

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 665 598**

51 Int. Cl.:

**G01R 31/40** (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.10.2015** **E 15192260 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.01.2018** **EP 3018487**

54 Título: **Procedimiento y sistema de inspección de una central solar fotovoltaica**

30 Prioridad:

**04.11.2014 FR 1460606**

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

**26.04.2018**

73 Titular/es:

**COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET  
AUX ENERGIES ALTERNATIVES (100.0%)  
Bâtiment "Le Ponant D" 25, rue Leblanc  
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**HA, DUY LONG**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 665 598 T3**

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

**DESCRIPCIÓN**

Procedimiento y sistema de inspección de una central solar fotovoltaica

5 La presente invención se refiere a un procedimiento de control de la calidad de módulos solares de una central solar fotovoltaica que tiene como propósito detectar eventuales defectos.

Una central solar fotovoltaica es un conjunto que incluye una pluralidad de módulos solares fotovoltaicos (FV) unidos entre sí, destinado a producir electricidad. Se extiende sobre una gran superficie, que puede alcanzar varios km<sup>2</sup>.

10 Los documentos de los Estados Unidos US2012/0268149A y US2011/0036344A describen unos procedimientos de control de los módulos solares.

15 Los módulos, constituidos por células fotovoltaicas, son susceptibles de presentar unos defectos que tienen potencialmente un impacto sobre la productividad de la central. Por lo tanto, es importante poder detectar y localizar estos defectos, de manera que se intervenga al nivel del módulo defectuoso para repararlo. Generalmente, un operario de mantenimiento equipado con una cámara térmica pasa sucesivamente delante de los diferentes módulos FV para realizar unas tomas de vista térmica. Los datos térmicos recogidos de este modo se analizan, con el fin de detectar en ellos una zona defectuosa potencial. Como variante, el operario puede desenchufar cada módulo que hay que controlar y determinar la característica corriente-tensión, o I(V), del módulo con la ayuda de un trazador IV. Si se detectan una o varias zonas defectuosas potenciales, se pone en marcha una intervención de reparación. Esta necesita generalmente una parada de funcionamiento temporal de la central FV, lo que representa una pérdida de producción no desdeñable.

25 Teniendo en cuenta la superficie de una central FV, una operación de mantenimiento de este tipo resulta muy costosa en tiempo y en pérdida de producción. Además, muy a menudo adolece de fiabilidad. De hecho, las zonas defectuosas potenciales detectadas pueden resultar que no son defectuosas en realidad. De ello resulta que la pérdida de producción causada por una intervención de reparación puede resultar *a posteriori* injustificadas. Esto puede disuadir a la persona que explota una central FV de realizar una operación de mantenimiento de este tipo.

30 La presente invención viene a mejorar la situación.

A tal efecto, la invención se refiere a un procedimiento de inspección de una central solar fotovoltaica que incluye una pluralidad de módulos solares, caracterizado por que comprende una etapa de determinación de una ventana temporal de inspección durante la que una potencia prevista de iluminación solar destinada a ser recibida por un módulo fotovoltaico es superior o igual a un umbral predefinido y durante la ventana temporal de inspección determinada, para cada módulo de un conjunto de módulos solares que incluye al menos un parte de la pluralidad de módulos solares de la central:

- 40
- una etapa de determinación de una temperatura válida de funcionamiento de módulo fotovoltaico;
  - una etapa de recogida de datos térmicos relativos al módulo fotovoltaico y
  - una etapa de análisis de los datos térmicos recogidos para detectar una eventual zona defectuosa del módulo fotovoltaico, cuya temperatura es tal que el desvío entre la temperatura de dicha zona defectuosa y la temperatura válida del módulo fotovoltaico es superior a un umbral predefinido, siendo la temperatura de dicha zona más elevada que la temperatura válida.
- 45

La invención consiste en definir, de forma juiciosa, una ventana temporal de inspección de la central fotovoltaica en transcurso de funcionamiento y, durante esta ventana de inspección, en determinar la temperatura válida del módulo, es decir, su temperatura normal de funcionamiento. La ventana temporal de inspección se elige de tal modo que la temperatura válida, o normal, de funcionamiento del módulo determinada durante esta ventana constituye una temperatura de referencia que es pertinente para discriminar de forma fiable los puntos calientes de un módulo, que corresponden a una zona defectuosa, y las zonas sin defectos. Gracias a esto, la detección de defectos, o de zonas defectuosas, es muy fiable, de modo que una intervención de reparación de la central, con parada momentánea de esta, puede ponerse en marcha de forma justificada.

55 El procedimiento puede comprender todo o parte de las siguientes características adicionales:

- la etapa de determinación de una temperatura válida de funcionamiento del módulo fotovoltaico comprende una subetapa de medición de una temperatura ambiente, una subetapa de determinación de una potencia de iluminación solar recibida por el módulo y una subetapa de cálculo de la temperatura válida de funcionamiento del módulo a partir de la temperatura ambiente y de la potencia de iluminación solar determinada;
  - la potencia de iluminación solar recibida por el módulo fotovoltaico está determinada a partir de una medición de la potencia de iluminación solar recibida por una célula fotovoltaica de referencia del módulo;
  - se determina una ventana temporal de inspección a partir de un intervalo horario diario predefinido y de datos de previsiones meteorológicas;
- 60
- 65

- como continuación a la detección de una zona defectuosa en un módulo, se prevé una etapa de marcado físico de dicho módulo;
- estando los datos térmicos recogidos por un dispositivo de toma de vista térmica, se prevé una etapa de control de la calidad de los datos térmicos recogidos que consiste en verificar unas condiciones de toma de vista y la calidad de la toma de vista;
- comprende una etapa de desplazamiento a lo largo de un trayecto de inspección dentro de la central fotovoltaica por un dispositivo de recogida de datos térmicos y por que la etapa de determinación de una temperatura válida de funcionamiento de módulo se ejecuta en una sucesión de puntos de control a lo largo del trayecto, siendo dicha temperatura válida determinada en un punto de control válida para una pluralidad de módulos;
- comprende una etapa de determinación de un número de dispositivos de recogida de datos térmicos destinados a inspeccionar la central fotovoltaica y, para cada dispositivo de recogida, de un trayecto de inspección que hay que recorrer, a partir de un plano de la central fotovoltaica y de la ventana de inspección determinada y de manera que se satisfaga al menos una de las restricciones del grupo que incluye la duración de la ventana de inspección, la velocidad de desplazamiento de un dispositivo de recogida y la capacidad de medición de un dispositivo de recogida.

