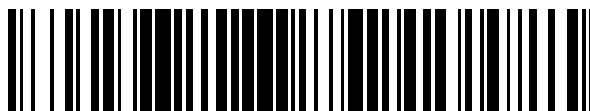


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 377 103**

51 Int. Cl.:
G01N 25/72 (2006.01)
F03D 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **08855855 .6**
96 Fecha de presentación: **24.11.2008**
97 Número de publicación de la solicitud: **2215462**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **11.08.2010**

54 Título: **Procedimiento para probar un álabe de rotor de una central eólica y equipo de prueba**

30 Prioridad:
07.12.2007 DE 102007059502

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
22.03.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
22.03.2012

73 Titular/es:
**Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V.
Hansastraße 27c
80686 München, DE**

72 Inventor/es:
ADERHOLD, Jochen

74 Agente/Representante:
Zuazo Araluze, Alexander

ES 2 377 103 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para probar un álabe de rotor de una central eólica y equipo de prueba

5 La invención se refiere a un procedimiento para probar un álabe de rotor de una central eólica, que cuando funciona la central eólica barre una superficie de recorrido del álabe del rotor y un equipo de prueba para realizar el procedimiento. Según un segundo aspecto, se refiere la invención a un equipo de prueba para centrales eólicas.

10 Los álabes del rotor de centrales eólicas son componentes sometidos a fuertes cargas y debe comprobarse regularmente si existen faltas estructurales. Una tal prueba cuesta mucho tiempo y dinero cuando los álabes del rotor están montados en una central eólica, ya que los mismos son difícilmente accesibles. Esto es así en particular cuando se trata de centrales eólicas situadas en mar abierto.

15 El documento US 4,854,724 A da a conocer un procedimiento para realizar análisis no destructivos de cordones de soldadura y puntos de soldadura. Allí se utiliza un procedimiento termográfico, en el que se calienta el punto de soldadura o el cordón de soldadura a investigar y su entorno y se sigue la evolución de la temperatura y el comportamiento al enfriarse mediante una cámara termográfica. Un inconveniente es que el procedimiento no puede utilizarse cuando el objeto se mueve. Para probar así los álabes del rotor deberían por lo tanto detenerse las centrales eólicas.

20 El documento US 6,419,387 B1 da a conocer igualmente un procedimiento termográfico, en el que se calientan pequeñas partes de la superficie de una pieza que ha de probarse y a continuación se observa la evolución de la temperatura y el comportamiento al enfriarse. El documento US 6,419,387 B1 propone un procedimiento de retícula, con el que también pueden analizarse componentes de mayor superficie rápida y económicamente. Desgraciadamente tampoco es posible esto cuando funciona la central eólica. Lo mismo vale en relación con el documento WO 2006/074 938 A1, que igualmente da a conocer un procedimiento termográfico para analizar si existen daños estructurales en un componente. Tampoco puede realizarse este procedimiento durante el funcionamiento de una central eólica.

30 El documento WO 03/069324 A da a conocer un procedimiento con el que puede investigarse sobre una base termográfica si el adhesivo que al endurecerse se calienta existe en todos los puntos previstos. El procedimiento descrito en el documento WO 03/069324 A1 sirve exclusivamente para el control del proceso de producción y por lo tanto tampoco puede utilizarse cuando un álabe de rotor gira durante el funcionamiento de una central eólica.

35 La prueba de álabes de rotor con termografía se conoce además por el artículo "Thermographic inspection of rotor blades" (Inspección termográfica de alabes de rotor) de P. MEINL SCHMIDT y colab., E-Journal of nondestructiv testing and ultrasonics (diario electrónico de pruebas no destructivas y ultrasónicas) vol. 11, págs. 1-9 (2006) y "La termografía de flujo térmico descubre puntos de falta invisibles", de N. BAUER y colab., Werkstattstechnik online (Técnica de fábrica online) 94 (2004), núm. 3, págs. 469-479.

