

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 787 726**

21 Número de solicitud: 202090033

51 Int. Cl.:

G01N 21/94 (2006.01)
H02S 50/00 (2014.01)
H02S 40/10 (2014.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

09.04.2018

30 Prioridad:

19.02.2018 AE P6000263/2018

43 Fecha de publicación de la solicitud:

16.10.2020

71 Solicitantes:

**DUBAI ELECTRICITY & WATER AUTHORITY
(100.0%)
P.O. Box: 564
Dubai AE**

72 Inventor/es:

**ALSABOUNCHI, Ammar Mohammed Munir
Sulayman**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

54 Título: **Aparato y método de detección de suciedad**

57 Resumen:

Aparato de detección de suciedad (20) operable para detectar el nivel de suciedad de un panel fotovoltaico (22). El aparato comprende un panel fotovoltaico (22) para generar una salida eléctrica en respuesta a la luz que incide y en función del nivel de suciedad del panel fotovoltaico. El aparato comprende un piranómetro (24) para generar una señal de irradiación que se relaciona con un nivel de irradiación de la luz que incide en el piranómetro (24). El piranómetro (24) está colocado con respecto al panel fotovoltaico (22) de manera que el panel fotovoltaico (22) y el piranómetro (24) pueden recibir sustancialmente el mismo nivel de radiación solar. El aparato comprende medios de cálculo para calcular un valor de producción de referencia a partir de la señal de irradiación que se relaciona con una producción eléctrica ideal del panel fotovoltaico (22) en una condición de funcionamiento predeterminada.

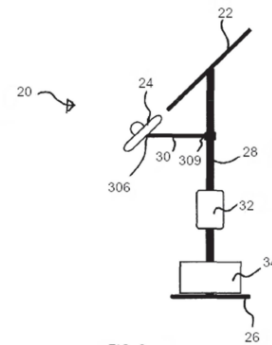


FIG. 2

DESCRIPCIÓN

Aparato y método de detección de suciedad

Campo de la invención

La presente divulgación se refiere a un aparato y método de detección de suciedad.

Estado de la técnica

5 Las instalaciones solares fotovoltaicas (PV) en zonas áridas y desérticas se ven potencialmente afectadas por el frecuente ensuciamiento causado por la precipitación de polvo, arena y otras partículas en suspensión en la superficie de los paneles fotovoltaicos. El impacto se agrava aún más en clima húmedo, donde las partículas se pegan acumulativamente en las superficies de los paneles fotovoltaicos formando una capa
10 gruesa y sustancialmente opaca de suciedad. La situación resulta ser un problema grave que disminuye la eficiencia de la planta fotovoltaica y, por consiguiente, su rentabilidad.

Por ello, los operadores de las plantas fotovoltaicas pueden llevar a cabo eventos regulares de limpieza de los paneles fotovoltaicos con una frecuencia preestablecida como, por ejemplo, mensual o quincenal. Sin embargo, es probable que la necesidad real de los
15 eventos de limpieza cambie, por ejemplo, en función de los cambios en las condiciones meteorológicas. Esto puede afectar negativamente al funcionamiento óptimo de los eventos de limpieza preprogramados. Por ejemplo, un evento de limpieza puede ocurrir o ser programado cuando los paneles no necesitan ser limpiados, o puede ocurrir después de que el panel pueda realmente necesitar una limpieza.

20 Una forma de abordar esta cuestión es detectar el nivel de suciedad de los paneles fotovoltaicos. Entonces se puede organizar un evento de limpieza para cuando el panel necesite ser limpiado, como un nivel de suciedad que alcance un cierto umbral de suciedad. Una disposición para detectar el nivel de suciedad es instalar dos módulos fotovoltaicos. Un primer módulo fotovoltaico que comprende un primer panel fotovoltaico se coloca de
25 manera que quede expuesto a condiciones de suciedad sustancialmente iguales a las que experimenta una planta fotovoltaica, como una que comprende una pluralidad de módulos fotovoltaicos. Un segundo módulo fotovoltaico que comprende un segundo panel fotovoltaico que es sustancialmente análogo al primer módulo fotovoltaico se coloca de manera que reciba sustancialmente la misma radiación solar que el primer módulo

fotovoltaico. El segundo módulo fotovoltaico está destinado a mantenerse en un estado limpio de manera que la suciedad no afecte sustancialmente a su producción. La producción del primer módulo fotovoltaico y del segundo módulo fotovoltaico puede entonces compararse para estimar el nivel de suciedad.

- 5 Sin embargo, para mantener limpio el segundo módulo fotovoltaico, puede ser necesario realizar limpiezas regulares y frecuentes. Como alternativa, algunas disposiciones utilizan una cubierta para proteger la superficie del segundo panel fotovoltaico de los depósitos de suciedad que pueden eliminarse automática o manualmente cuando se vaya a realizar una medición de la suciedad. Sin embargo, esas disposiciones pueden ser costosas,
10 mecánicamente complejas y propensas a fallar.

Los ejemplos de la presente divulgación tratan de abordar o al menos aliviar los problemas mencionados.

Sumario de la invención

- En un primer aspecto, se proporciona un aparato de detección de suciedad operable para
15 detectar el nivel de suciedad de un panel fotovoltaico, el aparato comprende: un panel fotovoltaico operable para generar una producción eléctrica en respuesta a la luz que incide en el panel y en dependencia del nivel de suciedad del panel fotovoltaico; un piranómetro operable para generar una señal de irradiación que se relaciona con un nivel de irradiación de la luz que incide en el piranómetro, el piranómetro estando colocado con respecto al
20 panel fotovoltaico de manera que el panel fotovoltaico y el piranómetro pueden recibir sustancialmente el mismo nivel de radiación solar que el otro; medios de cálculo operables para calcular un valor de producción de referencia a partir de la señal de irradiación que se relaciona con una producción eléctrica ideal del panel fotovoltaico en una condición operativa predeterminada; medios de medición operables para la medición de la
25 producción eléctrica del panel fotovoltaico en la condición operativa predeterminada; medios de comparación operables para comparar la producción eléctrica medida del panel fotovoltaico en la condición operativa predeterminada con el valor de producción de referencia a fin de generar un valor de comparación; y medios de producción operables para producir una señal de limpieza cuando el valor de comparación es mayor que un valor
30 umbral de limpieza.

En un segundo aspecto se proporciona un método de detección de suciedad para detectar el nivel de suciedad de un panel fotovoltaico utilizando un aparato de detección de suciedad que comprende un panel fotovoltaico y un piranómetro posicionado con respecto al panel fotovoltaico de manera que el panel fotovoltaico y el piranómetro puedan recibir
5 sustancialmente el mismo nivel de radiación solar que el otro, el método comprendiendo: la generación, por el panel fotovoltaico, de una producción eléctrica en respuesta a la luz que incide en el panel y en función del nivel de suciedad del panel fotovoltaico; la generación, por el piranómetro, de una señal de irradiación que se relaciona con un nivel de irradiación de la luz que incide en el piranómetro; el cálculo de un valor de producción
10 de referencia a partir de la señal de irradiación que se relaciona con una salida eléctrica ideal del panel fotovoltaico en una condición de funcionamiento predeterminada; la medición de la producción eléctrica del panel fotovoltaico en la condición de funcionamiento predeterminada; la comparación de la producción eléctrica medida del panel fotovoltaico en la condición de funcionamiento predeterminada con el valor de producción de referencia
15 a fin de generar un valor de comparación; y emitir una señal de limpieza cuando el valor de comparación sea mayor que un valor umbral de limpieza.

Otros aspectos y características se definen en las reivindicaciones adjuntas.

En los ejemplos de realización se pueden utilizar un panel fotovoltaico y un piranómetro para detectar un nivel de suciedad. Utilizando un panel fotovoltaico, por ejemplo, se pueden
20 reducir los costes y mejorar la flexibilidad y la fiabilidad de la medición. Además, los ejemplos de realización pueden ayudar a reducir la necesidad de limpieza o el requisito de utilizar un mecanismo para mantener limpio un panel fotovoltaico de referencia a fin de que se produzca la detección de suciedad. Por ejemplo, la necesidad de limpiar el panel fotovoltaico de los ejemplos de realización puede reducirse porque una producción prevista
25 que puede corresponder a la que puede producirse para un panel fotovoltaico sustancialmente limpio puede predecirse a partir del valor de producción de referencia calculado a partir de la irradiación tal y como se mide por el piranómetro.

Por ejemplo, comparando la producción eléctrica medida del panel fotovoltaico con el valor de producción de referencia basado en la señal de irradiación generada por el piranómetro,
30 se puede obtener una indicación del nivel de suciedad. Si, por ejemplo, el valor de comparación es mayor que el valor umbral de limpieza, entonces se emite la señal de limpieza. Por ejemplo, la señal de limpieza puede indicar que el panel fotovoltaico, y por lo

tanto otros paneles fotovoltaicos en una planta fotovoltaica donde se encuentra el aparato pueden necesitar limpieza. Por lo tanto, por ejemplo, se puede programar un evento de limpieza como apropiado dependiendo del nivel de suciedad detectado y por lo tanto puede ser mejorada la eficiencia de los eventos de limpieza, mientras que la necesidad de
5 limpieza de un panel fotovoltaico de referencia puede ser reducida o eliminada. Además, los ejemplos de realización pueden permitir que se determine más fácilmente la idoneidad de una ubicación para una planta fotovoltaica propuesta, por ejemplo, basándose en el nivel de suciedad medido en esa ubicación.

Descripción de las figuras

10 Se describirán ahora ejemplos de realización a modo de ejemplo sólo con referencia a las figuras adjuntas, en las que las referencias semejantes se refieren a partes semejantes, y en las que:

La figura 1 es una representación esquemática de una disposición para medir la suciedad mediante dos paneles fotovoltaicos.

15 La figura 2 es una representación esquemática de un aparato de detección de suciedad según ejemplos de realización.

La figura 3 es un diagrama de circuito esquemático de un aparato de detección de suciedad según ejemplos de realización.

20 La figura 4 es una representación esquemática de la suciedad de un panel fotovoltaico de silicio cristalino.

La figura 5 es una representación esquemática de la suciedad de un panel fotovoltaico de lámina delgada.

25 La figura 6 es un diagrama esquemático de la disposición de los pines de un microcontrolador utilizado en el aparato de detección de suciedad según ejemplos de realización.

La figura 7 es una representación esquemática del aparato para programar el microcontrolador del aparato de detección de suciedad según ejemplos de realización.

La figura 8 es un diagrama esquemático de un circuito de regulación de voltaje para proporcionar energía eléctrica al microcontrolador según ejemplos de realización.

- 5 La figura 9 es un diagrama esquemático de la disposición de un regulador de voltaje utilizado en el aparato de detección de suciedad según ejemplos de realización.

La figura 10 es un diagrama esquemático de la disposición de las conexiones de un piranómetro y una resistencia de derivación utilizados en el aparato de detección de suciedad según ejemplos de realización.

- 10 La figura 11 es un diagrama esquemático de una ruta de una señal de salida del microcontrolador utilizado en el aparato de detección de suciedad según ejemplos de realización.

- La figura 12 es un diagrama de circuito esquemático de la conexión del circuito de regulación de la tensión a un sensor de luz utilizado en el aparato de detección de suciedad según ejemplos de realización.
- 15

La figura 13 es un diagrama de flujo de un método para detectar el nivel de suciedad de un panel fotovoltaico que utiliza un aparato de detección de suciedad según ejemplos de realización.

- Las figuras 14A y 14B son un diagrama de flujo de un método para detectar el nivel de suciedad de un panel fotovoltaico midiendo el voltaje a través de la resistencia en derivación según ejemplos de realización.
- 20

Descripción detallada de la invención

- Se divulga un aparato de detección de suciedad y un método de detección de suciedad. En la siguiente descripción se presentan varios detalles específicos para que se entiendan bien los ejemplos de realización. Sin embargo, será evidente para un experto en la materia que estos detalles específicos no necesitan ser empleados para desarrollar los ejemplos
- 25

de realización. Por el contrario, los detalles específicos conocidos por el experto en la materia se omiten a efectos de claridad en la presentación de los ejemplos.

La figura 1 es una representación esquemática de una disposición para medir la suciedad mediante dos paneles fotovoltaicos. Como se ha mencionado anteriormente, una
5 disposición previa para detectar el ensuciamiento puede utilizar dos paneles fotovoltaicos para detectar un nivel de suciedad. La disposición anterior comprende un primer módulo fotovoltaico 10 y un segundo módulo fotovoltaico 12. El primer módulo fotovoltaico 10 comprende un primer panel fotovoltaico y el segundo módulo fotovoltaico 12 comprende un segundo panel fotovoltaico. El primer panel fotovoltaico se coloca de manera que quede
10 expuesto a condiciones de suciedad sustancialmente iguales a las que experimenta una planta fotovoltaica, como una que comprende una pluralidad de módulos fotovoltaicos. El segundo módulo fotovoltaico 12 es sustancialmente análogo al primer módulo fotovoltaico 10 y está colocado de manera que reciba sustancialmente la misma radiación solar que el primer módulo fotovoltaico 10. El segundo módulo fotovoltaico 12 está destinado a
15 mantenerse en un estado limpio de manera que la suciedad no afecte sustancialmente a su producción. La producción del primer módulo fotovoltaico 10 y del segundo módulo fotovoltaico 12 puede entonces compararse para estimar el nivel de suciedad. Sin embargo, como se ha mencionado anteriormente, para mantener limpio el segundo módulo fotovoltaico, puede ser necesario realizar limpiezas regulares y frecuentes. Como
20 alternativa, algunas disposiciones utilizan una cubierta para proteger la superficie del segundo módulo fotovoltaico de los depósitos de suciedad que pueden eliminarse automáticamente o manualmente cuando se vaya a realizar una medición de la suciedad. Sin embargo, esas disposiciones pueden ser costosas, mecánicamente complejas y propensas a fallar. Además, tratar de mantener un panel fotovoltaico limpio todo el tiempo en las zonas
25 desérticas áridas de clima húmedo puede ser una tarea complicada.