La invención también se refiere a un sistema de inspección de una central solar fotovoltaica que incluye una pluralidad de módulos solares, caracterizado por que comprende un dispositivo de supervisión que incluye un módulo de determinación de una ventana temporal de inspección durante la que una potencia prevista de iluminación solar destinada a ser recibida por un módulo fotovoltaico es superior o igual a un umbral predefinido y al menos un dispositivo de recogida destinado a recorrer un trayecto de inspección de módulos solares durante la ventana temporal de inspección determinada y que incluye:

- un módulo de determinación de una temperatura válida de funcionamiento de módulo fotovoltaico;
- un módulo de recogida de datos térmicos, destinado a recoger unos datos térmicos relativos a un módulo fotovoltaico y
- un módulo de análisis de datos térmicos recogidos para detectar una eventual zona defectuosa del módulo fotovoltaico, cuya temperatura es tal que el desvío entre la temperatura de dicha zona defectuosa y la temperatura válida del módulo fotovoltaico es superior a un umbral predefinido, siendo la temperatura de dicha zona más elevada que la temperatura válida.

Ventajosamente, el sistema comprende todo o parte de las siguientes características adicionales:

- el módulo de determinación de una ventana temporal de inspección está dispuesto para determinar dicha ventana temporal de inspección a partir de un intervalo horario diario predefinido y de datos de previsiones meteorológicas;
- el dispositivo de recogida comprende un módulo de marcado físico de un módulo que incluye una zona defectuosa;
- el dispositivo de recogida incluye un módulo de marcado destinado a asociar unos datos de localización y/o de identificación de un módulo que contiene una zona defectuosa a unos datos relativos a dicha zona defectuosa;
- el dispositivo de recogida comprende un módulo de control de la calidad de los datos térmicos recogidos adaptado para verificar unas condiciones de toma de vista y la calidad de las tomas de vista;
- el dispositivo de supervisión incluye un módulo de determinación de un número de dispositivos de recogida de datos térmicos destinados a inspeccionar la central fotovoltaica y, para cada dispositivo de recogida, de un trayecto de inspección que hay que recorrer, a partir de un plano de la central fotovoltaica y de la ventana de inspección determinada y de manera que se satisfaga al menos una de las restricciones del grupo que incluye la duración de la ventana de inspección, la velocidad de desplazamiento de un dispositivo de recogida y la capacidad de medición de un dispositivo de recogida;
- el dispositivo de supervisión incluye un módulo de determinación de un número de dispositivos de recogida de datos térmicos destinados a inspeccionar la central fotovoltaica y, para cada dispositivo de recogida, de un trayecto de inspección que hay que recorrer, a partir de un plano de la central fotovoltaica y de la ventana de inspección determinada y de manera que se satisfaga al menos una de las restricciones del grupo que incluye la duración de la ventana de inspección, la velocidad de desplazamiento de un dispositivo de recogida y la capacidad de medición de un dispositivo de recogida.

La invención se comprenderá mejor con la ayuda de la siguiente descripción de un modo de realización particular de un procedimiento de inspección de módulos solares de una central solar fotovoltaica, según un modo de realización particular de la invención, con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

- La figura 1 representa de forma simplificada un recorrido de un dispositivo de recogida en una central solar fotovoltaica, según un primer ejemplo de realización;
- La figura 2 representa de forma simplificada diferentes recorridos realizados por diferentes dispositivos de recogida en una central solar fotovoltaica, según un segundo ejemplo de realización;
- La figura 3 representa de forma esquemática el dispositivo de recogida de la figura 1 en transcurso de inspección de un módulo fotovoltaico;

- Las figuras 4A y 4B representan un organigrama de las etapas del procedimiento de inspección de una central solar fotovoltaica, según un modo de realización particular de la invención;
- La figura 5 representa un esquema de bloque funcional de un dispositivo maestro de supervisión de un sistema de supervisión, según una forma de realización particular;
- 5 - La figura 6 representa un esquema de bloque funcional de un dispositivo esclavo de recogida de un sistema de supervisión, según una forma de realización particular.

10 El procedimiento de la invención permite realizar una inspección de una central fotovoltaica 100 que incluye una pluralidad de módulos solares fotovoltaicos con la finalidad de detectar en ellos una o varias eventual(es) zona(s) defectuosa(s), o defecto(s), estando la central en transcurso de funcionamiento durante la inspección. La central FV está instalada en un lugar dado. Los módulos solares FV están dispuestos, por ejemplo, en hileras paralelas. Se señala como "X" el número tal de módulos solares FV de una central FV, "j" el índice de un módulo, estando j comprendido entre 1 y X y  $m_j$  representa el módulo de índice j.

15 De entrada, señalemos que los elementos idénticos o correspondientes representados en las diferentes figuras llevan las mismas referencias, salvo indicación contraria.

20 En el ejemplo de realización descrito en este documento, el procedimiento está implementado por un sistema de inspección que incluye un dispositivo maestro de supervisión 1 y uno o varios dispositivos esclavos 2A, 2B, ..., de recogida de datos relativos a los módulos FV.

25 El dispositivo maestro de supervisión 1 dispone de un plano del lugar de la central fotovoltaica 100 almacenado en una base de datos, o memoria, 10. Se trata, por ejemplo, de un ordenador portátil destinado a ser utilizado por un operario de mantenimiento y que incluye una interfaz hombre-máquina (teclado, pantalla, ..) no representada. El dispositivo 1 integra los módulos o elementos siguientes:

- un módulo 11 de determinación del número de dispositivos de recogida necesarios para inspeccionar una central FV y, para cada dispositivo de recogida, de un trayecto de inspección de al menos una parte de la central FV;
- un módulo 12 de generación de puntos de control PCi;
- 30 • un módulo 13 de determinación de una ventana temporal de inspección de la central fotovoltaica;
- un módulo 14 de análisis de datos recogidos por un dispositivo esclavo, que integra una herramienta de tratamiento de imagen y de la señal;
- un módulo 15 de comunicación, por vía radio o alámbrica, con una red de comunicación tal como Internet y
- un módulo 16 de comunicación por vía radio con unos dispositivos esclavos de recogida;
- 35 • una unidad central de mando 17, en este caso concreto, un microprocesador, a la que todos los elementos del dispositivo 1 están conectados y destinada a controlar el funcionamiento de estos elementos.

40 Un trayecto de inspección de un dispositivo de recogida es un itinerario en el lugar de la central FV, a lo largo de los módulos FV, destinado a estar recorrido por el dispositivo de recogida durante una operación de inspección de la central FV.

45 Por definición, un punto de control, señalado como PCi, representa en este documento una posición a lo largo de un trayecto de inspección al nivel de la que el dispositivo de recogida está destinado, en concreto, a recoger unos datos relativos a un módulo FV, tal como unos datos térmicos. Los puntos de control sucesivos pueden estar separados los unos de los otros a lo largo del trayecto de inspección por una distancia dada o por una duración de desplazamiento dada.