40 La invención tiene como tarea básica proporcionar un procedimiento para probar un álabe de rotor de una central eólica con el que puedan reducirse los inconvenientes del estado de la técnica. Además, debe proporcionarse un equipo de prueba con el que pueda realizarse el procedimiento.

45 La invención resuelve la tarea mediante un procedimiento con las siguientes etapas

- a) emisión de un rayo de luz dirigida, en particular de un rayo de luz dirigida que posee una densidad de potencia correspondiente al rayo de luz dirigida, en una dirección del rayo de luz dirigida sobre la superficie barrida por el álabe del rotor;
- 50 b) captación de una eventual reflexión del rayo de luz dirigida en el punto de choque contra el álabe del rotor mediante un equipo de detección
- c) inmediatamente tras la captación de la reflexión, emisión controlada eléctricamente de un rayo láser de medida con una densidad de potencia en el rayo láser de medida superior a la densidad de potencia del rayo de luz dirigida, sobre el punto de choque, con lo que el álabe del rotor se calienta en el punto de choque;
- 55 d) medición de la variación de la temperatura en el punto de choque y
- e) repetición de las etapas a) a d) para varios puntos de choque.

60 Antes de la emisión de un rayo de luz dirigida en la etapa a) del procedimiento, se orienta la fuente de luz dirigida hacia la superficie barrida por el álabe del rotor. El rayo de luz dirigida emitido a continuación choca bien contra un álabe de rotor y se refleja al menos parcialmente y retrocede así o bien se introduce entre dos álabes de rotor. Para que el rayo de luz dirigida en el último caso citado no origine ningún daño en la continuación de su trayectoria, presenta el rayo de luz dirigida una densidad de potencia correspondiente al rayo de luz dirigida relativamente pequeña, de por ejemplo menos de 1 mW/mm², preferiblemente inferior a 0,1 mW/mm².

65 La parte de la luz del rayo de luz dirigida reflejada tras la reflexión del rayo de luz dirigida sobre un álabe de rotor, se detecta en la etapa b) del procedimiento. Inmediatamente tras la captación de la luz del rayo de luz dirigida reflejada por