La figura 2 es una representación esquemática de un aparato de detección de suciedad
20 según ejemplos de realización. En los ejemplos, el aparato de detección de suciedad 20 operable para detectar el nivel de suciedad de un panel fotovoltaico. En los ejemplos, el aparato comprende un panel fotovoltaico 22 operable para generar una producción
30 eléctrica en respuesta a la luz que incide en el panel 22 y en dependencia del nivel de suciedad del panel fotovoltaico 22. En los ejemplos, el panel fotovoltaico 22 es un panel fotovoltaico de lámina delgada. En ejemplos, el panel fotovoltaico 22 es un panel fotovoltaico de CdTe de lámina delgada, modelo fabricado por First Solar. Sin embargo, se

aprecia que se pueden utilizar otros tipos de panel fotovoltaico como un panel de silicio policristalino.

En los ejemplos, el aparato también comprende un piranómetro 24 operable para generar una señal de irradiación que se relaciona con un nivel de irradiación de luz incidente en el piranómetro 24. Los piranómetros se utilizan normalmente para medir la irradiancia solar. Los piranómetros típicos comprenden una carcasa metálica blanca, que comprende una cúpula semiesférica de vidrio bajo la cual se coloca un absorbedor de metal negro de manera que pueda ser calentado por la irradiación solar incidente en la cúpula. Los piranómetros típicos de termopila comprenden un termopar y para generar un voltaje se mide la diferencia de temperatura entre el absorbedor y la carcasa metálica. El voltaje es generalmente proporcional al valor de la irradiación solar. En otras palabras, por ejemplo, el piranómetro puede funcionar generalmente midiendo una diferencia de calor. Por lo tanto, es menos probable que el piranómetro necesite una limpieza frecuente, como puede ocurrir en el caso de que se utilice un detector de irradiancia que comprenda una célula de referencia fotovoltaica.

En los ejemplos, el piranómetro 24 comprende un piranómetro modelo CMP10 producido por KIPP & ZONEN con un voltaje de salida típico en el rango 0-1 V. Más generalmente, en los ejemplos, el piranómetro comprende un piranómetro de termopila. Sin embargo, se apreciará que se puedan utilizar otros piranómetros adecuados.

En los ejemplos, el piranómetro 24 está colocado con respecto al panel fotovoltaico 22, de manera que el panel fotovoltaico 22 y el piranómetro 24 pueden recibir sustancialmente el mismo nivel de radiación solar que el otro. Por ejemplo, el panel fotovoltaico 22 y el piranómetro 24 pueden tener sustancialmente el mismo ángulo y orientación que el otro, y estar posicionados de manera que no se ocluyan mutuamente de la radiación solar cuando el aparato de detección de suciedad 20 se despliegue en un lugar adecuado.

En los ejemplos, el aparato 20 comprende una base y un poste de soporte 28 montado en la base para poder soportar el panel fotovoltaico 22 y el piranómetro 24. En los ejemplos, el panel fotovoltaico 22 está montado sobre el poste soporte 28. En los ejemplos, el poste soporte comprende un poste fabricado por Xiamen Sunforson Power Co., Ltd, modelo número SFS-P-60. En los ejemplos, el panel fotovoltaico 22 se monta en el poste 28 utilizando un soporte fotovoltaico, por ejemplo, el fabricado por Xiamen Sunforson Power

Co., Ltd, número de modelo SFS-MD-01. Sin embargo, se apreciará que se puedan utilizar otros postes de apoyo y soportes fotovoltaicos adecuados.

Por ejemplo, el aparato 20 comprende un brazo 30 que se monta en el poste soporte 28 en un primer extremo 30a del brazo 30 para que se extienda lejos del poste soporte 30. En los ejemplos, el piranómetro 24 está montado en un segundo extremo 30b del brazo 30 de manera que tenga sustancialmente el mismo ángulo y orientación que el panel fotovoltaico

5 En los ejemplos, el aparato 20 comprende una caja de circuitos 32 montada en el poste de soporte 28 entre la base 26 y el panel fotovoltaico 22. En los ejemplos, la caja de circuitos 32 alberga los circuitos para medir el nivel de suciedad del panel fotovoltaico 22, como se describirá con más detalle a continuación. En los ejemplos, la caja de circuitos 32 comprende una caja fabricada por Zhejiang B&J Electrical Co. , Ltd. número de modelo 2520/150, y tiene un nivel de protección ambiental IP66. En los ejemplos, la caja de circuitos 32 tiene al menos un nivel de protección ambiental de IP54 para poder proteger los circuitos del ambiente circundante y ayudar a reducir el riesgo de mal funcionamiento.

10 Sin embargo, se apreciará que se puedan utilizar otras cajas adecuadas para alojar el circuito del aparato 20. 22.

En los ejemplos, el aparato 20 comprende una carcasa para el circuito 32 montada en el poste de soporte 28 entre la base 26 y el panel fotovoltaico 22. En los ejemplos, la carcasa para el circuito 32 alberga los circuitos para medir el nivel de suciedad del panel fotovoltaico 22, como se describirá con más detalle a continuación. En los ejemplos, la carcasa para el circuito 32 comprende una carcasa fabricada por Zhejiang B&J Electrical Co., Ltd. número de modelo 2520/150, y tiene un nivel de protección ambiental IP66. En los ejemplos, la carcasa para el circuito 32 tiene al menos un nivel de protección ambiental de IP54 para poder proteger los circuitos del ambiente circundante y ayudar a reducir el riesgo de mal funcionamiento. Sin embargo, se apreciará que se puedan utilizar otras carcasas adecuadas para alojar el circuito del aparato 20.

20

25

En los ejemplos, el aparato 20 comprende una carcasa de baterías 34 montada en la base 26. En los ejemplos, la carcasa de la batería 34 alberga una batería para suministrar energía a los circuitos de la señal de salida del aparato 20. En los ejemplos, la batería también puede utilizarse para proporcionar energía a los circuitos de medición del aparato 20. En los ejemplos, la carcasa de la batería 34 comprende una caja de baterías Snap-Top modelo número HM318BKS, fabricada por NOCO®, aunque se apreciará que se puedan

30

utilizar otras cajas de baterías adecuadas. En los ejemplos, la carcasa de la batería 34 comprende una batería de ácido de plomo regulada por válvula de ciclo profundo (VRLA), como una 12V-26Ah, modelo DC12-26 fabricado por RITAR. Sin embargo, se apreciará que se puedan utilizar otras baterías.

- 5 En los ejemplos, el aparato 20 puede colocarse en una planta fotovoltaica que comprende una pluralidad de paneles fotovoltaicos para generar electricidad de manera que reciba sustancialmente la misma suciedad que uno o más paneles fotovoltaicos de la planta fotovoltaica. En otras palabras, en los ejemplos, la planta fotovoltaica comprende el aparato 20. En otras palabras, más generalmente en los ejemplos, la planta fotovoltaica comprende
- 10 una pluralidad de paneles fotovoltaicos para la generación de electricidad, y el aparato de detección de suciedad 20, en el que el aparato de detección de suelos se coloca con respecto a uno o más paneles fotovoltaicos de la planta fotovoltaica de manera que reciba sustancialmente la misma suciedad que uno o más paneles fotovoltaicos de la planta fotovoltaica. De este modo, el aparato 20 puede ayudar a indicar si los paneles fotovoltaicos
- 15 de la planta fotovoltaica necesitan ser limpiados.

En los ejemplos, el aparato 20 también puede utilizarse como unidad autónoma, por ejemplo, para evaluar la idoneidad de un posible emplazamiento para una planta fotovoltaica.

- La figura 3 es un diagrama esquemático del circuito del aparato de detección de suciedad
- 20 20 según los ejemplos de realización. En los ejemplos, el aparato de detección de suciedad 20 comprende un circuito de detección de suciedad para medir el nivel de suciedad del panel fotovoltaico 22.

- En los ejemplos, el circuito de detección de suciedad puede actuar como un medio de cálculo operable para calcular un valor de producción ideal del panel fotovoltaico en una
- 25 condición operativa predeterminada. En los ejemplos, el circuito de detección de suciedad puede actuar como medio de comparación operable para medir la producción eléctrica del panel fotovoltaico en la condición operativa predeterminada. En los ejemplos, los circuitos de detección de suciedad pueden actuar como medios de comparación operables para
- 30 comparar la producción eléctrica medida del panel fotovoltaico en la condición operativa predeterminada con el valor de producción de referencia para generar un valor de comparación. En los ejemplos, el circuito de detección de suciedad puede actuar como

medio de producción operable para producir una señal de limpieza cuando el valor de comparación es mayor que un valor umbral de limpieza.

Por ejemplo, el aparato de detección de suciedad y el método divulgado pueden ayudar a proporcionar una indicación más fiable del nivel de suciedad. Además, por ejemplo, puede reducirse la necesidad de limpiar regularmente el aparato de detección de la suciedad o la necesidad de aparatos complejos que ayuden a mantener un panel fotovoltaico de referencia en estado limpio, porque el piranómetro puede verse menos afectado por la suciedad que un panel fotovoltaico debido a que la medición de la irradiancia se basa en una medición térmica, por ejemplo.

Así, por ejemplo, el valor de salida de referencia calculado a partir de la señal de irradiación puede estar relacionado con una condición de funcionamiento ideal del panel fotovoltaico 22, como, por ejemplo, si el panel está limpio. En otras palabras, por ejemplo, el valor de salida de referencia se relaciona con un valor de salida eléctrica previsto para el panel fotovoltaico en un estado sustancialmente limpio. Comparando, por ejemplo, la producción eléctrica medida del panel fotovoltaico 22 en la condición de funcionamiento predeterminada con el valor de salida de referencia, puede obtenerse una indicación del nivel de suciedad del panel fotovoltaico 22, por ejemplo, basada en el valor de comparación. Si, por ejemplo, el valor de comparación es mayor que un valor de umbral de limpieza, entonces el aparato puede emitir una señal de limpieza. En los ejemplos, la señal de limpieza indica que el panel fotovoltaico necesita ser limpiado, aunque podría indicar otras condiciones, como el período de tiempo futuro estimado tras el cual el panel fotovoltaico necesita ser limpiado. En los ejemplos, la señal de limpieza se refiere a un nivel de suciedad del panel fotovoltaico 22. Por lo tanto, por ejemplo, también puede reducirse la necesidad de ejecutar eventos de limpieza preestablecidos de frecuencia ineficiente porque la señal de limpieza puede emitirse cuando el valor de comparación es mayor que el valor umbral de limpieza. Además, por ejemplo, es posible que el panel fotovoltaico 22 no necesite ser limpiado a menos que se limpien los paneles fotovoltaicos de la planta fotovoltaica. El aparato 20 puede, por ejemplo, ayudar también a determinar si hay un mal funcionamiento de la planta fotovoltaica. Por ejemplo, si la salida de la planta fotovoltaica está por debajo de un umbral de mal funcionamiento y el valor de comparación es menor que el valor del umbral de limpieza entonces puede emitirse una señal de mal funcionamiento de la planta fotovoltaica.

En los ejemplos, el circuito de detección de suelos comprende el panel fotovoltaico 22, el piranómetro 24, un microcontrolador 36, una resistencia en derivación 38, un regulador de tensión 40, un controlador de carga 42, un sensor de luz 44, una batería 46, un primer relé 48, un segundo relé 50, un tercer relé 52, un cuarto relé 54 y un interruptor 56. En los
5 ejemplos, el microcontrolador 36, la resistencia en derivación 38, el regulador de voltaje 40, el controlador de carga 42, el primer relé 48, el segundo relé 50, el tercer relé 52, el cuarto relé 54 y el interruptor 56 están alojados dentro de la carcasa de circuitos 32. Sin embargo, se apreciará que se puedan utilizar otras disposiciones para alojar uno o más componentes del circuito.

- 10 El funcionamiento de los circuitos de detección de suciedad se describirá con más detalle más adelante.

En los ejemplos, el primer relé 48, el segundo relé 50, el tercer relé 52 y el cuarto relé 54 están conectados de forma operativa a los pines de salida (O/P) del microcontrolador 36 para poder estar en comunicación eléctrica con el microcontrolador 36. En los ejemplos, el
15 segundo relé 50, el tercer relé 52 y el cuarto relé 54 son relés de un solo polo y unipolar. Sin embargo, se apreciará que se puedan utilizar otros tipos de relés según convenga. En los ejemplos, el segundo relé 50, el tercer relé 52 y el cuarto relé 54 se utilizan para proporcionar una pluralidad de señales de salida que se relacionan con un nivel de ensuciamiento del panel fotovoltaico 22. En los ejemplos, las señales de salida
20 comprenden una primera señal de salida 50a, una segunda señal de salida 52a, y una tercera señal de salida 54a respectivamente a través de una trayectoria de corriente 57 de la batería 46.