Cada dispositivo de recogida 2A (2B, 2C, ...) incluye los módulos o elementos siguientes:

- 50 - un módulo 20 de determinación de una temperatura válida, o normal, de funcionamiento del módulo FV;
- un módulo 21 de recogida de datos relativos a un módulo FV, por ejemplo, una cámara térmica, que incluye en este documento unos sensores adecuados para efectuar unas tomas de vista térmica;
- un sensor de temperatura 22, destinado a medir una temperatura ambiente;
- un sensor de irradiancia 23, destinado a medir la potencia de iluminación solar que impacta, por ejemplo, en una
- 55 - célula FV de referencia de un módulo FV;
- un módulo de análisis 24, destinado a efectuar un análisis de datos recogidos con la finalidad de detectar en ellos uno o varios defectos;
- un módulo 25 de asistencia de navegación y de toma de vista, destinado a controlar el desplazamiento del dispositivo de recogida 2A y a controlar la calidad de los datos recogidos, en concreto, las condiciones de toma
- 60 - de vista y la calidad de las tomas de vista;
- un módulo de marcado 26;
- un módulo 27 de comunicación con el dispositivo maestro 1;
- una base de datos, o memoria, local 28;
- una unidad central de mando 29, en este caso concreto, un microprocesador, a la que todos los elementos del
- 65 - dispositivo 1 están conectados y destinada a controlar el funcionamiento de estos elementos;
- una interfaz hombre-máquina no representada.

Cada dispositivo de recogida 2A (2B, 2C, ...) lo puede llevar un vehículo de transporte, tal como un dron. El vehículo de transporte puede estar mandado a distancia y/o programado por el dispositivo de supervisión 1. No obstante, se podría considerar que el dispositivo de recogida lo lleve un operario o usuario.

5 En este momento, se va a describir con referencia a la figura 4 el procedimiento de inspección de una central solar fotovoltaica 100, según un modo de realización particular de la invención, con referencia a las figuras 4A y 4B.

10 El procedimiento comprende una fase preliminar PREL de determinación de una ventana temporal de inspección  $V_{insp}$  y de determinación de uno o varios trayecto(s) de inspección destinado(s) a estar recorrido(s) por uno o varios dispositivo(s) esclavo(s) de recogida durante esta ventana de inspección  $V_{insp}$ . Esta fase preliminar PREL está implementada por el dispositivo maestro 1. Está realizada de forma anticipada, antes de la inspección en el lugar de la central FV 100 en trascurso de funcionamiento. Tiene como propósito planificar la inspección, en concreto, prever una ventana temporal  $V_{insp}$  pertinente para la inspección, el número de dispositivos de recogida necesarios para inspeccionar la central FV 100 durante esta ventana temporal  $V_{insp}$  y el o los trayectos destinados a estar recorridos por el o los dispositivos de recogida durante la inspección. La fase preliminar PREL comprende cuatro etapas E0 a E3 descritas a continuación.

15 La primera etapa E0 es una etapa de recogida de datos DATOS\_meteo de previsión meteorológica durante los días venideros. Estos datos pueden obtenerse en un lugar de informaciones meteorológicas de la red Internet al que está conectado el dispositivo de supervisión 1.

20 Luego, durante la etapa E1, el dispositivo maestro 1 determina una ventana temporal de inspección  $V_{insp}$ , durante la que la potencia prevista de iluminación solar, o irradiancia prevista, que está prevista que sea recibida por un módulo fotovoltaico de la central FV es superior o igual a un umbral predefinido de radiancia  $U_{rad}$ . Por ejemplo, el umbral de radiancia  $U_{rad}$  es igual a  $800 \text{ W.m}^{-2}$ . La ventana  $V_{insp}$  está determinada en este documento a partir de un intervalo horario diario preestablecido  $\Delta T$ , por ejemplo, 12 h-14 h, almacenado en memoria y unos datos de previsión meteorológica obtenidos DATOS\_meteo. El intervalo horario  $\Delta T$  corresponde a un rango horario durante el que la irradiancia tiene más probabilidad de ser superior al umbral  $U_{rad}$  durante una jornada cualquiera. La ventana  $V_{insp}$  está definida por unos datos temporales que incluyen en este documento una fecha FECHA, una hora de inicio  $T_{start}$  y una hora de final  $T_{end}$ . La hora de inicio es igual o posterior a 12 h, mientras que la hora de final  $T_{end}$  es igual o anterior a 14 h.

25 Como variante, para determinar la ventana temporal de inspección  $V_{insp}$ , se pueden tener en cuenta igualmente datos de previsión de la producción de la central FV.

30 La trayectoria de navegación puede optimizarse de manera que se maximice el espacio recorrido (o distancia recorrida) respetando al mismo tiempo el tiempo limitado. A tal efecto, se puede utilizar un algoritmo de optimización conocido tal como el algoritmo que permite calcular el camino más corto. Se realiza una optimización multivariable si el número de dispositivos esclavos es superior a uno.

35 El procedimiento se continúa por la etapa E2 de determinación del número de dispositivo(s) esclavos necesarios y, para cada dispositivo esclavo 2A (2B, 2C, ...), de un trayecto que hay que recorrer 3A (3B, 3C, ...). Esta etapa E2 está realizada a partir de datos de cartografía relativos al plano del lugar de la central FV 100, almacenada en memoria en el dispositivo maestro 1 y de la ventana temporal de inspección prevista  $V_{insp}$ . En este documento consiste en resolver un problema de optimización definido por unas restricciones que hay que satisfacer y un objeto que hay que alcanzar:

- restricciones:
  - 40 i. restricción temporal de duración entre  $T_{start}$  y  $T_{end}$ ;
  - ii. restricción de velocidad de desplazamiento de cada dispositivo esclavo;
  - iii. capacidad de medición de cada dispositivo esclavo;
- objetivo: recorrer toda la central FV (como variante, lo más rápidamente posible)

45 Un dispositivo esclavo puede estar equipado con uno o varios tipos de sensor (por ejemplo, sensor de termografía, sensor de fotografía, sensor de fotoluminiscencia). En función del o de los sensor(es) utilizado(s), las restricciones de medición pueden ser diferentes (en concreto, tiempo de exposición, restricción de estabilización, etc.). Estas restricciones determinan la capacidad de medición del dispositivo esclavo.

50 A partir de los datos de plano del lugar y de la ventana de inspección prevista  $V_{insp}$ , de las restricciones que hay que satisfacer y del objetivo que hay que alcanzar, el dispositivo de supervisión 1 determina el número de dispositivo(s) de recogida que hay que utilizar y define un trayecto que hay que recorrer para cada uno de ellos (etapa E2). Además, durante la etapa E2, el dispositivo maestro 1 define en este documento una sucesión de puntos de control PCi (con i igual a 1, 2, ..., N) a lo largo del trayecto de cada dispositivo esclavo. Los puntos de control sucesivos PCi

están adaptados para que las tomas de vista térmica sucesivamente realizadas al nivel de estos puntos de control PCI cubran la totalidad de los módulos situados a lo largo del recorrido.

5 Durante la etapa E3, el trayecto que hay que recorrer 3A (3B, 3C, ...), con la indicación de los puntos de control PCI a lo largo del recorrido, se transmite a cada dispositivo de recogida en cuestión.