- 5 el álabe del rotor, se emite el rayo láser de medida. Entre la captación de la luz reflejada por el rayo de luz dirigida y la emisión del rayo láser de medida, hay un espacio de tiempo ventajosamente inferior a 10 ms, de manera especialmente preferente inferior a 5 ms. Así queda asegurado que la prueba se realiza con la mayor rapidez posible. Además, mediante este pequeño intervalo de tiempo queda asegurado que el rayo láser dirigido y el rayo láser de medida chocan contra el álabe del rotor en el mismo lugar, aún cuando el álabe del rotor, incluso cuando la central eólica está detenida, puede realizar un pequeño movimiento, por ejemplo vibraciones, debido por ejemplo al viento.
- 10 El rayo láser de medida presenta una densidad de energía correspondiente al rayo láser de medida que es mayor que la densidad de energía del rayo de luz dirigida, y que por ejemplo es de más de 50 mW/mm^2 . Así queda asegurado que el rayo láser de medida choca contra el álabe del rotor que ha de probarse.
- 15 El rayo láser de medida choca contra el álabe del rotor a probar. Debido a ello se calienta el álabe del rotor en el punto de choque. Tras un cierto espacio de tiempo, de por ejemplo 10 segundos, se desconecta el rayo láser de medida. Con ello se detiene el calentamiento del álabe del rotor en el punto de choque. En la siguiente etapa del procedimiento se miden la distribución de la temperatura en la superficie del álabe del rotor en el punto de choque del rayo láser de medida y alrededor del mismo. Con posterioridad se describirán detalles sobre la medición y la evaluación de los datos obtenidos. Una vez que se ha medido la distribución de la temperatura, se repiten las etapas a) a d) del procedimiento en otro punto de choque del álabe del rotor. Así puede probarse el álabe del rotor en una amplia zona espacial.
- 20 Ventajosamente se mide una distribución espacial de la temperatura. Tras la desconexión del rayo láser de medida, se mide la distribución de la temperatura en la superficie del álabe del rotor, con resolución en cuanto a cada punto, en una zona cuyo diámetro por ejemplo corresponde a cinco veces el diámetro que tenía el rayo láser de medida en el punto de choque.
- 25 Ventajosamente se mide al menos también una distribución de la temperatura en el tiempo. En este caso se mide tras la desconexión del rayo láser de medida la distribución de la temperatura en la superficie del álabe del rotor que ha de probarse, con resolución en cuanto a cada punto, en distintos momentos.
- 30 Ventajosamente se descubren a partir de las distribuciones espaciales y/o temporales de las temperaturas faltas de homogeneidad y, cuando la falta de homogeneidad sobrepasa un valor de umbral predeterminado, se emite una señal. Tras la desconexión del rayo láser de medida, se evacúa la energía aportada a la superficie del álabe del rotor debida al rayo láser de medida hacia el material del álabe del rotor. Debido a ello desciende la temperatura en la superficie del álabe del rotor. La velocidad con la que se evacúa la energía térmica aportada por el rayo láser de medida, y con ello también la velocidad con la que desciende la temperatura en la superficie del álabe del rotor, depende de la conductividad térmica del material del álabe del rotor. Un álabe de rotor compuesto por un material homogéneo, posee también una conductividad térmica homogénea. Esto significa que el transporte del calor aportado discurre a la misma velocidad en todas las direcciones, con lo que la temperatura desciende igualmente en todos los puntos con la misma curva característica.
- 35 El rayo láser de medida choca contra el álabe del rotor en un punto de choque. En este lugar presenta el rayo láser de medida una sección que idealmente tiene forma circular y cuyo radio es de por ejemplo 15 mm. Dentro de esta sección la densidad de potencia de rayo láser de medida no es constante, descendiendo la misma desde el centro de la sección hacia el borde. Esto significa que en el centro del punto de choque se ha transmitido más energía al álabe de rotor a probar. Debido a ello, tampoco es constante la distribución de la temperatura en la superficie del álabe de rotor en el punto de choque. También desciende la misma desde el centro del punto de choque hasta el borde. Al respecto el radio de la sección del rayo láser de medida es la distancia desde el centro de la sección hasta el punto en el que la potencia del rayo láser de medida que choca es la mitad de la potencia del rayo láser de medida que choca en el centro de la sección.
- 40 Puesto que la evacuación del calor aportado por el rayo láser de medida y con ello el descenso de la temperatura en la superficie del álabe del rotor, cuando los materiales son homogéneos, discurre en todas direcciones con la misma rapidez, la temperatura medida en una posición sólo depende de la distancia al centro del punto de choque. Los datos obtenidos mediante una medida de la distribución espacial de la temperatura en la superficie del álabe del rotor son por ello, en un álabe de rotor intacto, esencialmente simétricos a la rotación alrededor del centro del punto de choque. Si permanece ahora por ejemplo un punto caliente durante un tiempo claramente superior al de otros puntos que se encuentran a la misma distancia del centro del punto de choque, ello puede venir provocado por ejemplo por una oclusión de aire que se encuentra debajo. Éste tiene una conductividad térmica claramente inferior a la del material que lo rodea, con lo que aquí la energía térmica aportada por el rayo láser de medida no puede evacuarse tan rápidamente a través del material.
- 45 Un posible valor de medida con el que pueden medirse las faltas de homogeneidad es la diferencia entre una temperatura máxima y una mínima, que se miden sobre un anillo alrededor del centro del punto de choque. Si esta diferencia sobrepasa un valor de umbral previamente fijado, se emite una señal. Ésta es emitida por ejemplo online o por radio a un puesto de control o un centro de cálculo.
- 50
- 55
- 60
- 65