En los ejemplos, el regulador de voltaje 40, el interruptor 56 y el sensor de luz 44 están conectados de forma operativa al microcontrolador 36 para poder proporcionar energía
25 eléctrica al microcontrolador 36. En los ejemplos, el microcontrolador 36 comprende una memoria interna, aunque se apreciará que se pueda utilizar una memoria externa. En los ejemplos, el panel fotovoltaico está conectado operativamente a los pines de entrada (I/P) del microcontrolador 36 a través de la resistencia en derivación 38 y el primer relé 48 para poder estar en comunicación eléctrica con el microcontrolador 36. En los ejemplos, el panel
30 fotovoltaico 22 está conectado de forma operativa a la batería 46 a través del controlador de carga 42 y el primer relé 48 para poder cargar la batería 46, por ejemplo, cuando no se debe realizar la detección de suciedad. En los ejemplos, el piranómetro 24 está acoplado

de manera operativa a los pines de entrada (I/P) del microcontrolador 36 a través del primer relé 48 para poder estar en comunicación eléctrica con el microcontrolador 36. En los ejemplos, el primer relé 48 es un relé de doble polo, bipolar. Como se ha mencionado anteriormente, el funcionamiento de los componentes del circuito de detección de suciedad se describirá con más detalle más adelante.

La figura 4 es una representación esquemática de la suciedad de un panel fotovoltaico de silicio cristalino, y la figura 5 es una representación esquemática de la suciedad de un panel fotovoltaico de lámina delgada. En particular, la figura 4 muestra esquemáticamente un panel fotovoltaico de silicio cristalino 58 que comprende una pluralidad de células fotovoltaicas de silicio cristalino (como las células fotovoltaicas 60a, 60b, 60c y 60d). La figura 4 muestra esquemáticamente un parche de suciedad 62 que ocluye dos células. Por ejemplo, es posible que la suciedad o las sombras bloqueen toda una zona de una o más de las células fotovoltaicas del panel fotovoltaico 58, como el parche de suciedad 62. Esto puede significar que cualquier célula que esté conectada en serie con las ocluidas por el parche de suciedad 62 puede ser invalidada. Por ejemplo, esas células pueden generar poca o ninguna corriente eléctrica y pueden considerarse fuera de servicio total o parcialmente en función del nivel de suciedad. Por lo tanto, el uso del panel fotovoltaico de silicio cristalino como referencia para detectar el nivel de suciedad puede dar resultados inexactos.

La figura 5 muestra esquemáticamente un ejemplo del panel fotovoltaico 22. Como se ha mencionado anteriormente, en los ejemplos, el panel fotovoltaico 22 comprende un panel fotovoltaico de lámina delgada. En comparación con los paneles fotovoltaicos de silicio cristalino, los paneles fotovoltaicos de lámina delgada suelen comprender una pluralidad de células fotovoltaicas (como las células fotovoltaicas 63a, 63b, 63c, 63d), cada una de las cuales se forma como una franja estrecha, por ejemplo, que se extiende a lo largo de toda la longitud del panel de un lado a otro. En otras palabras, más generalmente en los ejemplos, el panel fotovoltaico 22 comprende una pluralidad de células fotovoltaicas de lámina delgada. En la figura 5 se muestra esquemáticamente un parche de suciedad 64 en una posición sustancialmente idéntica con respecto al panel 22 que el parche de suciedad 62 tiene con respecto al panel de silicio cristalino 58. En el ejemplo de la figura 5, el parche de suciedad 64 tiene sustancialmente la misma forma y tamaño que el parche de suciedad 62 ilustrado en la figura 4. Sin embargo, como las células del panel fotovoltaico 22 de los ejemplos se extienden sustancialmente a lo largo de toda la longitud del panel de un lado a otro, puede reducirse el riesgo de que toda una zona de una o varias células quede

ocluída por un parche de suciedad, como el parche de suciedad 64. Por lo tanto, el uso de un panel fotovoltaico de lámina delgada puede ayudar a mejorar la fiabilidad y la precisión de las mediciones de la suciedad.

La figura 6 es un diagrama esquemático de la disposición de los pines de un microcontrolador utilizado en el aparato de detección de suciedad según los ejemplos de la divulgación. En particular, la figura 6 muestra una disposición de pines del microcontrolador 36. En los ejemplos, el microcontrolador 36 comprende un microcontrolador de 8 bits modelo Atmega32 40 Pin PDIP, producido por Atmel Corporation. Sin embargo, se apreciará que se puedan utilizar otros microcontroladores. Los pines 33 a 40 se refieren a los convertidores analógicos a digitales. El pin 10 VCC, el pin 11 GND y el pin 31 GND pueden utilizarse para proporcionar energía al microcontrolador, por ejemplo, de una fuente de alimentación de 5 voltios. El pin 30 AVCC también puede ser conectado a una fuente de alimentación como una fuente de alimentación de 5 V y debe ser conectado eléctricamente al pin 10 VCC. El pin 13 XTAL1 y el pin 12 XTAL2 pueden utilizarse con respecto a un amplificador de oscilador inversor interno, por ejemplo, para la conexión a un osciloscopio externo para realizar pruebas si es necesario, o para actuar como una señal de reloj externo, por ejemplo. El pin 32 AREF puede utilizarse como pin de referencia analógica para los pines 33 a 40 de ADC, y el pin 9 RESET puede permitir que el microcontrolador se reinicie. Los pines 1 - 7 (PB0-PB7), los pines 22-29 (PC0-PC7) y los pines 14-21 (PD0-PD7) pueden actuar como puertos de E/S bidireccionales de 8 bits (entrada/salida), por ejemplo, para proporcionar una o más señales de salida y/o para programar el microcontrolador 36.

La figura 7 es una representación esquemática del aparato para programar el microcontrolador 36 del aparato de detección de suciedad 20 según los ejemplos divulgados. En los ejemplos, el aparato para programar el microcontrolador 36 comprende un ordenador de propósito general 66, una placa de interfaz 68 y el microcontrolador 36 (una parte del diagrama de distribución de pines de la figura 6 para el microcontrolador 36 se ilustra en el ejemplo de la figura 7 para facilitar la comprensión del dibujo). En los ejemplos, los pines 6-11 del microcontrolador 36 están conectados de forma operativa a la placa de interfaz 68 a través de un cable y conectores adecuados. La alimentación puede ser suministrada desde la placa de interfaz 68 al microcontrolador 36 a través del pin 10 VCC y el pin 11 GND. En los ejemplos, un programa escrito en un lenguaje de programación adecuado puede ser cargado desde el ordenador 66 al microcontrolador 36 a través de la placa de interfaz 68 para que el microcontrolador pueda ayudar a

proporcionar la funcionalidad del aparato como se describe en este documento. En los ejemplos, el lenguaje de programación es C ++, aunque se apreciará que otros lenguajes de programación adecuados podrían ser utilizados y otro aparato para la programación del microcontrolador puede ser utilizado. En los ejemplos, el circuito de detección de suciedad
5 comprende un puerto de interfaz que se puede conectar a la placa de interfaz mediante un conector adecuado montado en la carcasa 32. Por lo tanto, en los ejemplos, las condiciones de funcionamiento del aparato de detección de suciedad pueden modificarse o adaptarse según sea necesario, por ejemplo, si se requieren escalas de tiempo o duraciones de medición diferentes. En general, en los ejemplos, el microcontrolador es programable
10 externamente para controlar la funcionalidad del aparato de detección de suciedad. Esto puede ayudar a proporcionar un sistema de medición más flexible para la detección de la suciedad.

En los ejemplos, se proporciona energía al microcontrolador 36 desde el regulador de voltaje 40. La figura 8 es un diagrama esquemático de un circuito de regulación de voltaje
15 para proporcionar energía eléctrica al microcontrolador según los ejemplos divulgados. En particular, en los ejemplos el regulador de voltaje 40 comprende un circuito regulador de voltaje como se ilustra en la figura 8.

En los ejemplos, el circuito regulador de voltaje comprende un circuito integrado regulador de voltaje 70, una batería 72, un primer condensador 74 y un segundo condensador 76. En
20 los ejemplos, el circuito integrado de regulación de voltaje 70 es un circuito integrado de regulación de voltaje positivo (IC) modelo número LM7805 fabricado por STMicroelectronics (RTM), con una disposición de pines como se ilustra esquemáticamente en el ejemplo de la figura 9. En los ejemplos, la batería es una batería de 9 voltios, por ejemplo, una batería PP3, el primer condensador 74 es un condensador
25 electrolítico de 10pF, y el segundo condensador es un condensador electrolítico de 0,10pF conectado como se muestra en la figura 8. Sin embargo, se apreciará que se pueden utilizar otros reguladores de voltaje IC, condensadores y baterías adecuados. En otros ejemplos, la batería puede ser la batería 46 con una regulación de voltaje adecuada, según corresponda. En los ejemplos, el circuito regulador de voltaje está conectado de forma
30 operativa al microcontrolador 36 a través del pin 10 VCC y el pin 11 GND del microcontrolador 36 para ser capaz de proporcionar una alimentación de 5V.

La figura 10 es un diagrama esquemático de la disposición de la conexión de un piranómetro y una resistencia de derivación utilizado en el aparato de detección de suciedad según los ejemplos divulgados. En particular, el ejemplo de la figura 10 muestra la resistencia de derivación 38, el piranómetro 24 y una parte de la disposición de los pines del microcontrolador (para facilitar la comprensión del dibujo). En los ejemplos, para poder medir una tensión de salida del piranómetro 24, el piranómetro 24 está conectado de manera operativa a un primer convertidor analógico a digital (ADC) del microcontrolador 36 a través del pin 31 GND y el pin 40 RA0 (ADC0). De manera más general, en los ejemplos, la tensión de salida del piranómetro 24 puede considerarse como una señal de irradiación que se refiere a un nivel de irradiación de luz incidente en el piranómetro 24.

En los ejemplos, la resistencia de derivación 38 está conectada de forma operativa al microcontrolador 36 para poder estar en comunicación eléctrica con el microcontrolador 36. En los ejemplos, la resistencia en derivación se conecta de forma operativa a un segundo convertidor analógico a digital (ADC) del microcontrolador 36 a través del pin 31 GND y el pin 39 PA1 (ADC1) para poder medir el voltaje a través de la resistencia en derivación 38. En los ejemplos, la resistencia en derivación 38 comprende una resistencia en derivación modelo SR10 de CADDOCK Electronics, con una potencia nominal de 1 W y una resistencia de 0,008 W, y con una corriente máxima de funcionamiento de 11 A. También funciona prácticamente sin reducción de la carga nominal hasta una temperatura de 70 grados centígrados, lo que puede hacerlo más adecuado para su uso en zonas áridas y desérticas. En los ejemplos, la máxima corriente de cortocircuito del panel fotovoltaico 22 (por ejemplo, el modelo FS-41 15-3) es de 1,83 A. Por lo tanto, por ejemplo, la salida eléctrica del panel fotovoltaico 22, como la corriente de cortocircuito del panel fotovoltaico 22, puede medirse utilizando la resistencia en derivación 38 y calcularse mediante la ley de Ohm desde la entrada de tensión hasta el segundo convertidor analógico a digital ADC del microcontrolador 36. Sin embargo, se apreciará que se pueden utilizar otras resistencias en derivación y paneles fotovoltaicos y medir la salida eléctrica del panel fotovoltaico 22 de otras formas adecuadas, como mediante un amperímetro o un voltímetro.

Más generalmente en los ejemplos, el aparato de detección de suciedad comprende la resistencia en derivación 38 dispuesta para ser conectable entre los terminales de salida del panel fotovoltaico 22, en el que los medios de medición (como el microcontrolador 36) son operables para medir la corriente de cortocircuito por conexión a través de la resistencia en derivación 38. En otras palabras, en los ejemplos, la condición operativa predeterminada es una corriente de cortocircuito del panel fotovoltaico 22. En otros

ejemplos, la condición de funcionamiento predeterminada es una posición en la curva de tensión de corriente del panel fotovoltaico 22 donde el panel fotovoltaico 22 es operable para producir la máxima potencia. Sin embargo, esto puede variar con la temperatura de funcionamiento del panel fotovoltaico 22 y puede requerir un circuito más complejo para establecer la condición de funcionamiento predeterminada. En los ejemplos, la corriente de cortocircuito del panel fotovoltaico 22 es sustancialmente proporcional a la irradiación solar, y las variaciones de la temperatura de la célula solar son generalmente insignificantes. Por ejemplo, en el caso del panel fotovoltaico 22 (FS-41 15-3), tal como se utiliza en los ejemplos divulgados, la corriente de cortocircuito puede variar en un 0,04%/°C en comparación con la corriente de cortocircuito en condiciones de prueba normalizadas a 25°C. En comparación, una potencia máxima de salida del panel PV FS41 13-3 de los ejemplos puede cambiar en un 0,28%/°C en comparación con las condiciones de prueba normalizadas a 25°C. En general, otros paneles y módulos fotovoltaicos tienen una temperatura similar tendencia dependiente de la corriente de cortocircuito y la potencia máxima. Por lo tanto, por ejemplo, la medición de la corriente de cortocircuito puede proporcionar una indicación más precisa del nivel de suciedad, así como ayudar a simplificar los circuitos necesarios para detectar el nivel de suciedad.

En los ejemplos, la corriente de cortocircuito medida del panel fotovoltaico 22 que se relaciona con un nivel de suciedad del panel 22 se compara con una corriente de cortocircuito esperada del panel fotovoltaico 22 calculada a partir de la salida del piranómetro 24 basada en la señal de irradiación. De manera más general, como se ha mencionado anteriormente, en los ejemplos, el aparato de detección de ensuciamiento es operable para comparar la salida eléctrica medida del panel fotovoltaico en la condición de funcionamiento predeterminada, como la corriente de cortocircuito del panel fotovoltaico 22, con el valor de salida de referencia, por ejemplo, del piranómetro 24, a fin de generar un valor de comparación. En los ejemplos, el valor de comparación puede utilizarse para determinar si puede emitirse una señal de limpieza u otra señal relacionada con un nivel de suciedad, como se describirá con más detalle más adelante.