10 En las figuras 1 y 2, se han representado unos trayectos de inspección de una central FV por unos dispositivos de recogida según dos ejemplos de realización. En la figura 1, se ha representado el trayecto 3A de un dispositivo de recogida 2A que permite inspeccionar completamente una central FV 100 durante la ventana de inspección  $V_{insp}$ . En la figura 2, se han representado los trayectos 3A-3C de tres dispositivos de recogida 2A-2C que permiten la inspección de otra central FV 100, más extendida, durante la ventana temporal  $V_{insp}$ .

15 En este momento, se va a describir la fase de inspección INSP de la central FV, estando ésta en funcionamiento, por el sistema de inspección. Tomemos el ejemplo de la figura 2 de una central FV destinada a ser inspeccionada por tres dispositivos de recogida 2A, 2B, 2B supervisados por un dispositivo maestro 1, en la fecha FECHA y durante la ventana temporal  $V_{insp}$  comprendida entre  $T_{start}$  y  $T_{end}$ .

20 Esta fase INSP está implementada en el lugar de la central FV, mientras que la central FV funciona. Arranca en el instante  $T_{start}$  de inicio de la ventana temporal de inspección, en la fecha FECHA determinada, durante una etapa E10.

Durante una etapa E11, cada dispositivo esclavo 2A (2B, 2C) se desplaza a lo largo de su trayecto 3A (3B, 3C).

25 Paralelamente, en transcurso del desplazamiento a lo largo del trayecto 3A (3B, 3C), el dispositivo esclavo 2A (2B, 2C) verifica si su posición corriente corresponde a un punto de control PCI, durante una etapa de test E12.

Las etapas E11 y E12 están implementadas por el módulo de asistencia 25.

30 Si el test E12 es negativo (rama N en la figura 4A), el procedimiento regresa a la etapa E11 y continua su desplazamiento.

35 Si el test E12 es positivo (rama Y en la figura 4A), dicho de otra manera, si el dispositivo esclavo 2A (2B, 2C) se encuentra en un punto de control PCI, el procedimiento pasa a una etapa E13 de determinación de la temperatura  $T_{m,j}$  de un módulo fotovoltaico, señalado como "m<sub>j</sub>" y de índice j, situado en la proximidad, o al nivel, del punto de control PCI. La temperatura determinada  $T_{m,j}$  corresponde a una temperatura válida de funcionamiento del módulo de índice j, es decir, a la temperatura normal del módulo cuando funciona correctamente. Está determinada por la siguiente relación simplificada:

$$T_{m,j} = T_{a,j} - 25 + \left( \frac{G_T}{G_{NOCT}} \right) * (T_{NOCT} - 20).$$

40 donde:

- $T_{a,j}$ , expresada en °C, representa la temperatura ambiente alrededor del módulo m<sub>j</sub>;
- $G_T$ , expresada en W/m<sup>2</sup>, representa la radiancia global recibida por el módulo m<sub>j</sub>;
- 45 -  $T_{NOCT}$ , expresada en °C, representa la temperatura de funcionamiento del módulo en unas condiciones estándar y está fijada, por ejemplo, a 47 °C;
- $G_{NOCT}$ , expresada en W/m<sup>2</sup>, representa la radiancia recibida por el módulo m<sub>j</sub> en unas condiciones estándar.

50 La temperatura válida de funcionamiento del módulo de índice j podría estar determinada de manera diferente, en concreto, por una relación diferente (más compleja).

55 La etapa E13 comprende tres subetapas E130-E132: una subetapa E130 de medición de una temperatura ambiente, una subetapa E131 de medición de la irradiancia solar y una subetapa E132 de cálculo de la temperatura válida, o normal,  $T_{m,j}$  del módulo m<sub>j</sub>.

60 La subetapa E130 consiste en medir la temperatura ambiente  $T_{a,j}$  alrededor del módulo m<sub>j</sub> con la ayuda del sensor térmico 22 que lo lleva el dispositivo esclavo 2A (2B, 2C). Como variante, se podría medir una sola vez, o un número limitado de veces, la temperatura ambiente del lugar  $T_a$ , por ejemplo, en inicio de trayecto y eventualmente en medio de trayecto, que se utilizaría para calcular las temperaturas de los diferentes módulos de la central FV recorridos por el dispositivo esclavo 2A (2B, 2C).

La subetapa E131 consiste en medir la irradiancia solar que impacta en una célula de referencia del módulo m<sub>j</sub> y en determinar la irradiancia solar  $IR_{m_j}$  que impacta en el módulo m<sub>j</sub> multiplicando la irradiancia medida por el número de células FV del módulo m<sub>j</sub>. Por definición, la irradiancia solar es la potencia de la iluminación solar que impacta por

## ES 2 665 598 T3

unidad de superficie. Se expresa en  $W.m^{-2}$ . La célula de referencia puede ser una cualquiera de las células fotovoltaicas que constituyen el módulo  $m_j$ .

5 La subetapa E132 consiste en calcular la temperatura normal o válida  $T_{m,j}$  del módulo  $m_j$  con la ayuda de la relación anteriormente mencionada y a partir de la temperatura ambiente  $T_{a,j}$  medida.

Como variante, la temperatura normal o válida  $T_{m,j}$  del módulo  $m_j$  puede estar medida directamente por una sonda de temperatura colocada contra el módulo.

10 Como variante, la etapa E13 no se realiza en cada punto de control  $PC_i$ , sino cada  $n$  puntos de control. En ese caso, la temperatura determinada en la etapa E13 es válida para varios módulos FV vecinos o próximos.

15 El procedimiento pasa a continuación a una etapa E14 de recogida de datos térmicos. Los datos térmicos, señalados como  $DATOS\_TE_i$ , se recogen al nivel del punto de control  $PC_i$  considerado. La recogida está realizada por los sensores 21 de toma de vista térmica del dispositivo esclavo 2A (2B, 2C). Las tomas de vista térmica están realizadas por los sensores 21 posicionados por encima de los módulos FV, de manera que se tomen unas vistas de las superficies superiores de los módulos FV, que reciben la iluminación solar. Según la zona cubierta por la toma de vista, los datos térmicos pueden ser relativos a todo o parte del módulo  $m_j$ . También pueden constar de datos térmicos relativos a un módulo vecino, en concreto,  $m_{j-1}$  y/o  $m_{j+1}$ .

20 Como variante, se podría considerar completar las tomas de vista térmica por unas tomas de vista visual con la ayuda de un dispositivo de tipo cámara y/o por la determinación de la característica corriente-tensión del módulo  $m_j$  con la ayuda de un trazador IV.

25 La etapa de recogida E14 está seguida por una etapa E15 de control de la calidad de los datos térmicos recogidos  $DATOS\_TE_i$ , implementada por el módulo de asistencia 25. Esta etapa E15 tiene como propósito verificar la calidad de los datos  $DATOS\_TE_i$  recogidos con el fin de controlar si estos datos son explotables para una detección y una localización de defectos. Comprende una subetapa E140 de verificación de las condiciones de toma de vista y una subetapa E141 de control de la calidad de las tomas de vista. La verificación de las condiciones de toma de vista consiste, por ejemplo, en verificar si las líneas del módulo son paralelas, o casi paralelas, a los bordes de las imágenes tomadas. Por "líneas del módulo", se entiende que se designan los ejes de alineación de las células FV y los bordes del módulo. El control de calidad consiste, por ejemplo, en verificar si las imágenes tomadas son borrosas.