5 Para medir la variación de la temperatura en el tiempo, se toman varios resultados de medida de la distribución espacial de la temperatura en distintos momentos. A partir de los mismos, se calcula la derivada de la temperatura en un determinado punto en función del tiempo. A partir de ello puede deducirse el flujo térmico y a partir de éste también la conductividad térmica. Para un medio homogéneo la conductividad térmica es constante en el espacio. Por ello depende la derivada de la temperatura en una posición sobre el álabe del rotor en función del tiempo sólo de la distancia entre esta posición y el centro del punto de choque. Si esta derivada es ahora en un determinado punto claramente inferior a en los otros puntos que se encuentran a la misma distancia al centro del punto de choque, esto indica que hay una oclusión de aire bajo la superficie del álabe del rotor. Para determinar la falta de homogeneidad, se averigua por ejemplo la derivada de la temperatura en función del tiempo a lo largo de un anillo, cuyo centro es el centro del punto de choque. Si sobrepasa la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo de esta derivada un valor de umbral previamente fijado, se emite una señal.

15 Ventajosamente se mide la distribución de la temperatura con una cámara térmica. Ésta se ajusta tal que la misma capta una zona sobre la superficie del álabe del rotor en cuyo centro se encuentra el punto de choque del rayo láser de medida. La zona a medir es por ejemplo un círculo con un diámetro de entre cinco y diez veces el diámetro del punto de choque.

20 Ventajosamente varía la dirección del rayo de luz dirigida tras la medición de la distribución de la temperatura. Con ello queda asegurado que en el siguiente ciclo del procedimiento se comprueba otro punto de choque. Al respecto hay que tener en cuenta que tanto el rayo láser dirigido como también el rayo láser de medida chocan entonces bajo otro ángulo contra el álabe del rotor. En particular el rayo de luz dirigida se refleja en consecuencia bajo otro ángulo, lo que puede hacer variar claramente la intensidad de la luz a captar tras la reflexión. Para tener esto en cuenta, se aumenta o reduce la sensibilidad de la captación del rayo de luz dirigida tras la reflexión en un álabe del rotor.

25 Ventajosamente se realiza el procedimiento mientras los álabes del rotor están detenidos. De esta manera se alcanza una precisión de medida especialmente elevada.

30 Ventajosamente posee el rayo láser de medida una longitud de onda que se encuentra más allá del espectro visible para las personas. De esta manera queda asegurado que el rayo láser de medida no provoca ningún daño o bien daños mínimos cuando el mismo por ejemplo no choca contra un álabe de rotor debido a un funcionamiento incorrecto. Pero también cuando se comprueban puntos sobre la superficie del álabe del rotor sobre los que no incide perpendicularmente el rayo láser de medida, puede haber peligro. En este caso, al igual que en el rayo de luz dirigida, se refleja una parte de la luz incidente. Puesto que el rayo láser de medida tiene, tal como antes se ha descrito, una elevada densidad de potencia correspondiente al rayo láser de medida, origina el mismo un considerable peligro, que puede minimizarse eligiendo óptimamente la longitud de onda del rayo láser de medida.

40 Preferiblemente está fijado el álabe de rotor a probar a un cubo y el rayo de luz dirigida se emite sobre puntos de choque a distinta distancia radial del cubo. De esta manera queda asegurado que el álabe del rotor a probar se comprueba de una manera completa. Tal como ya se ha descrito, ha de adaptarse dado el caso la sensibilidad del equipo empleado para detectar la luz reflejada del rayo de luz dirigida a un ángulo de choque y por lo tanto ángulo de reflexión de la luz dado el caso variable.

45 Preferiblemente se emiten el rayo láser de medida y el rayo de luz dirigida en un ciclo común de emisión. Con ello queda asegurado que un rayo láser de medida emitido choca contra una hoja del rotor, ya que evidentemente también se ha reflejado el rayo de luz dirigida.