La figura 11 es un diagrama esquemático de una trayectoria de la señal de salida del microcontrolador utilizado en el aparato de detección de suciedad según ejemplos divulgados. En el ejemplo que se muestra en la figura 11, el pin 1 PBO (XCK/TO) y el pin 11 GND del microcontrolador son operables para emitir una primera señal lógica, por ejemplo, en dependencia de un nivel lógico del microcontrolador 36 basado en el valor de comparación. En los ejemplos, la primera señal lógica es de 0V o 5V aunque se apreciará

que se pueden utilizar otras señales lógicas adecuadas. En los ejemplos, los pines 1 y 11 del microcontrolador 36 pueden conectarse de forma operativa al segundo relé 50a para permitir que se genere la primera señal de salida 50a. En los ejemplos, la primera señal de salida 50a es operable para ser emitida cuando el valor de comparación es mayor que el valor umbral de limpieza.

En los ejemplos, el pin 2 PB1 (T1) y el pin 11 GND del microcontrolador son operables para emitir una segunda señal lógica, por ejemplo, en dependencia de un nivel lógico del microcontrolador 36 basado en el valor de comparación. En los ejemplos, la segunda señal lógica es de 0V o 5V aunque se apreciará que se pueden utilizar otras señales lógicas adecuadas. En los ejemplos, los pines 2 y 11 del microcontrolador 36 pueden conectarse de forma operativa al tercer relé 52 para permitir que se genere la segunda señal de salida 52a. En los ejemplos, la segunda señal de salida 52a es una señal de advertencia que indica que, por ejemplo, puede ser necesario un evento de limpieza pronto. En los ejemplos, la señal de aviso es operable para ser emitida cuando el valor de comparación se encuentra entre un valor umbral de aviso y el valor umbral de limpieza. En los ejemplos, el valor umbral de aviso es inferior al valor umbral de limpieza. En otros ejemplos, la señal de advertencia puede omitirse y el tercer relé 52 no se utiliza.

En los ejemplos, el pin 3 PB2 (AIN0/INT2) y el pin 11 GND del microcontrolador son operables para emitir una tercera señal lógica, por ejemplo, en dependencia de un nivel lógico del microcontrolador 36 basado en el valor de comparación. En los ejemplos, la tercera señal lógica es de 0V o 5V aunque se apreciará que se pueden utilizar otras señales lógicas adecuadas. En los ejemplos, los pines 3 y 11 del microcontrolador 36 pueden conectarse de forma operativa al cuarto relé 54 para permitir que se genere la tercera señal de salida 54a. En los ejemplos, la tercera señal de salida 54a es operable para ser emitida cuando el valor de comparación es menor o igual al valor umbral de limpieza. En los ejemplos, la tercera señal de salida 54a es una señal inactiva, por ejemplo, para indicar que el panel fotovoltaico no necesita limpieza. En los ejemplos en que se aplica una señal de advertencia, la tercera señal de salida 54a se emite cuando el valor de comparación es inferior al valor umbral de limpieza y también inferior al valor umbral de advertencia. Por lo tanto, por ejemplo, la señal latente puede permitir a un operador de planta fotovoltaica determinar que un evento de limpieza no necesita ser programado y, por lo tanto, puede ayudar a mejorar la eficiencia de la programación de los eventos de limpieza.

- Aunque los pines 1, 2, 3 y 11 han sido descritos con referencia a la primera, segunda y tercera señal de salida 50a, 52a y 54a respectivamente, se apreciará que podrían utilizarse otros pines adecuados del microcontrolador. También se apreciará que la señal de inactividad, la señal de limpieza y la señal de advertencia pueden generarse de otras maneras adecuadas. Además, en los ejemplos, una o más de la primera señal de salida 50a, la segunda señal de salida 52a y la tercera señal de salida 54a pueden utilizarse para formar un camino de corriente entre la batería y un elemento de señal como una lámpara o un elemento de salida de audio como un altavoz o un zumbador piezoeléctrico a través del camino de corriente 57 con la batería 46.
- 5
- 10 La figura 12 es un diagrama esquemático de conexión del circuito de regulación de voltaje al sensor de luz 44 utilizado en el aparato de detección de suciedad 20 según ejemplos divulgados. Como ya se ha mencionado, en los ejemplos el aparato de detección de suciedad comprende un sensor de luz 44. En los ejemplos, el sensor de luz 44 es operable para detectar un nivel de iluminación de la luz que incide en el sensor de luz 44. En
- 15 ejemplos, el apparatus 20 es operable para realizar la detección del nivel de ensuciamiento cuando el nivel de iluminación es más grande que un nivel de iluminación umbral. En los ejemplos, el sensor de luz 44 comprende el interruptor del sensor de luz, modelo AS-20 fabricado por Atoplee. En los ejemplos, el nivel de iluminación umbral puede ser tal que la detección del ensuciamiento se realice durante el día, por ejemplo.
- 20 En los ejemplos, el circuito de detección de suciedad comprende el interruptor 56. En los ejemplos, el interruptor 56 está conectado de forma operativa entre el regulador de voltaje 40 y el sensor de luz 44, aunque se apreciará que son posibles otras configuraciones de cableado. En los ejemplos, el interruptor 56 es operable para proporcionar una anulación manual de modo que un ciclo de detección de suciedad pueda realizarse a instigación de
- 25 un usuario. En el ejemplo, el interruptor 56 comprende un conmutador como un conmutador de la serie ST fabricado por Carling Technologies. Sin embargo, se apreciará que se pueda utilizar cualquier tipo de interruptor adecuado. En los ejemplos, el interruptor 56 permite la activación o desactivación manual de la medición de detección de suciedad. En los ejemplos, como se ilustra en la figura 12, el regulador de voltaje 40 puede estar en conexión
- 30 eléctrica con el microcontrolador 36 (por ejemplo, al pin 10 VCC y al pin 30 AVCC) a través del sensor de luz 44 y el interruptor 56 para poder proporcionar energía al microcontrolador 36. Sin embargo, se podrían utilizar otras disposiciones de conexión adecuadas para poder proporcionar energía al microcontrolador 36.

Como ya se ha mencionado, en los ejemplos, la batería 46 está dispuesta para poder proporcionar energía al aparato. En los ejemplos, el panel fotovoltaico 22 puede estar en conexión eléctrica con la batería 46 para poder cargar la batería 46. En los ejemplos, el panel fotovoltaico 22 está en conexión eléctrica con la batería 46 a través del controlador de carga 42 para poder cargar la batería 46. En los ejemplos, el controlador de carga 42 es operable para controlar una fijación de carga de la batería 46, por ejemplo, controlando una tasa de carga del panel fotovoltaico 22 a la batería 46. En los ejemplos, el controlador de carga es un 12V-3A modelo Star03 fabricado por Lumiax, aunque se apreciará que se puedan utilizar otros tipos de controlador de carga. En los ejemplos, el circuito de detección de suciedad es operable para realizar la detección de suciedad en dependencia de una señal de control de detección de suciedad, por ejemplo, generada por el microcontrolador. En los ejemplos, se puede suministrar energía al microcontrolador 36 desde la batería 46, por ejemplo, utilizando un circuito de regulación de voltaje adecuado. Sin embargo, en otros ejemplos, el microcontrolador puede alimentarse de cualquier otra fuente de energía adecuada, como una batería de 9 V o una red eléctrica regulada. Sin embargo, el uso de una o más baterías puede permitir que el aparato 20 funcione en lugares remotos sin una infraestructura de apoyo externa.

En los ejemplos, el panel fotovoltaico 22 es operable para cargar la batería 46 cuando no se realiza la detección de suciedad. En los ejemplos, se realiza un ciclo de detección de suciedad a intervalos sustancialmente regulares, como se describe con más detalle más adelante. En otras palabras, más generalmente en los ejemplos, el aparato 20 es operable para medir la producción eléctrica del panel fotovoltaico a intervalos de tiempo predeterminados para detectar un nivel de suciedad del panel fotovoltaico 22. En los ejemplos, el aparato 20 es operable para medir la producción eléctrica del panel fotovoltaico 22 durante una duración predeterminada.

Como ya se ha mencionado, en los ejemplos, el circuito de detección de ensuciamiento comprende un primer relé 48 que está conectado operativamente al piranómetro 24, al microcontrolador 36, al panel fotovoltaico 22 y al controlador de carga 42. En los ejemplos, el primer relé 48 es un relé de doble polo y bipolar (DPDT) como un relé de 5V, 8 pines, número de modelo JW2SN-DC5V fabricado por Panasonic. Sin embargo, se apreciará que se puedan utilizar otros tipos de relés. En los ejemplos, el primer relé 48 comprende una bobina compuesta por un par de terminales de bobina, un primer conjunto de contactos de relé y un segundo conjunto de contactos de relé. En los ejemplos, el primer conjunto de contactos de relé comprende un primer terminal común, un primer terminal normalmente

abierto y un primer terminal normalmente cerrado, en los que la corriente puede fluir entre el primer terminal común y el primer terminal abierto o el primer terminal normalmente cerrado, dependiendo de si la bobina está energizada (la corriente fluye a través de la bobina). En los ejemplos, el segundo conjunto de contactos de relé comprende un segundo terminal común, un segundo terminal normalmente abierto y un segundo terminal normalmente cerrado, en los que la corriente puede fluir entre el segundo terminal común y el segundo terminal abierto o el segundo terminal normalmente cerrado, dependiendo de si la bobina está activada (corriente que fluye a través de la bobina). En otras palabras, por ejemplo, el primer relé 48 puede funcionar como un relé de doble polo de tipo bipolar.

10 En los ejemplos, el microcontrolador 36 está conectado de forma operativa a la bobina para poder activar la bobina y así poder conmutar el primer relé 48. En los ejemplos, la señal de control de detección de suciedad comprende una señal de control de relé. En los ejemplos, los terminales de la bobina están conectados de forma operativa al pin 11 GND y al pin 4 PB3 (AIN1/OCO) de manera que la bobina pueda ser energizada por la señal de control del relé, como una señal de salida de 5V del microcontrolador 36, por ejemplo, para permitir que el aparato de detección de suciedad realice la detección de suciedad o controle la medición de la detección de suciedad.

En los ejemplos, el primer terminal común está conectado eléctricamente a un terminal eléctrico del panel fotovoltaico 22, y la resistencia en derivación 38 está conectada eléctricamente al primer terminal normalmente abierto, de modo que la corriente puede fluir a través de la resistencia en derivación 38 cuando la bobina se energiza, por ejemplo, en respuesta a la señal de control del relé que emite el microcontrolador. En los ejemplos, el piranómetro 24 está conectado de manera operativa a los pines 40 y 31 del microcontrolador 36, como se indica en el ejemplo de la figura 10, a través del segundo terminal común y el segundo terminal normalmente abierto, de manera que el piranómetro 24 puede estar en conexión eléctrica con el microcontrolador 36 cuando la bobina del primer relé 48 se energiza, por ejemplo, en respuesta a la señal de control del relé del microcontrolador 36. En los ejemplos, el primer terminal normalmente cerrado está conectado de manera operativa al controlador de carga 42, de manera que la batería 46 puede cargarse cuando la bobina no está energizada, por ejemplo, cuando no se realiza la detección de suciedad. En los ejemplos, el segundo terminal normalmente cerrado no está conectado. En otras palabras, en los ejemplos, el circuito de detección de suciedad es operable para realizar la detección de suciedad en función de la señal de control del relé.

En otros ejemplos, el piranómetro 24 y la resistencia en derivación 38 podrían conectarse de manera operativa al terminal normalmente cerrado del relé 48, y el controlador de carga 42 conectado a un terminal normalmente abierto para poder cargar la batería 46 cuando la bobina esté energizada. Sin embargo, se apreciará que se puedan utilizar otras
5 disposiciones de conexión.

En otros ejemplos, se puede omitir la conexión al controlador de carga 42 y utilizar otras disposiciones para cargar la batería 46. Además, se apreciará que la batería 46 podría ser omitida con las modificaciones apropiadas para las señales de salida del microcontrolador 36, tales como las señales de salida 50a, 52a y 54a.

10 A continuación, se describirán ejemplos de métodos de funcionamiento del aparato de detección de suelos con referencia a las figuras 13, 14A y 14B. La figura 13 es un diagrama de flujo de un método para detectar el nivel de suciedad de un panel fotovoltaico utilizando un aparato de detección de suciedad según los ejemplos de la divulgación. En los ejemplos, se realiza un método de detección de suciedad para detectar el nivel de suciedad de un
15 panel fotovoltaico utilizando el aparato de detección de suelos 20. Como ya se ha mencionado, en los ejemplos, la detección de suciedad comprende el panel fotovoltaico 22 y el piranómetro 24 que se coloca con respecto al panel fotovoltaico 22 de manera que el panel fotovoltaico 22 y el piranómetro 24 pueden recibir sustancialmente el mismo nivel de radiación solar que el otro.

20 En un paso s100, el panel fotovoltaico 22 genera una salida eléctrica en respuesta a la luz que incide sobre el panel y en función del nivel de suciedad del panel fotovoltaico 22. En los ejemplos, la producción eléctrica es una corriente fotovoltaica que puede ser medida, por ejemplo, por la resistencia en derivación 38. Sin embargo, en otros ejemplos, la salida eléctrica podría ser la potencia generada por el panel fotovoltaico, por ejemplo,
25 determinada a partir de un voltaje de salida medido y la corriente de salida medida usando la ecuación potencia = voltaje x corriente. Sin embargo, se apreciará que pueden utilizarse otras técnicas para medir la corriente, el voltaje, la potencia de otras formas de salida eléctrica del panel fotovoltaico 22.