30 Si el control de calidad es negativo (rama N en la figura 4A), dicho de otra manera, si la calidad de los datos térmicos  $DATOS\_TE_i$  recogidos es insuficiente, se reitera la etapa de recogida E14.

35 Si el control de calidad es positivo (rama Y en la figura 4A), siendo la calidad de los datos térmicos  $DATOS\_TE_i$  satisfactoria, el procedimiento se continúa por una etapa E16 de análisis de los datos térmicos recogidos y, llegado el caso, la detección de defectos o zonas defectuosas.

40 El análisis de los datos  $DATOS\_TE_i$  permite detectar una eventual zona defectuosa del módulo fotovoltaico, cuya temperatura es tal que el desvío entre la temperatura de esta zona defectuosa y la temperatura válida del módulo fotovoltaico es superior a un umbral predefinido, siendo la temperatura de dicha zona más elevada que la temperatura válida. Una zona defectuosa de este tipo corresponde generalmente a una célula fotovoltaica que presenta un defecto o a un problema en el módulo (que se refiere, por ejemplo, a un diodo de bypass, una caja de confluencia u otro). Durante la etapa E16, los datos térmicos recogidos se analizan en este documento por una herramienta de tratamiento de imagen y de la señal que permite determinar el o los "punto(s) caliente(s)" integrada en el módulo de análisis 24 del dispositivo esclavo 2A (2B, 2C). El análisis consiste en determinar si el módulo  $m_j$  o la parte de módulo  $m_j$  contiene uno o varios "punto(s) caliente(s)", es decir, una zona cuya temperatura es superior o igual a un umbral de temperatura  $T_{umbral}$ . El umbral  $T_{umbral}$  puede estar fijado a un valor superior en  $x\%$  a la temperatura válida  $T_{m,j}$  determinada en la etapa E13, siendo  $x$ , por ejemplo, superior o igual a un  $10\%$  e inferior o igual a un  $20\%$ . Una zona caliente, de temperatura superior o igual al umbral  $T_{umbral}$ , corresponde a una zona defectuosa (es decir, un defecto).

45 En el modo de realización descrito en este documento, cuando se detecta una zona defectuosa al nivel de un módulo  $m_j$  durante la etapa de análisis E16, esta está seguida por una etapa de marcado E17. Esta está implementada por el módulo de marcado 26 del dispositivo de recogida 2. El marcado tiene como propósito permitir que un operario localice ulteriormente el defecto (o la zona defectuosa) en la central FV 100. Puede consistir en marcar físicamente el módulo  $m_j$  que contiene el defecto detectado. El marcado físico es preferentemente no intrusivo. Puede estar realizado con una pintura invisible proyectada sobre el módulo defectuoso, con un código de barras inscrito sobre un soporte que hay que pegar sobre el módulo defectuoso o con cualquier otro medio de marcado adaptado. Como variante, el marcado puede consistir en registrar unos datos relativos a la zona defectuosa, por ejemplo, unos datos térmicos recogidos, y en marcarlos (es decir, en asociarlos en memoria) con unos datos de localización y/o de identificación del módulo FV  $m_j$  defectuoso. Los datos de localización pueden estar proporcionados, por ejemplo, por un dispositivo GPS o equivalente que equiepe el dispositivo esclavo 2A (2B, 2C).

5 También como variante, la herramienta de tratamiento de imagen podría ser adecuada para determinar unos datos de identificación del módulo FV  $m_j$  que contiene el defecto detectado, permitiendo estos datos de identificación que un operario localice el defecto. Por ejemplo, incluyendo la central N filas de módulos que incluyen cada una M módulos FV numerados de 1 a M, los datos de identificación de un módulo que contiene un defecto pueden comprender el número de fila del módulo y el número de orden del módulo en la fila.

10 El dispositivo esclavo 2A (2B, 2C) puede establecer en este momento una comunicación con el dispositivo maestro 1, para transmitirle unas informaciones relativas al defecto detectado, por ejemplo, los datos térmicos recogidos, acompañados, llegado el caso, de datos de localización y/o de datos de identificación.

Después de la etapa de análisis E16 y, llegado el caso, la etapa de marcado E17, el procedimiento pasa a una etapa de test E18, con el fin de verificar si el trayecto del dispositivo esclavo 2A (2B, 2C) está terminado.

15 En caso de test negativo, el procedimiento regresa a la etapa E11, con el fin de continuar el desplazamiento del dispositivo de recogida 2A a lo largo de su trayecto.

En caso de test positivo, es decir, si el dispositivo esclavo 2A (2B, 2C) ha recorrido completamente su trayecto, puede transmitir el conjunto de los datos térmicos que ha recogido al dispositivo maestro 1, durante una etapa E19.

20 Durante una etapa E20, una vez que todos los dispositivos esclavos han transmitido sus datos térmicos al dispositivo maestro, este puede realizar, a continuación, un análisis más pormenorizado de los datos recogidos. Por ejemplo, por tratamiento de imágenes, el dispositivo maestro 1 puede ensamblar las diferentes tomas de vista térmica realizadas a lo largo del trayecto de inspección del dispositivo esclavo, de manera que se reconstituya una cartografía de la central FV o de una parte de esta. A continuación, puede localizar las zonas defectuosas detectadas. Llegado el caso, el dispositivo maestro 1 puede ensamblar igualmente las tomas de vista visual.

25 Durante una etapa E21, un operario planifica una intervención de mantenimiento focalizada con la ayuda de los datos de marcado asociados a las zonas defectuosas detectadas.

30 En la descripción que antecede, las tomas de vista térmica están realizadas del lado superior de los módulos FV, orientado hacia la parte de arriba y destinado a recibir los rayos solares. En una variante de realización, también pueden realizarse unas tomas de vista térmica del lado inferior de los módulos FV, orientado hacia el suelo. Esto permite detectar unas zonas defectuosas relativas a unos componentes del módulo FV (cable, módulo electrónico, etc.).

35 La inspección puede referirse a todos los módulos solares de la central fotovoltaica. Como variante, se podría controlar solo una parte de los módulos solares de la central fotovoltaica durante una operación de inspección. En ese caso, la inspección (o control) tal como se ha descrito anteriormente está implementada para cada módulo de un conjunto de módulos solares que incluyen una parte de la pluralidad de módulos solares de la central.