50 Preferiblemente emite el rayo de luz dirigida y el rayo láser de medida un equipo de medida montado sobre una segunda central eólica. En este caso choca el rayo de luz dirigida, al menos en el entorno próximo al cubo al que está fijado el álabe del rotor a probar, esencialmente en perpendicular al álabe del rotor, con lo que puede reflejarse la máxima intensidad del rayo de luz dirigida. Además, queda asegurado que en particular el rayo láser de medida no se encuentra a la altura de los ojos de eventuales transeúntes o animales, donde podría originar daños.

55 Un equipo de prueba correspondiente a la invención para centrales eólicas incluye una fuente de luz dirigida, que posee una densidad de potencia del rayo de luz dirigida, un dispositivo detector, configurado para detectar una eventual reflexión del rayo de luz dirigida en un álabe del rotor de la central eólica, un láser de medida que posee una densidad de potencia del láser de medida que es mayor que la densidad de potencia del rayo de luz dirigida y que está configurado para emitir un rayo láser de medida en una dirección del rayo láser de medida, así como un equipo para medir la temperatura, destinado a medir la distribución de la temperatura en el punto de choque, así como un equipo de control eléctrico conectado con la fuente de luz dirigida, al equipo de detección, al láser de medida y al equipo de medición de la temperatura y que está equipado para realizar uno de los procedimientos antes citados.

60 Como láser dirigido y de medida son especialmente adecuados láseres de diodos, así como láseres de cuerpo sólido. Pero también puede pensarse en otros tipos de láseres. La densidad de potencia del rayo de luz dirigida es por ejemplo inferior a 1 mW/mm^2 , ventajosamente inferior a $0,1 \text{ mW/mm}^2$. El rayo láser de medida por el contrario presenta una densidad de medida correspondiente al rayo láser de medida de por ejemplo 50 mW/mm^2 . Mediante el equipo de control

eléctrico queda asegurado que el procedimiento puede realizarse automatizado. Una rutina previamente ajustada, que escanea toda la superficie del álabe del rotor mediante una adecuada elección de los puntos de choque, puede realizarse tan sencillamente que reduce claramente el gasto en personal y con ello los costes necesarios.

5 Ventajosamente puede ajustarse accionada por motor la fuente de luz dirigida en la dirección del rayo de luz dirigida y el láser de medida en la dirección del rayo láser de medida. De esta manera puede ajustarse la dirección con una precisión claramente mayor que cuando los láseres tuviesen que ajustarse manualmente y además ello incrementa la reproducibilidad. Así puede por ejemplo ajustarse y reajustarse de nuevo con facilidad y exactitud por ejemplo un punto sobre un álabe de rotor en el que los datos registrados son incorrectos o en el que los datos registrados precisen de una comprobación.

10 Ventajosamente, en un parque eólico con dos centrales eólicas está fijado al menos a una de las centrales eólicas uno de los equipos de prueba descritos, que están equipados para realizar un procedimiento antes descrito. Esto es ventajoso en particular para parques eólicos en alta mar, ya que los mismos son difícilmente accesibles, por lo que la prueba de álabes de rotores de estas centrales eólicas es complicada y costosa. Además en alta mar es a menudo necesaria con bastante más frecuencia la comprobación de los álabes del rotor de las centrales eólicas, ya que los mismos se desgastan más rápidamente debido a las condiciones atmosféricas más extremas y a la influencia continua de la sal.

15 Con ayuda de un dibujo se describirá a continuación un ejemplo de ejecución de la invención más en detalle. Se muestra en

20 figura 1 dos centrales eólicas, de las cuales una está equipada con un equipo de prueba para realizar un procedimiento correspondiente a la invención.