En un paso s102, el piranómetro 24 genera una señal de irradiación que se relaciona con
30 un nivel de irradiación de luz incidente en el piranómetro 24. Por ejemplo, la señal de

irradiación puede estar relacionada con un nivel de radiación solar que incide en el piranómetro 24.

En un paso s104, se calcula un valor de salida de referencia a partir de la señal de irradiación, por ejemplo, mediante el microcontrolador 36, aunque podrían utilizarse otras técnicas. En los ejemplos, el valor de salida de referencia se refiere a una salida eléctrica ideal del panel fotovoltaico 22 en una condición de funcionamiento predeterminada. En los ejemplos, la condición de funcionamiento predeterminada es una corriente de cortocircuito del panel fotovoltaico 22. En los ejemplos, la salida eléctrica ideal es una corriente de cortocircuito del panel fotovoltaico 22 que se esperaría obtener para el panel fotovoltaico 22 cuando éste se encuentre en un estado sustancialmente limpio (por ejemplo, sustancialmente sin suciedad). Sin embargo, se apreciará que podrían utilizarse otras condiciones de funcionamiento predeterminadas, como una posición de sesgo del panel fotovoltaico 22 en la que se pueda obtener la máxima potencia del panel fotovoltaico. Como se ha mencionado anteriormente, la utilización de la corriente de cortocircuito como condición de funcionamiento predeterminada puede ayudar a reducir la complejidad del circuito y a reducir la dependencia de la temperatura del valor de salida de referencia.

En un paso s106, la salida eléctrica del panel fotovoltaico 22 en la condición de funcionamiento predeterminada se mide, por ejemplo, por un ADC del microcontrolador 36 midiendo el voltaje a través de la resistencia en derivación 38. Sin embargo, se apreciará que podrían utilizarse otras técnicas para medir la salida eléctrica del panel fotovoltaico en la condición de funcionamiento predeterminada, por ejemplo, si se va a medir la potencia máxima.

En un paso s108, la producción eléctrica medida del panel fotovoltaico 22 en la condición de funcionamiento predeterminada se compara con el valor de salida de referencia a fin de generar un valor de comparación. En los ejemplos, el microcontrolador 36 es operable para comparar la salida eléctrica medida con el valor de salida de referencia para generar el valor de comparación. Sin embargo, se apreciará que se puedan utilizar otras disposiciones adecuadas, como un circuito de comparación.

En un paso s110, se determina si el valor de comparación es mayor que un valor de umbral de limpieza. En los ejemplos, el microcontrolador 36 es operable para determinar si el valor de comparación es mayor que el valor de umbral de limpieza, aunque se apreciará que

podrían utilizarse otras técnicas y circuitos o aparatos. En los ejemplos, el valor umbral de limpieza puede establecerse programando el microcontrolador adecuadamente, por ejemplo, utilizando el aparato descrito anteriormente con referencia a la figura 7.

5 Si el valor de comparación es mayor que el valor del umbral de limpieza, entonces la señal de salida de la limpieza se emite en un paso s112, por ejemplo, la señal de salida correspondiente 50a. En otras palabras, por ejemplo, la señal de limpieza se emite cuando el valor de comparación es mayor que un valor umbral de limpieza. Por ejemplo, la señal de limpieza puede indicar que el panel necesita ser limpiado. Sin embargo, si el valor de comparación es menor que el valor de comparación de limpieza, o menor o igual que la
10 comparación, entonces, en un paso s114, se emite una señal latente, que corresponde por ejemplo a la señal de salida 54a. Como se ha mencionado anteriormente, en algunos ejemplos, también puede emitirse una señal de aviso cuando sea apropiado, como se describe más detalladamente a continuación con referencia a las figuras 14A y 14B.

15 Las figuras 14A y 14B son un diagrama de flujo de un método para detectar un nivel de suciedad del panel fotovoltaico 22 midiendo el voltaje a través de la resistencia en derivación 38 según ejemplos divulgados. Los diagramas de flujo de las figuras 14A y 14B deben considerarse conjuntamente como parte del mismo diagrama de flujo de procedimiento para medir un nivel de suciedad del panel fotovoltaico 22 de los ejemplos divulgados. Sin embargo, se han utilizado dos hojas de dibujo para ilustrar el diagrama de
20 flujo para facilitar la comprensión, la claridad y el espacio. En las figuras 14A y 14B, las letras A, B y C en círculo indican dónde se une el diagrama de flujo entre las páginas con letras similares que se unen como flujo. Por ejemplo, el círculo A de la figura 14B se une al círculo A de la figura 14A. En el ejemplo de las figuras 14A y 14B el método se realiza bajo el control del microprocesador 36, aunque se apreciará que se pueden utilizar otras formas
25 de aplicar el método.

En un paso s200, se determina si un sensor de interruptor de luz automático está encendido. En los ejemplos, el sensor del interruptor de luz automático comprende el sensor de luz 44. Por ejemplo, si el nivel de iluminación que incide en el sensor de luz 44 es mayor que el umbral de iluminación se determina que el sensor del interruptor
30 automático de luz está encendido. Por ejemplo, el nivel de iluminación umbral puede corresponder a un nivel mínimo de iluminación que se encuentra típicamente durante el día en el lugar donde se encuentra el aparato 20. En otras palabras, por ejemplo, la

detección de suciedad puede disponerse de manera que se realice durante el día y no durante la noche.

Si, por ejemplo, se determina que el sensor del interruptor de luz automático está apagado, por ejemplo, porque la luz que incide en el sensor de luz 44 es menor que el nivel de iluminación umbral, entonces se inicia un período de espera en un paso s202. Una vez
5 finalizado el período de espera, el procedimiento pasa al paso s200. En los ejemplos, el hecho de que el paso s202 del método pase al paso s200 depende del estado del interruptor 56. Por ejemplo, el paso s202 puede pasar al paso s200 si el interruptor 56 está cerrado. Sin embargo, si el interruptor 56 está abierto, por ejemplo, entonces el
10 procesamiento se detiene y el paso de método S202 no pasa al paso s200, por ejemplo, debido a la anulación manual de la medición de detección de suciedad por parte de un operador que utiliza el interruptor. En otros ejemplos, el interruptor 56 puede utilizarse para anular el sensor del interruptor de luz automática de modo que no se realicen los pasos s200 y s202. Esto puede ocurrir si un operador desea anular manualmente cuando se
15 produce una medición de detección de suciedad de manera que pueda realizarse cuando se produce la circunvalación del sensor de luz 44, por ejemplo.

En los ejemplos, el período de espera puede corresponder a un período de tiempo predeterminado, como 10 minutos, 20 minutos, 30 minutos y similares, aunque se puede utilizar cualquier período de tiempo. En otros ejemplos, el período de espera es inferior a
20 10 segundos, de modo que una medición de detección de suciedad puede realizarse oportunamente cuando se supera el nivel umbral de iluminación, por ejemplo.

Si, por ejemplo, se determina que el sensor de conmutación automática de la luz está encendido en el paso s200, entonces, en el paso s204, se establece un primer parámetro T1. En los ejemplos T1 es un número entero en el rango $1 < T1 < 30$, donde T1 se mide en
25 minutos (por ejemplo, $T1 = 1 @ 30$ mín.). T1 se fija inicialmente en $T1 = 1$ pero puede aumentarse posteriormente de manera iterativa haciendo que $T1 = T1'$, donde el valor de T1' se define a continuación en un paso incremental (paso s238) como se describe más adelante.

En un paso s206, se establece un segundo parámetro temporal T2. En los ejemplos, T2 es
30 un número entero en el rango $10 < T2 < 60$, donde T2 se mide en segundos (por ejemplo, $T2 = 10 @ 60$ seg.). T2 se fija inicialmente en $T2 = 10$ pero puede incrementarse

posteriormente de manera iterativa haciendo $T2=T2'$, donde el valor de $T2'$ se define a continuación en un paso incremental (paso s232) como se describe más adelante.

En un paso s208, se ajusta un tercer parámetro de tiempo $T3$. En los ejemplos, $T3$ es un número entero en el rango $1 < T3 < 10$ donde $T3$ se mide en segundos (por ejemplo, $T3 = 1 @ 10 \text{ seg.}$). $T3$ se fija inicialmente en $T3 = 1$ pero puede incrementarse posteriormente de manera iterativa haciendo $T3=T3'$, donde el valor de $T3'$ se define a continuación en un paso incremental (paso s226) como se describe más adelante.

Uno o más de los pasos s204, s206 y s208 pueden realizarse en el orden en que se describen, o dos o más de estos pasos pueden realizarse en paralelo. Además, se apreciará que uno o más de $T1$, $T1'$, $T2$, $T2'$, $T3$ y $T3'$ podría ser cualquier otro número (por ejemplo, un número entero, real, complejo, racional o irracional), y que se podrían utilizar otros rangos para sus valores. También se apreciará que se podrían establecer otros valores de inicialización distintos de los mencionados anteriormente.

En un paso s210, se mide una tensión analógica de la resistencia en derivación 38 para generar una primera señal analógica, por ejemplo, mediante la entrada a un primer convertidor analógico a digital (ADC) del microcontrolador 36. En otras palabras, por ejemplo, se puede medir una tensión analógica a través del resistor en derivación 38 para determinar una corriente a través del resistor en derivación 38.

En un paso s212, la primera señal analógica es convertida en una primera señal digital por el primer ADC del microcontrolador 36.

En un paso s214, el microcontrolador 36 puede multiplicar la primera señal digital por un factor de resistencia en derivación para calcular un valor de corriente de cortocircuito (a) del panel fotovoltaico 22, por ejemplo, que se refiere a un nivel de suciedad del panel fotovoltaico. Por ejemplo, el valor de la corriente de cortocircuito puede calcularse a partir de la tensión medida a través del resistor en derivación 38 utilizando la ley de Ohm. En los ejemplos, la resistencia del resistor 38 es de 0,008 ohmios, aunque podrían utilizarse otros valores adecuados.

En un paso s216, se mide una tensión analógica del piranómetro 24 para generar una segunda señal analógica, por ejemplo, mediante la entrada a un segundo convertidor

analógico a digital (ADC) del microcontrolador 36. En otras palabras, por ejemplo, una tensión analógica generada por el piranómetro 24 puede ser medida para determinar un nivel de irradiación del piranómetro 24.

5 En un paso s218, la segunda señal analógica es convertida en una segunda señal digital por el segundo ADC del microcontrolador 36.

10 En un paso s220, el microcontrolador 36 puede multiplicar la segunda señal digital por un factor de piranómetro para calcular un valor de irradiación solar de la luz incidente en el piranómetro 24. En otros ejemplos, el microcontrolador 36 puede determinar el valor de irradiación solar a través de una tabla de consulta (LUT) almacenada en el microcontrolador 36 o en la memoria externa que, por ejemplo, relaciona el valor de irradiación con el voltaje de salida del piranómetro. Sin embargo, se apreciará que pueden utilizarse otras técnicas adecuadas para determinar el nivel de irradiación a partir de la salida del piranómetro 24.

15 En un paso s222, una corriente de cortocircuito esperada (b) asociada al panel fotovoltaico 22 en estado limpio es calculada por el microcontrolador 36 a partir del valor de irradiancia obtenido del piranómetro 24. En los ejemplos, la corriente de cortocircuito del panel fotovoltaico 22 es sustancialmente proporcional a la irradiación de la luz que incide en el panel fotovoltaico. Por lo tanto, el valor de irradiación obtenido del piranómetro 24 puede permitir una indicación de cuál sería la corriente de cortocircuito medida para el panel fotovoltaico 22 en estado limpio. Sin embargo, pueden utilizarse otras técnicas para obtener
20 la corriente de cortocircuito prevista b) para un panel limpio, como por ejemplo mediante una tabla de búsqueda u otra relación conocida.

25 En los ejemplos, los pasos S210, s212 y s214 se realizan en paralelo con los pasos s216, s218, s220 y s222. Sin embargo, se apreciará que se pueden utilizar otros órdenes de rendimiento entre los pasos, como una combinación de rendimiento secuencial y paralelo o secuencial.

30 En un paso s224, el microcontrolador determinó si el valor de $T3 = 10$ segundos. Si no es así, entonces en un paso s226, el valor de $T3$ se incrementa en 1 para generar un valor incrementado $T3' = T3 + 1$. En los ejemplos, el valor de la corriente de cortocircuito (a) y la corriente de cortocircuito esperada (b) medida en el paso s210 a s222 se almacenan en la memoria del microcontrolador 36 en el paso s224 para generar una pluralidad de valores

de corriente almacenados. El procesamiento procede entonces del paso s226 al paso s208. En otras palabras, de manera más general, en los ejemplos, la medición de la corriente de cortocircuito (a) del panel fotovoltaico 22 y la corriente de cortocircuito esperada (b), tal como se obtiene del piranómetro 24, se produce a una primera frecuencia predeterminada.

5 En el ejemplo de las figuras 14A y 14B, la primera frecuencia predeterminada es tal que la medición de la corriente de cortocircuito (a) del panel fotovoltaico 22 y la corriente de cortocircuito esperada (b) se produce cada 1 segundo, aunque se apreciará que podrían utilizarse otros períodos de tiempo.