40

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Procedimiento de inspección de una central solar fotovoltaica que incluye una pluralidad de módulos solares ( $m_i$ ), que comprende una etapa (E1) de determinación de una ventana temporal de inspección ( $V_{insp}$ ) durante la que una potencia prevista de iluminación solar destinada a ser recibida por un módulo fotovoltaico es superior o igual a un umbral predefinido ( $U_{rad}$ ) y durante la ventana temporal de inspección determinada, para cada módulo de un conjunto de módulos solares que incluye al menos un parte de la pluralidad de módulos solares de la central:
- 10
- una etapa (E13) de determinación de una temperatura válida de funcionamiento de módulo fotovoltaico ( $T_{m,i}$ );
  - una etapa (E14) de recogida de datos térmicos ( $DATOS_{TE_i}$ ) relativos al módulo fotovoltaico y
  - una etapa (E16) de análisis de los datos térmicos recogidos ( $DATOS_{TE_i}$ ) para detectar una eventual zona defectuosa del módulo fotovoltaico, cuya temperatura es tal que el desvío entre la temperatura de dicha zona defectuosa y la temperatura válida del módulo fotovoltaico es superior a un umbral predefinido, siendo la temperatura de dicha zona más elevada que la temperatura válida.
- 15
2. Procedimiento según la reivindicación anterior, caracterizado por que la etapa (E13) de determinación de una temperatura válida de funcionamiento del módulo fotovoltaico comprende una subetapa (E130) de medición de una temperatura ambiente, una subetapa (E131) de determinación de una potencia de iluminación solar recibida por el módulo y una subetapa (E132) de cálculo de la temperatura válida de funcionamiento del módulo a partir de la temperatura ambiente y de la potencia de iluminación solar determinada.
- 20
3. Procedimiento según la reivindicación anterior, caracterizado por que la potencia de iluminación solar recibida por el módulo fotovoltaico está determinada a partir de una medición de la potencia de iluminación solar recibida por una célula fotovoltaica de referencia del módulo.
- 25
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se determina una ventana temporal de inspección ( $V_{insp}$ ) a partir de un intervalo horario diario predefinido ( $\Delta T$ ) y de datos de previsiones meteorológicas ( $DATOS_{meteo}$ ).
- 30
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que, como continuación a la detección de una zona defectuosa en un módulo, se prevé una etapa (E17) de marcado físico de dicho módulo.
- 35
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que, como continuación a la detección de una zona defectuosa en un módulo, se prevé una etapa de marcado que consiste en asociar unos datos de localización y/o de identificación del módulo que contiene la zona defectuosa a unos datos relativos a la zona defectuosa.
- 40
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que estando los datos térmicos ( $DATOS_{TE_i}$ ) recogidos por un dispositivo de toma de vista térmica, se prevé una etapa (E15) de control de la calidad de los datos térmicos recogidos que consiste en verificar unas condiciones de toma de vista y la calidad de la toma de vista.
- 45
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende una etapa (E11) de desplazamiento a lo largo de un trayecto de inspección dentro de la central fotovoltaica por un dispositivo (2A) de recogida de datos térmicos y por que la etapa de determinación de una temperatura válida de funcionamiento de módulo se ejecuta en una sucesión de puntos de control a lo largo del trayecto, siendo dicha temperatura válida determinada en un punto de control válida para una pluralidad de módulos.
- 50
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende una etapa (E2) de determinación de un número de dispositivos de recogida de datos térmicos destinados a inspeccionar la central fotovoltaica y, para cada dispositivo de recogida, de un trayecto de inspección que hay que recorrer, a partir de un plano de la central fotovoltaica y de la ventana de inspección determinada ( $V_{insp}$ ) y de manera que se satisfaga al menos una de las restricciones del grupo que incluye la duración de la ventana de inspección, la velocidad de desplazamiento de un dispositivo de recogida y la capacidad de medición de un dispositivo de recogida.
- 55
10. Sistema de inspección de una central solar fotovoltaica que incluye una pluralidad de módulos solares, que comprende un dispositivo de supervisión (1) que incluye un módulo (13) de determinación de una ventana temporal de inspección ( $V_{insp}$ ) durante la que una potencia prevista de iluminación solar destinada a ser recibida por un módulo fotovoltaico es superior o igual a un umbral predefinido y al menos un dispositivo de recogida (2A, 2B, ...) destinado a recorrer un trayecto (3A, 3B, ...) de inspección de módulos solares durante la ventana temporal de inspección determinada ( $V_{insp}$ ) y que incluye:
- 60
- un módulo (20) de determinación de una temperatura válida de funcionamiento de módulo fotovoltaico;
  - un módulo (21) de recogida de datos térmicos, destinado a recoger unos datos térmicos relativos a un módulo fotovoltaico y
- 65

- un módulo (24) de análisis de datos térmicos recogidos para detectar una eventual zona defectuosa del módulo fotovoltaico, cuya temperatura es tal que el desvío entre la temperatura de dicha zona defectuosa y la temperatura válida del módulo fotovoltaico es superior a un umbral predefinido, siendo la temperatura de dicha zona más elevada que la temperatura válida.

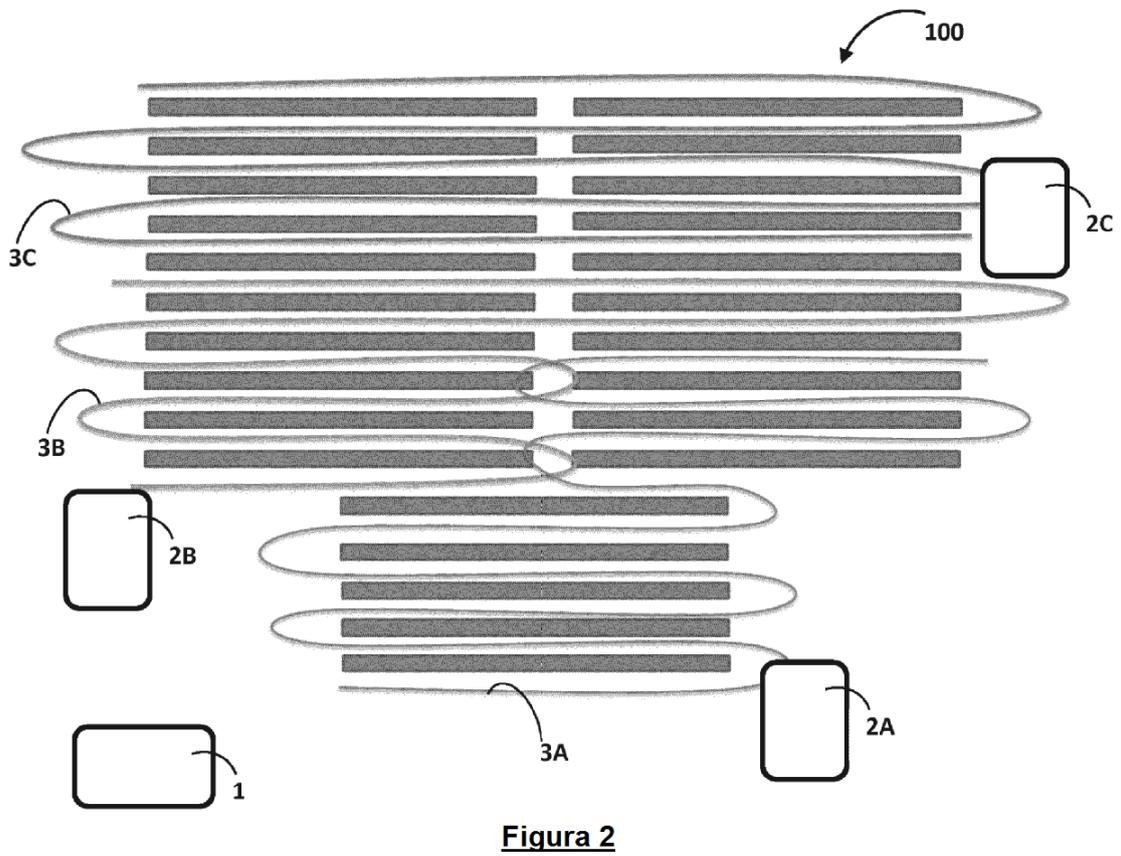
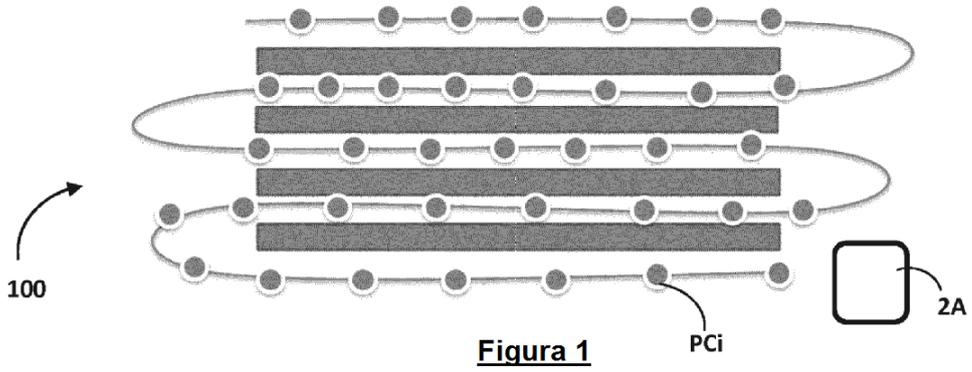
5 11. Sistema según la reivindicación anterior, caracterizado por que el módulo de determinación de una ventana temporal de inspección está dispuesto para determinar dicha ventana temporal de inspección a partir de un intervalo horario diario predefinido y de datos de previsiones meteorológicas.