25 La figura 1 muestra una primera central eólica 1 y una segunda central eólica 2, cada una con una torre 10.1 y 10.2 y cada una con una góndola 11.1 y 11.2. Las góndolas 11.1 y 11.2 sustentan respectivos cubos 12.1 y 12.2, alrededor de los que giran los álabes del rotor 13.1, 13.2 13.3, y 13.4 allí fijados. Ambas centrales eólicas 1 y 2 se encuentran a una distancia R. La distancia R es por lo general de entre 200 y 900 metros. Sobre la góndola 11.2 de la segunda central eólica 2 está fijado un equipo de prueba 14 correspondiente a la invención, que dispone de un láser dirigido, un dispositivo detector, un láser dirigido y un equipo de medición de la temperatura 15. De estos componentes del equipo de prueba 14 sólo se muestra el equipo de medición de la temperatura 15 en la figura 1.

30 Al comienzo del procedimiento para comprobar si existen faltas estructurales en el álabe del rotor 13.1, envía el equipo de prueba 14 mediante el láser dirigido allí incluido un rayo del láser dirigido 20 en dirección hacia la superficie barrida por los álabes del rotor 13.1 y 13.2 de la central eólica 1. El rayo láser dirigido choca entonces contra la superficie de choque 16 del álabe del rotor 13.1 de la central eólica 1. Allí se refleja al menos una parte de la luz y se devuelve en la dirección del equipo de prueba 14 sobre la góndola 11.2 de la central eólica 2. Mediante el dispositivo detector incluido en el equipo de prueba 14 se detecta esta parte devuelta del rayo láser dirigido 20. Para ello no es necesario que al inicio se haya emitido un rayo láser, siendo básicamente adecuado todo procedimiento con el que pueda detectarse la posición de los álabes de rotor a medir. Mediante la utilización de la combinación de rayo láser dirigido 20 y rayo láser de medida 21, que preferiblemente se envían en un ciclo de rayos, queda garantizada no obstante una elevada exactitud y reproducibilidad. Si ha detectado el dispositivo detector incluido en el equipo de prueba 14 una reflexión del rayo láser dirigido 20 sobre la superficie de choque 16 en el álabe del rotor 13.1, entonces se emite un rayo láser de medida 21. En la figura 1 se representan el rayo láser dirigido 20 y el rayo láser de medida 21 ligeramente decalados. No obstante, aún cuando esto es posible, ventajosamente se emiten en un ciclo de rayos.

35 El rayo láser de medida 21 choca contra el álabe del rotor 13.1 en el punto de choque 16. Debido a la elevada densidad de potencia del rayo láser de medida 21, aumenta la temperatura del álabe del rotor 13.1 en el punto de choque y el calor que allí se genera se evacúa a través del material del álabe del rotor. La velocidad con la que esto ocurre y la extensión espacial que se alcanza dependen de la conductividad térmica del material del álabe del rotor 13.1. Ésta se modifica mediante faltas estructurales, como por ejemplo grietas u oclusiones de aire, con lo que se detecta otro perfil de temperatura cuando el punto de choque presenta faltas estructurales. Mediante el dispositivo de medición de la temperatura 15, que puede ser por ejemplo una cámara térmica integrada en el equipo de prueba 14, se mide la distribución de la temperatura en el punto de choque 16 en el álabe del rotor 13.1. Entonces puede medirse una distribución espacial de la energía térmica, así como también la evolución en el tiempo del transporte del calor. A partir de la comparación de los datos así captados con los datos conocidos de un álabe de rotor intacto, pueden descubrirse faltas de homogeneidad y faltas estructurales.

40 Puesto que el procedimiento puede realizarse a través de una distancia R relativamente grande, puede estar montado un equipo de prueba adecuado también sobre el suelo o por ejemplo de forma móvil en un automóvil. Así resulta el procedimiento de utilización flexible y no tiene que comprarse para cada central eólica un equipo de prueba propio, lo que reduce claramente los costes del proceso de mantenimiento.