Si $T3 = 10$ segundos, entonces el procesamiento procede al paso s228. En el paso s228, 10 el microcontrolador 36 calcula una media de los valores de corriente de cortocircuito medidos (a) y los valores de corriente de cortocircuito esperados (b) a partir de la pluralidad de valores de corriente almacenados en la memoria en el paso s224 para generar un valor medio de corriente de cortocircuito medido {a} y un valor medio de corriente de cortocircuito esperado {b}. En otras palabras, más generalmente, en los ejemplos, el cálculo de los 15 valores medios de corriente de cortocircuito medidos y los valores medios de corriente de cortocircuito esperados se produce a una segunda frecuencia predeterminada. En el ejemplo de las figuras 14A y 14B, la segunda frecuencia predeterminada es tal que el cálculo de los valores medios {a} y {b} se produce cada 10 segundos, aunque se apreciará que podrían utilizarse otros períodos de tiempo.

20 En un paso s230, el microcontrolador determina si el valor de $T2 = 60$ segundos. Si no es así, entonces en un paso s232, el valor de $T2$ se incrementa en 10 para generar un valor incrementado $T2' = T2 + 10$. En los ejemplos, el valor medio de la corriente de cortocircuito {a} y el valor medio esperado de la corriente de cortocircuito {b} calculado en el paso s228 se almacenan en la memoria del microcontrolador 36 en el paso s230 para generar una 25 pluralidad de valores medios almacenados. El procesamiento procede entonces del paso s232 al paso s206.

Si $T2 = 60$ segundos, entonces el procesamiento procede al paso s234. En el paso s234 el microcontrolador 36 calcula los respectivos valores de amperios hora (AH) a partir de la pluralidad de valores medios almacenados para {a} y {b} basados en el tiempo transcurrido 30 y los valores medios almacenados. El microcontrolador entonces suma los respectivos valores de amperios hora para generar los valores de amperios hora (AH) sumados [a] y [b]. En otras palabras, de manera más general, en los ejemplos, el cálculo y la suma de los

valores de amperios hora sumados se produce a una tercera frecuencia predeterminada. En el ejemplo de las figuras 14A y 14B, la tercera frecuencia predeterminada es tal que el cálculo y la suma de los valores de los amperios hora sumados [a] y [b] se produce cada 60 segundos (cada minuto), aunque se apreciará que podrían utilizarse otros períodos de tiempo.

5

En un paso s236, el microcontrolador determina si el valor de $T1 = 60$ minutos. Si no, entonces en un paso s238, el valor de $T1$ se incrementa en 1 para generar un valor incrementado $TT = T + 1$. En los ejemplos, los valores de amperios hora sumados [a] y [b] calculados en el paso s234 se almacenan en la memoria del microcontrolador 36 en el paso s236 para generar una pluralidad de valores de amperios hora almacenados. El procesamiento procede entonces del paso s238 al paso s204. El uso de cálculos de amperios-hora y/o el cálculo de promedios medios puede ayudar a reducir la probabilidad de que se emita una señal falsa, por ejemplo debido a que la medición instantánea de la corriente de cortocircuito exceda un umbral.

10

Si $T1 = 30$ minutos, entonces el procesamiento procede al paso s240. En el paso s240 el microcontrolador 36 suma los valores de amperios hora almacenados en la memoria en el paso s236 para generar los valores totales sumados de amperios hora (AH) [a'] y [b']. En otras palabras, de manera más general, en los ejemplos, la suma de los valores de amperios hora almacenados se produce después de un período de tiempo predeterminado de medición de la suciedad. En el ejemplo de las figuras 14A y 14B el período de tiempo predeterminado de medición de la suciedad es de 30 minutos, aunque se apreciará que podrían utilizarse otros períodos de tiempo. En otras palabras, en los ejemplos, un ciclo completo de detección de suelos tarda sustancialmente 30 minutos en llevarse a cabo.

15

20

En un paso s242, la relación $[b']/[a']$ es calculada por el microcontrolador 36. En los ejemplos, la relación $[b']/[a']$ puede considerarse un valor de comparación como el mencionado anteriormente con referencia a la figura 13 y a la descripción anterior.

25

En un paso s244, el microcontrolador 36 determina si la relación $[b']/[a']$ está entre un primer umbral y un segundo umbral. En palabras, por ejemplo, el microcontrolador determina si el primer umbral $< [b']/[a'] <$ segundo umbral. En los ejemplos, el primer umbral corresponde al umbral de alerta mencionado anteriormente, y el segundo umbral corresponde al umbral de limpieza mencionado anteriormente.

30

Si la relación $[b']/[a']$ se encuentra entre el primer umbral (umbral de aviso) y el segundo umbral (umbral de limpieza), entonces en un paso s246, se emite la señal de aviso y se detienen las demás señales de salida. Sin embargo, en otros ejemplos, puede omitirse el paso de detener otras señales de salida en el paso s246.

- 5 Si la relación $[b']/[a']$ no está entre el primer y el segundo umbral, entonces en un paso s248, el microcontrolador determina si la relación $[b']/[a']$ es mayor que el segundo umbral (umbral de limpieza).

Si la relación $[b']/[a']$ es mayor que el segundo umbral (umbral de limpieza), entonces en un paso s250 se emite la señal de limpieza y se detienen otras señales. Sin embargo, en
10 otros ejemplos, el paso de detener otras señales de salida en s250 puede ser omitido.

Si la relación $[b']/[a']$ no es mayor que el segundo umbral (umbral de limpieza), entonces en un paso s252 se emite la señal inactiva.

En un paso s254, la señal que se emitió en el paso s246, s250 o s252 se mantiene activa (continúa emitiéndose). En otras palabras, por ejemplo, el procesamiento puede proceder
15 del paso s246 al paso s254, del paso s250 al paso s254, y del paso s252 al paso s254. Esto puede permitir a un operador de planta ver fácilmente el estado de suciedad del panel fotovoltaico, incluso si el ciclo de detección de suciedad no se está ejecutando actualmente. En los ejemplos, el procedimiento de detección de la suciedad (ciclo de detección de la suciedad) puede realizarse en un intervalo de medición del ciclo de suciedad
20 predeterminado. El uso del intervalo de medición del ciclo de ensuciamiento predeterminado puede ayudar a ahorrar energía porque la detección de suciedad no es continua. Además, pueden reducirse los requisitos de memoria del microprocesador, lo que puede ayudar a reducir los costes. En los ejemplos, el intervalo de medición del ciclo de ensuciamiento es de 2 horas, aunque se apreciará que podrían utilizarse otros intervalos
25 de tiempo. Una vez transcurrido el intervalo de medición del ciclo de ensuciamiento, el procesamiento pasa al paso s200.

Se apreciará que, si bien los pasos de las figuras 13, 14A y 14B se han descrito de manera sustancialmente secuencial, no es necesario realizarlos en ese orden y es posible realizarlos en otro orden. También se apreciará que uno o más de los pasos podrían
30 realizarse de manera secuencial y/o paralela entre sí, o bien que se omitan algunos pasos,

como los pasos s234, s236, s238 y s204. Se apreciará que los períodos de tiempo pertinentes al método descrito en las figuras 14A y 14B, como la primera, segunda y tercera frecuencias predeterminadas, el período de tiempo de medición del suelo predeterminado y el intervalo de medición del ciclo de ensuciamiento pueden variarse o fijarse, por ejemplo, mediante la programación del microcontrolador 36. Por ejemplo, el intervalo de medición del ciclo de ensuciamiento puede variar en función de la estación. Además, si, por ejemplo, se prevé que el tiempo esté nublado, puede ser preferible medir el nivel de suciedad durante un período más corto, por ejemplo, según lo determinado por el período de tiempo de medición del ciclo de ensuciamiento, a fin de tratar de asegurar una medición más coherente durante el período de medición.

Además, se apreciará que el primer umbral (umbral de alerta) y el segundo umbral (umbral de limpieza) pueden variar en función de los requisitos de funcionamiento.

En los ejemplos, el aparato 20 comprende un módulo de comunicación operable para permitir que el microcontrolador 36 se comunique con una red externa o un aparato como la red de control de una planta fotovoltaica a través de una interfaz de comunicación adecuada como wifi, ethernet, red celular inalámbrica y similares. En los ejemplos, el microcontrolador es operable para ser programable, por ejemplo, a través del módulo de comunicación, para establecer uno o más del primer umbral, el segundo umbral, el tiempo de las mediciones de detección de suciedad, y los pasos de incremento y los rangos de T1, T2 y T3. Esto puede, por ejemplo, permitir que el aparato 20 se programe a distancia según las condiciones de funcionamiento de su ubicación. Además, en los ejemplos, el aparato 20 es operable para emitir una o más de las señales de salida, como la señal de inactividad, la señal de advertencia y la señal de limpieza a través del módulo de comunicación a una ubicación remota como la sala de control de una planta fotovoltaica. Así pues, el aparato 20 puede, por ejemplo, ser operado a distancia si se desea.

En los ejemplos, el aparato es operable para generar una señal de clasificación en función del valor de comparación. En los ejemplos, la señal de clasificación se relaciona con una producción prevista de uno o más otros paneles fotovoltaicos habiendo sustancialmente el mismo nivel de suciedad como el panel fotovoltaico del aparato. En los ejemplos, el microcontrolador 36 es operable para producir la señal de calificación, por ejemplo, a través del módulo de comunicación. Por ejemplo, si el aparato de detección de suciedad 20 se coloca de manera que pueda recibir sustancialmente el mismo nivel de suciedad que uno

o más paneles fotovoltaicos de un plano fotovoltaico, la señal de clasificación puede ser utilizada por un operador de planta fotovoltaica para determinar la producción eléctrica prevista de la planta fotovoltaica.

5 Por ejemplo, la relación $[b']/[a']$ calculada como se ha mencionado anteriormente en el paso s242 puede utilizarse para indicar o predecir una producción eléctrica prevista de un segundo panel fotovoltaico (o de una pluralidad de otros paneles fotovoltaicos) que tenga sustancialmente el mismo nivel de suciedad que el panel fotovoltaico 22, de modo que el nivel de rendimiento previsto del segundo panel o de la pluralidad de paneles sea proporcional a la relación $[b']/[a']$ en comparación con el rendimiento previsto del segundo panel fotovoltaico (o de la pluralidad de paneles) cuando no haya prácticamente ninguna suciedad. En otras palabras, en los ejemplos, el aparato 20 es operable para evaluar el impacto del ensuciamiento en la producción de los paneles fotovoltaicos basándose en el valor de comparación y la corriente de cortocircuito medida. Esto puede ayudar al operador de una planta fotovoltaica a predecir la producción de energía de la planta con mayor precisión y, por lo tanto, puede ayudar a la gestión de la red eléctrica, la distribución de energía y la predicción de beneficios.

20 Se apreciará que cuando se mencione un panel o paneles fotovoltaicos, se podrán utilizar uno o más módulos fotovoltaicos en lugar o en combinación con uno o más paneles fotovoltaicos. También se apreciará que un panel o paneles fotovoltaicos puedan comprender uno o más módulos fotovoltaicos, según proceda. También se apreciará que el panel o paneles fotovoltaicos de ejemplos de la divulgación podrían tener cualquier configuración física apropiada, como tener una superficie receptora de luz sustancialmente plana, o una superficie receptora de luz curva, por ejemplo.

25 El aparato y el método de los ejemplos de la divulgación pueden permitir una fácil integración con las plantas fotovoltaicas existentes, así como poder ser utilizados como una unidad autónoma, por ejemplo, para determinar si un sitio es adecuado para una planta fotovoltaica. Además, pueden utilizarse diferentes tipos de paneles fotovoltaicos como panel fotovoltaico de referencia (como el panel fotovoltaico 22), con el microcontrolador 36 programado según proceda. En otras palabras, por ejemplo, el aparato y el método de la divulgación pueden ayudar a proporcionar una forma más flexible y fácilmente adaptable de determinar el nivel de suciedad de un panel fotovoltaico.

Aunque en el presente documento se han descrito diversos ejemplos, éstos se proporcionan únicamente a título de ejemplo y muchas variaciones y modificaciones de tales ejemplos serán evidentes para la persona capacitada y se inscribirán en el espíritu y el alcance de la presente invención, que se define en las reivindicaciones anexas y sus
5 equivalentes.

REIVINDICACIONES

1.- Aparato de detección de suciedad, operable para detectar un nivel de suciedad de un panel fotovoltaico, el aparato comprendiendo:

5 un panel fotovoltaico operable para generar una salida eléctrica en respuesta a la luz que incide en el panel y en función del nivel de suciedad del panel fotovoltaico;

un piranómetro operable para generar una señal de irradiación que se relaciona con un nivel de irradiación de la luz que incide en el piranómetro, estando el piranómetro posicionado con respecto al panel fotovoltaico de manera que el panel fotovoltaico y el piranómetro puedan recibir sustancialmente el mismo nivel de radiación solar que el otro;

10 unos medios de cálculo operables para calcular un valor de salida de referencia de la señal de irradiación que se relaciona con una salida eléctrica ideal del panel fotovoltaico en una condición de funcionamiento predeterminada;

unos medios de medida operables para medir la salida eléctrica del panel fotovoltaico en la condición de funcionamiento predeterminada;

15 unos medios de comparación operables para comparar la salida eléctrica medida del panel fotovoltaico en la condición de funcionamiento predeterminada con el valor de salida de referencia a fin de generar un valor de comparación; y

unos medios de salida operables para emitir una señal de limpieza cuando el valor de comparación es mayor que un valor umbral de limpieza.

20 2.- Aparato de detección de suciedad, según la reivindicación 1, en el que los medios de salida son operables para producir una señal latente cuando el valor de comparación es menor o igual al valor umbral de limpieza.