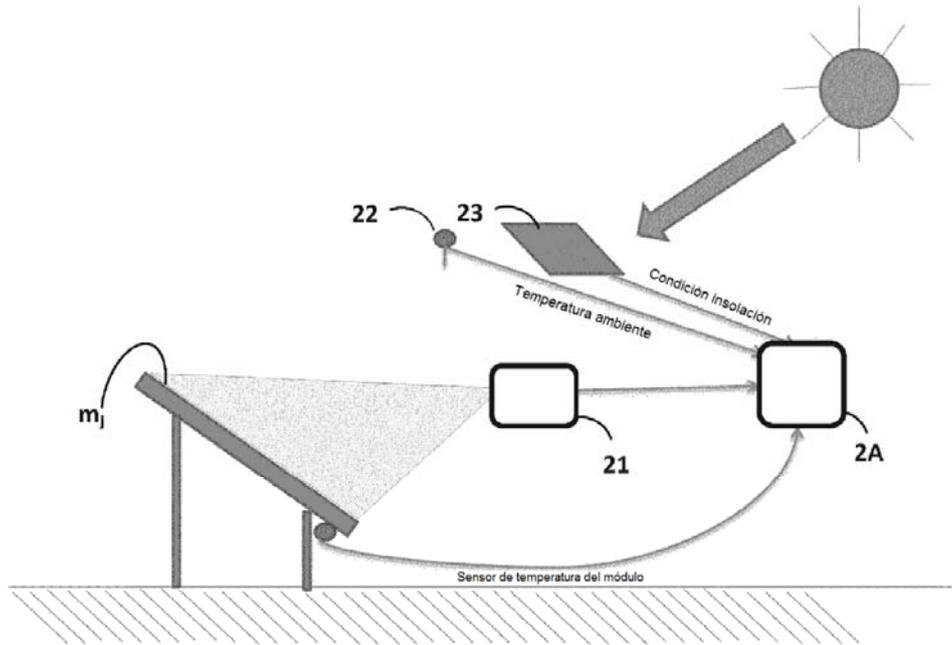
10 12. Sistema según una de las reivindicaciones 10 y 11, caracterizado por que el dispositivo de recogida (2A) comprende un módulo de marcado físico (26) de un módulo que incluye una zona defectuosa.

15 13. Sistema según una de las reivindicaciones 10 a 12, caracterizado por que el dispositivo de recogida (2A) incluye un módulo de marcado destinado a asociar unos datos de localización y/o de identificación de un módulo que contiene una zona defectuosa a unos datos relativos a dicha zona defectuosa.

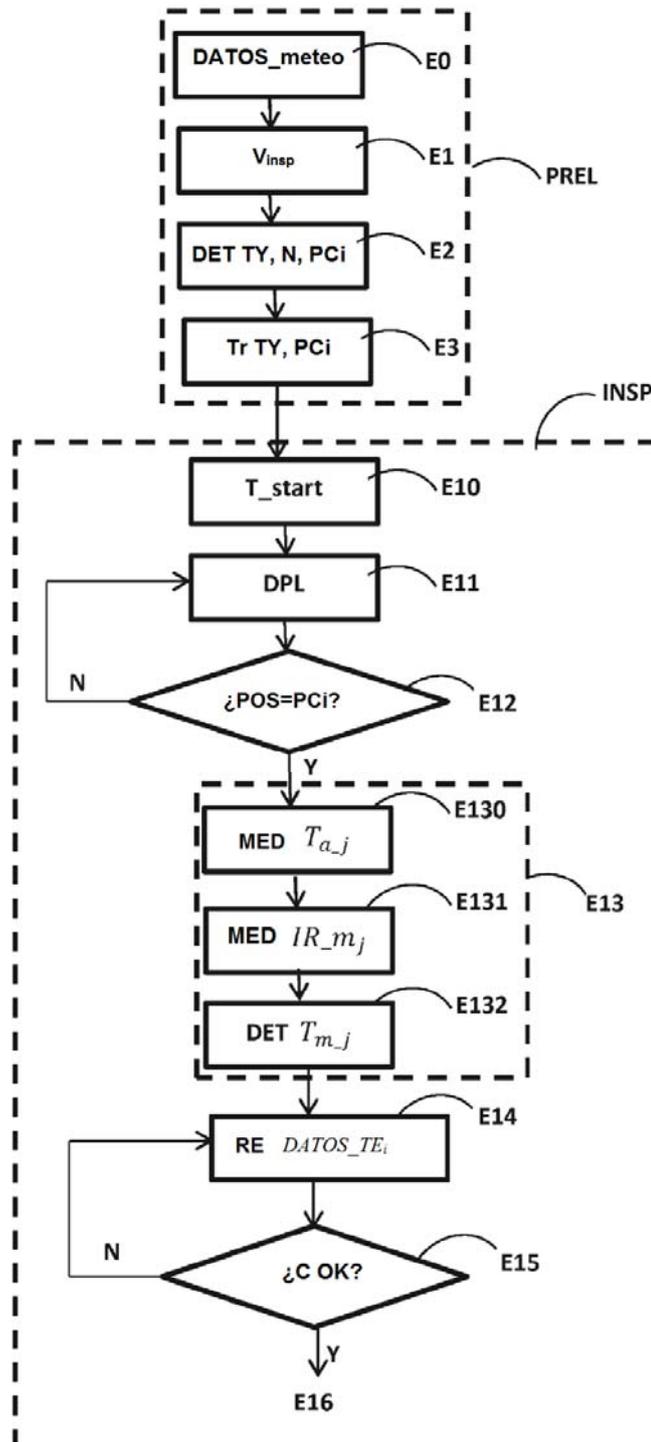
20 14. Sistema según una de las reivindicaciones 10 a 13, caracterizado por que el dispositivo de recogida (2A) comprende un módulo (25) de control de la calidad de los datos térmicos recogidos adaptado para verificar unas condiciones de toma de vista y la calidad de las tomas de vista.

