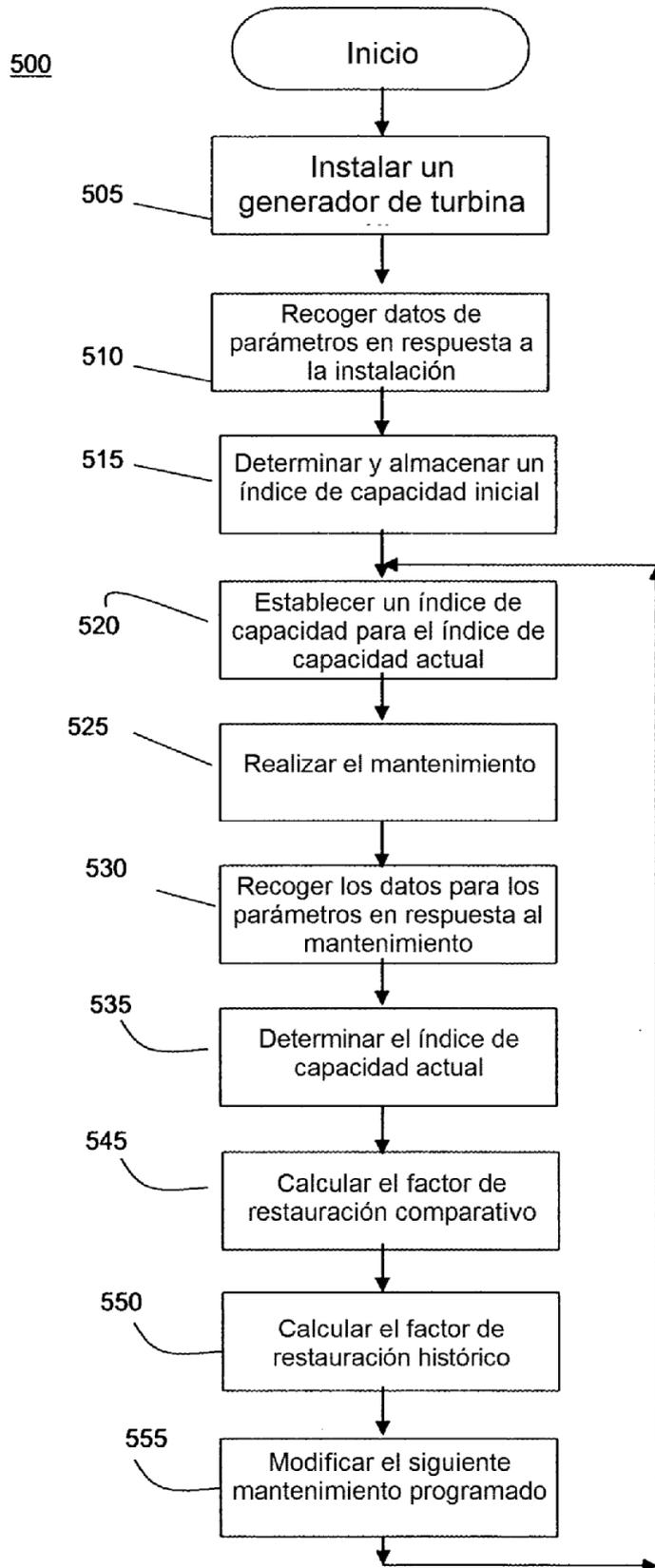


Figura 5