25 3.- Aparato de detección de suciedad, según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que los medios de salida son operables para emitir una señal de advertencia cuando el valor de comparación se encuentra entre un valor umbral de advertencia y el valor umbral de limpieza.

- 4.- Aparato de detección de suciedad, según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la condición de funcionamiento predeterminada es una corriente de cortocircuito del panel fotovoltaico.
- 5 5.- Aparato de detección de suciedad, según la reivindicación 4, que comprende una resistencia de derivación dispuesta para ser conectada entre los terminales de salida del panel fotovoltaico, en el que los medios de medición son operables para medir la corriente de cortocircuito por conexión a través de la resistencia de derivación.
6. Aparato de detección de suciedad, según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende una batería dispuesta para poder proporcionar energía al aparato, en el que el panel fotovoltaico puede estar en conexión eléctrica con la batería para poder cargar la batería.
- 10
- 7.- Aparato de detección de suciedad, según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un sensor de luz operable para detectar un nivel de iluminación de la luz incidente en el sensor de luz, en el que el aparato es operable para realizar la detección del nivel de suciedad cuando el nivel de iluminación es mayor un nivel umbral de iluminación.
- 15
- 8.- Aparato de detección de suciedad, según la reivindicación 7 cuando depende de la reivindicación 6, en la que el panel fotovoltaico es operable para cargar la batería cuando no se realiza la detección de suciedad.
- 20
- 9.- Aparato de detección de suciedad, según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el aparato es operable para medir la salida eléctrica del panel fotovoltaico a intervalos de tiempo predeterminados para detectar un nivel de suciedad del panel fotovoltaico.
- 25
- 10.- Aparato de detección de suciedad, según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el aparato es operable para medir la salida eléctrica del panel fotovoltaico durante una duración predeterminada.

11.- Aparato de detección de suciedad, según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el panel fotovoltaico comprende una pluralidad de células fotovoltaicas de lámina delgada.

5 12.- Aparato de detección de suciedad, según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que:

el aparato es operable para generar una señal de clasificación en función del valor de comparación; y

10 la señal de clasificación se relaciona con una salida prevista de uno o más paneles fotovoltaicos que tengan sustancialmente el mismo nivel de suciedad que el panel fotovoltaico del aparato.

13.- Planta fotovoltaica, que comprende una pluralidad de paneles fotovoltaicos para la generación de electricidad, la planta fotovoltaica comprendiendo un aparato de detección de suciedad según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el aparato de detección de suciedad se coloca con respecto a uno o más paneles fotovoltaicos de la planta fotovoltaica de manera que reciba sustancialmente la misma suciedad que uno o más paneles fotovoltaicos de la planta fotovoltaica.

14.- Método de detección de suciedad para detectar un nivel de suciedad de un panel fotovoltaico utilizando un aparato de detección de suciedad que comprende un panel fotovoltaico y un piranómetro posicionado con respecto al panel fotovoltaico de manera que el panel fotovoltaico y el piranómetro puedan recibir sustancialmente el mismo nivel de radiación solar que el otro, el método comprendiendo:

generación, por el panel fotovoltaico, de una salida eléctrica en respuesta a la luz que incide en el panel y en función del nivel de suciedad del panel fotovoltaico;

25 generación, por el piranómetro, de una señal de irradiación que se relaciona con un nivel de irradiación de la luz incidente en el piranómetro;

cálculo de un valor de salida de referencia a partir de la señal de irradiación que se relaciona con una salida eléctrica ideal del panel fotovoltaico en una condición de funcionamiento predeterminada;

5 medición de la salida eléctrica del panel fotovoltaico en una condición de funcionamiento predeterminada;

comparación de la salida eléctrica medida del panel fotovoltaico en la condición de funcionamiento predeterminada con el valor de salida de referencia para generar un valor de comparación; y emisión de una señal de limpieza cuando el valor de comparación es mayor que un valor umbral de limpieza.

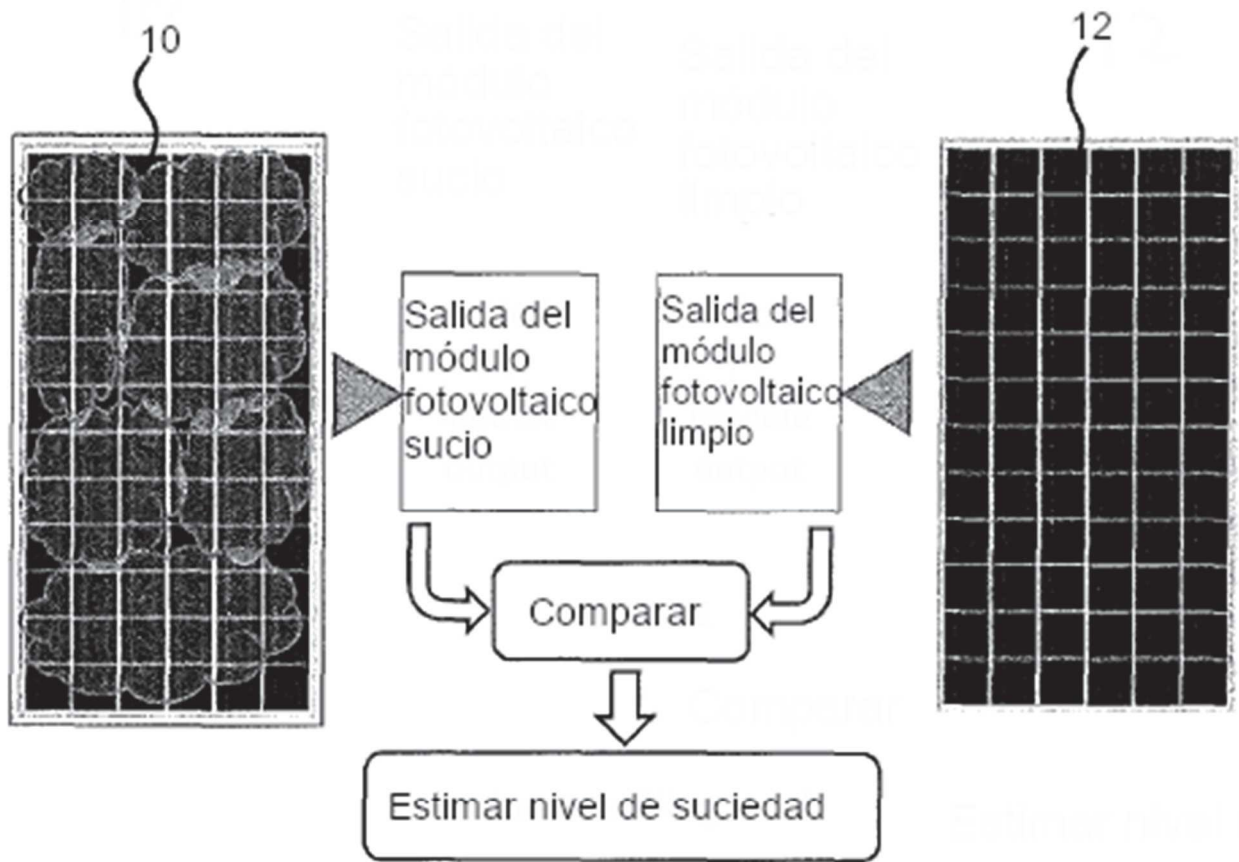


FIG. 1

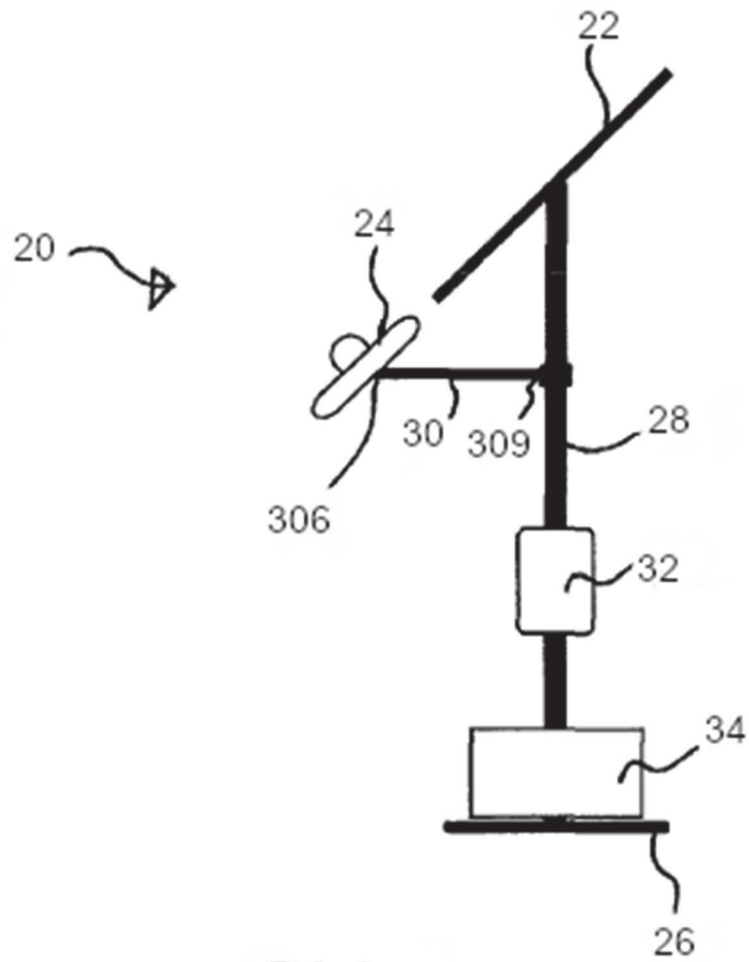


FIG. 2

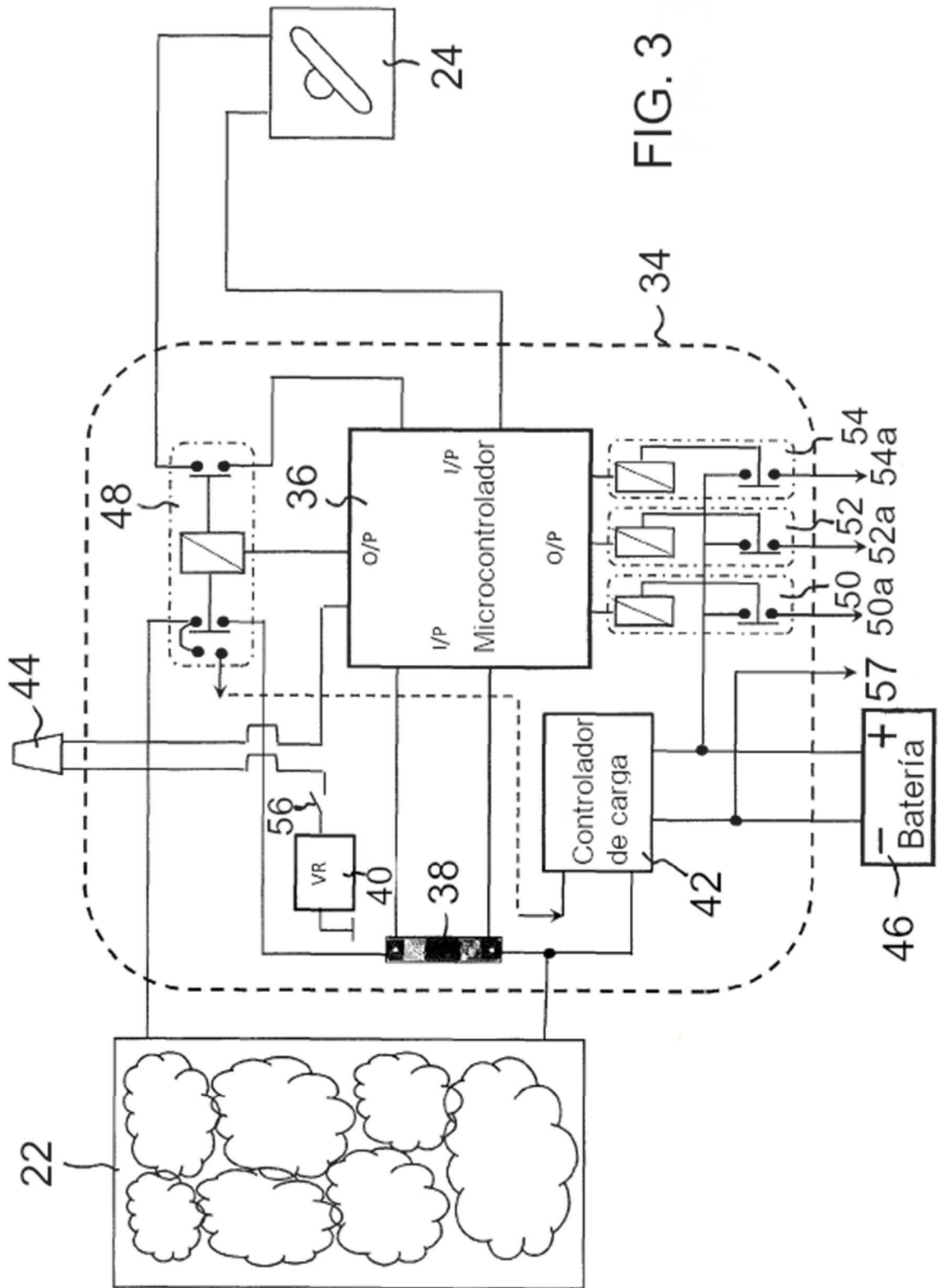
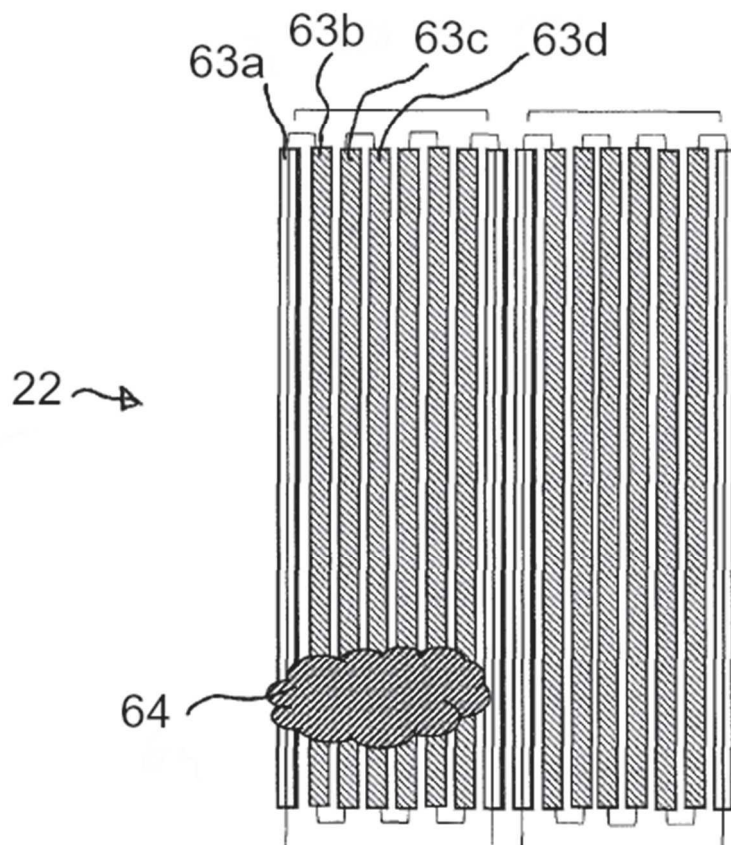
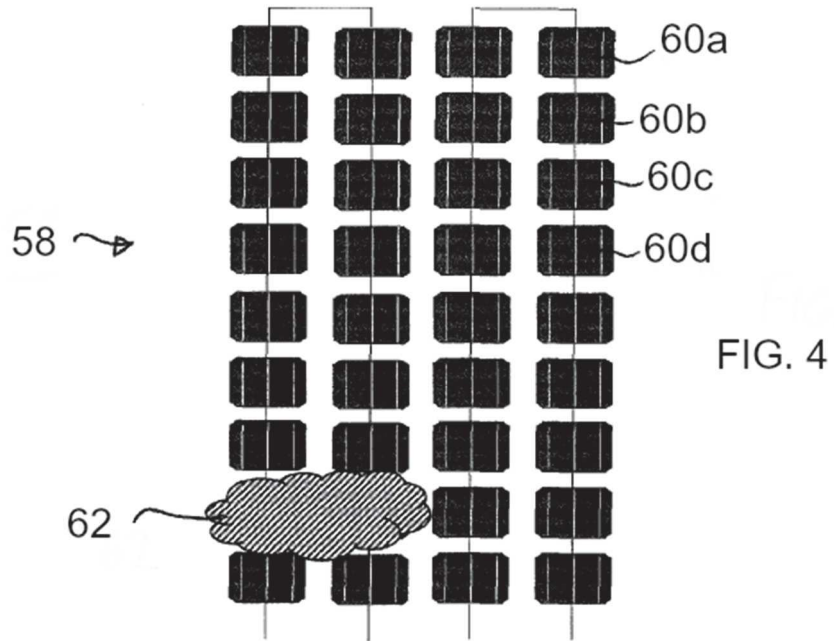