65

LISTA DE REFERENCIAS

	1	Primera central eólica
	2	Segunda central eólica
5	10	Torre de una central eólica
	11	Góndola
	12	Cubo
	13	Álabe de rotor
	14	Equipo de prueba
10	15	Dispositivo de medición de la temperatura
	16	Superficie de choque
	20	Rayo láser dirigido
	21	Rayo láser de medida
15		

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para probar un álabe de rotor (13) de una central eólica (1), que cuando funciona la central eólica (1) barre una superficie de recorrido del álabe del rotor, con las etapas
- 10 a) emisión de un rayo de luz dirigida (20), en particular de un rayo de luz dirigida (20) que posee una densidad de potencia correspondiente al rayo de luz dirigida, en una dirección del rayo de luz dirigida sobre la superficie barrida por el álabe del rotor;
- 15 b) captación de una eventual reflexión del rayo de luz dirigida (20) en el punto de choque (16) contra el álabe del rotor mediante un equipo de detección,
- c) inmediatamente tras la captación de la reflexión, emisión controlada eléctricamente de un rayo láser de medida (21) con una densidad de potencia en el rayo láser de medida superior a la densidad de potencia del rayo de luz dirigida, sobre el punto de choque (16), con lo que el álabe del rotor (13) se calienta en el punto de choque;
- d) medición de la variación de la temperatura en el punto de choque (16) y
- e) repetición de las etapas a) a d) para varios puntos de choque (16).
- 20 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** se mide una distribución espacial de la temperatura.
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** se mide una distribución de la temperatura en al menos dos momentos distintos.
- 25 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 2 ó 3, **caracterizado porque** la distribución de la temperatura se mide con una cámara térmica (15).
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 2 a 4, **caracterizado por** las etapas:
- 30 - detección de faltas de homogeneidad a partir de la distribución espacial y/o temporal de la temperatura y
- emisión de una señal cuando se sobrepasa un valor de umbral predeterminado para al menos una de las faltas de homogeneidad.
- 35 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por** la etapa:
- tras la medición de la distribución de la temperatura, modificación de la dirección del rayo de luz dirigida.
- 40 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** se realiza mientras los álabes del rotor (13) están detenidos.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el rayo láser de medida (21) posee una longitud de onda que se encuentra más allá del espectro visible humano.
- 45 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque**
- 50 - el álabe del rotor (13) está fijado a un cubo (12) y el rayo de luz dirigida (20) se envía sobre puntos de choque (16) situados a distintas distancias radiales del cubo (12).
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el rayo láser de medida (21) y el rayo de luz dirigida (20) se envían en un ciclo común de rayos.
- 55 11. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el rayo de luz dirigida (20) y el rayo láser de medida (21) se envían desde un equipo de medida (14) montado en una segunda central eólica (2).
- 60 12. Equipo de prueba para centrales eólicas, con:
- (a) una fuente de luz dirigida, que posee una densidad de potencia del haz de luz dirigida,
- 65 (b) un dispositivo de detección, configurado para detectar una eventual reflexión del rayo de luz dirigida (20) en un punto de choque (16) contra un álabe de rotor (13) de la central eólica (1),

- 5 (c) un láser de medida, que posee una densidad de potencia del láser de medida que es mayor que la densidad de potencia del rayo de luz dirigida y que está configurado para emitir un rayo láser de medida (21) en una dirección del rayo láser de medida,
- (d) un equipo de medida de la temperatura para medir una distribución de la temperatura en el punto de choque (16), y
- (e) un sistema de control eléctrico, conectado con la fuente de luz dirigida, el dispositivo de captación, el láser de medida y el equipo de medida de la temperatura y que está equipado para realizar un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 11.
- 10 13. Equipo de prueba según la reivindicación 12,
caracterizado porque el rayo de luz dirigida (20) puede ajustarse accionado por motor en su dirección del rayo de luz dirigida y el láser de medida (21) puede ajustarse accionado por motor en su dirección del rayo láser de medida.
- 15 14. Parque eólico con al menos dos centrales eólicas (1, 2),
caracterizado porque sobre una de las centrales eólicas (2) está fijado un equipo de prueba (14) según la reivindicación 12, que está equipado para realizar un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 11 en un álabe de rotor (13) de otra central eólica (1).