25 15. Sistema según una de las reivindicaciones 10 a 14, caracterizado por que el dispositivo de supervisión (1) incluye un módulo (11) de determinación de un número de dispositivos de recogida de datos térmicos destinados a inspeccionar la central fotovoltaica y, para cada dispositivo de recogida (2A, 2B, ...), de un trayecto de inspección que hay que recorrer, a partir de un plano de la central fotovoltaica y de la ventana de inspección determinada ( $V_{insp}$ ) y de manera que se satisfaga al menos una de las restricciones del grupo que incluye la duración de la ventana de inspección, la velocidad de desplazamiento de un dispositivo de recogida y la capacidad de medición de un dispositivo de recogida.

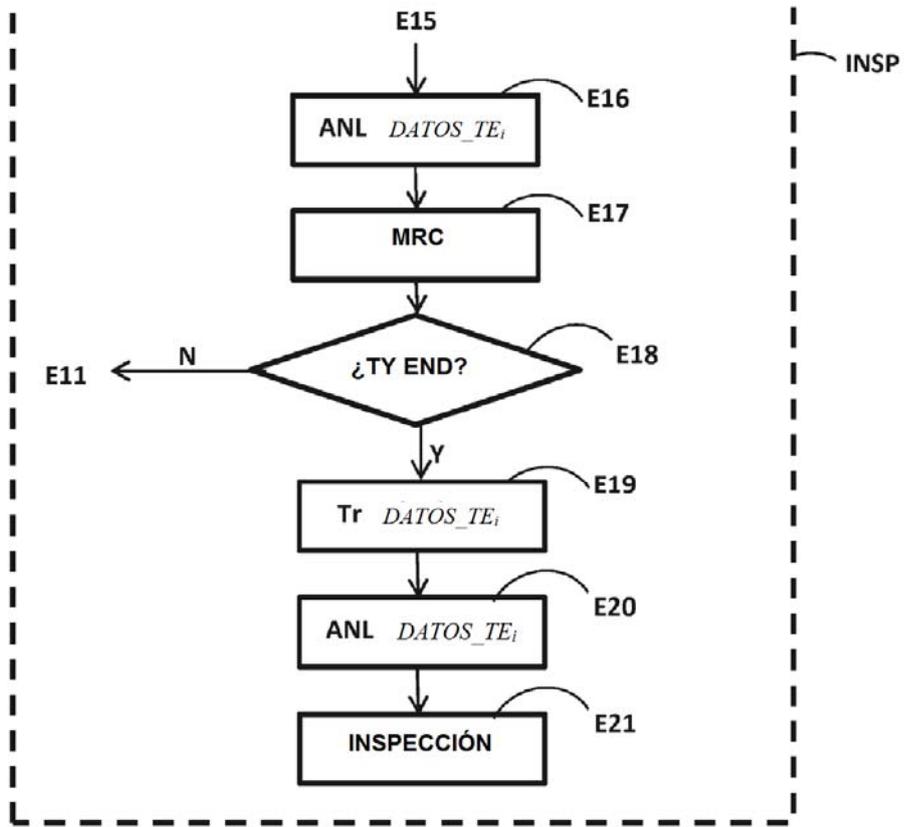




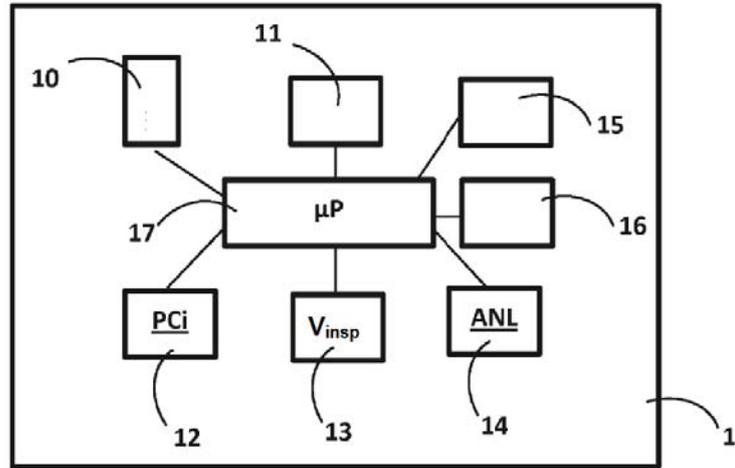
**Figura 3**



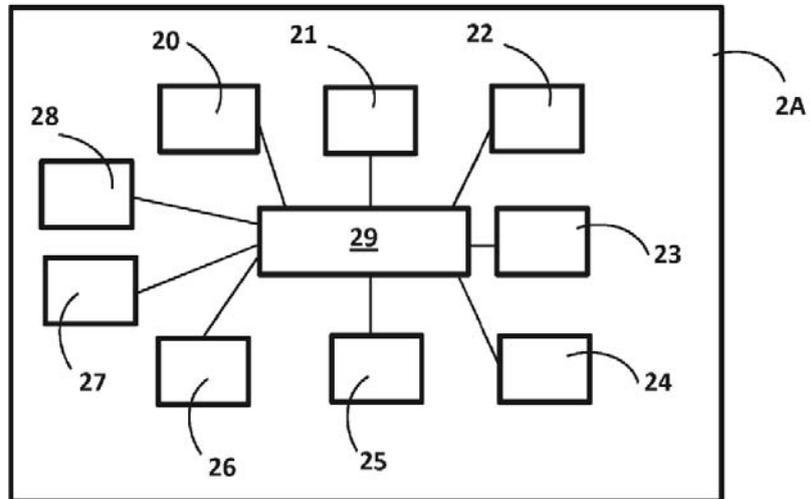
**Figura 4A**



**Figura 4B**



**Figura 5**



**Figura 6**