FIG. 3



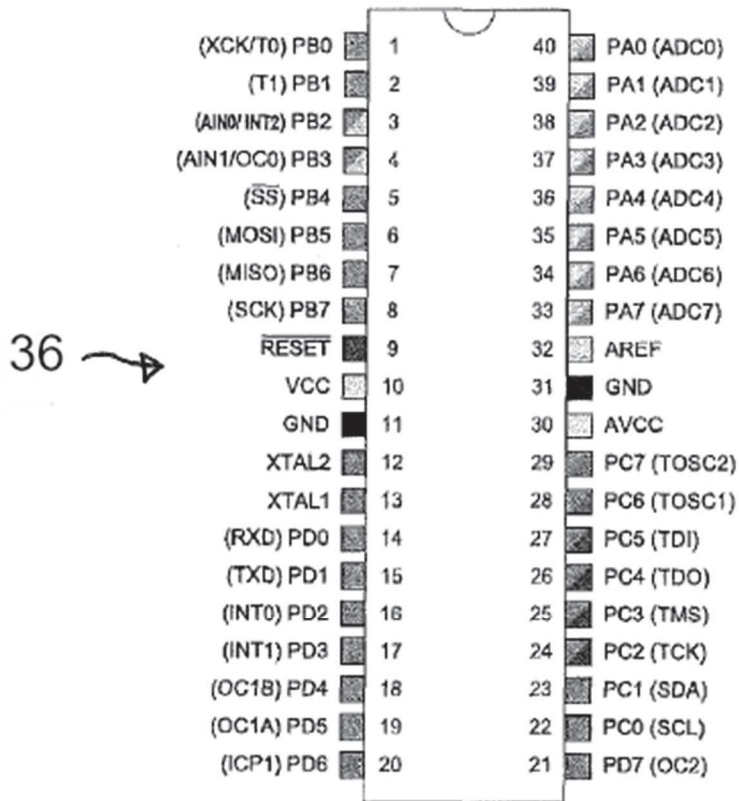


FIG. 6

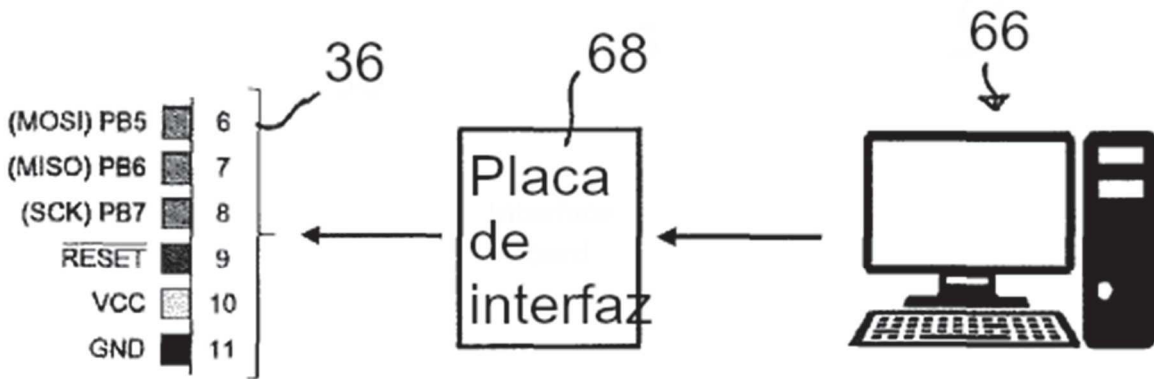


FIG. 7

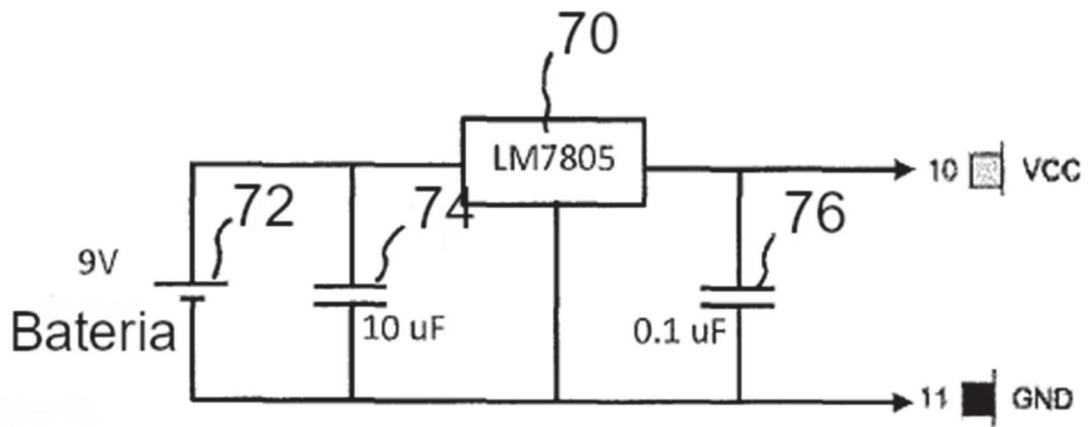


FIG. 8

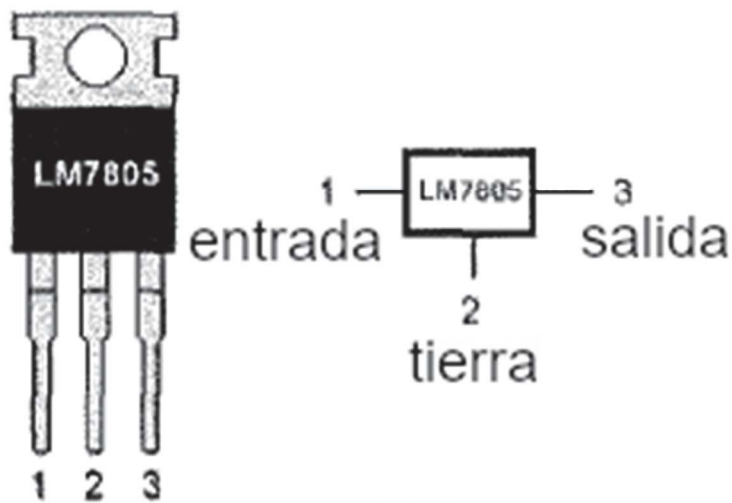


FIG. 9

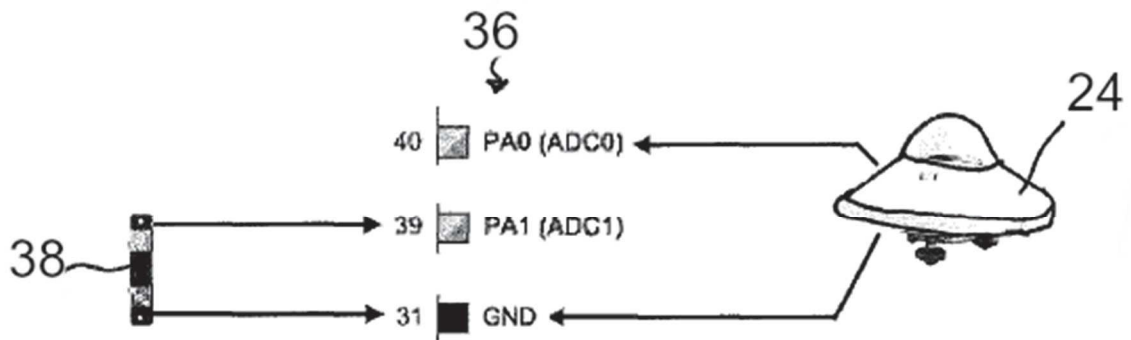


FIG. 10

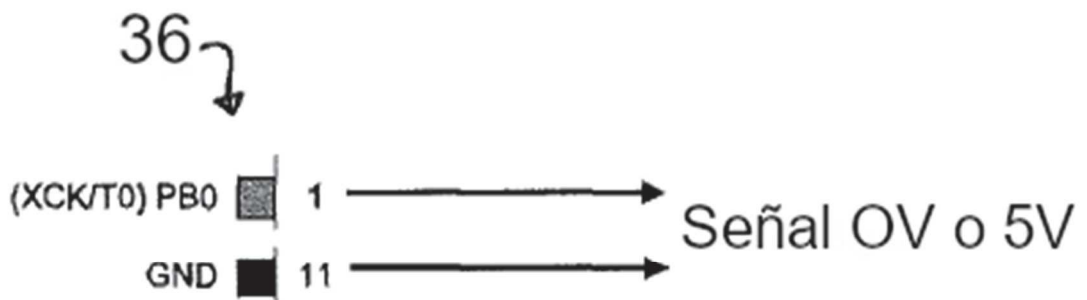


FIG. 11

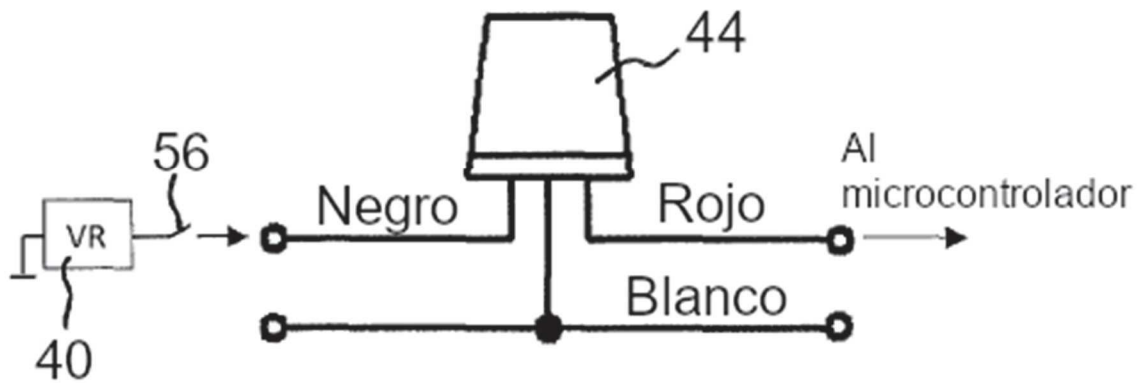


FIG. 12

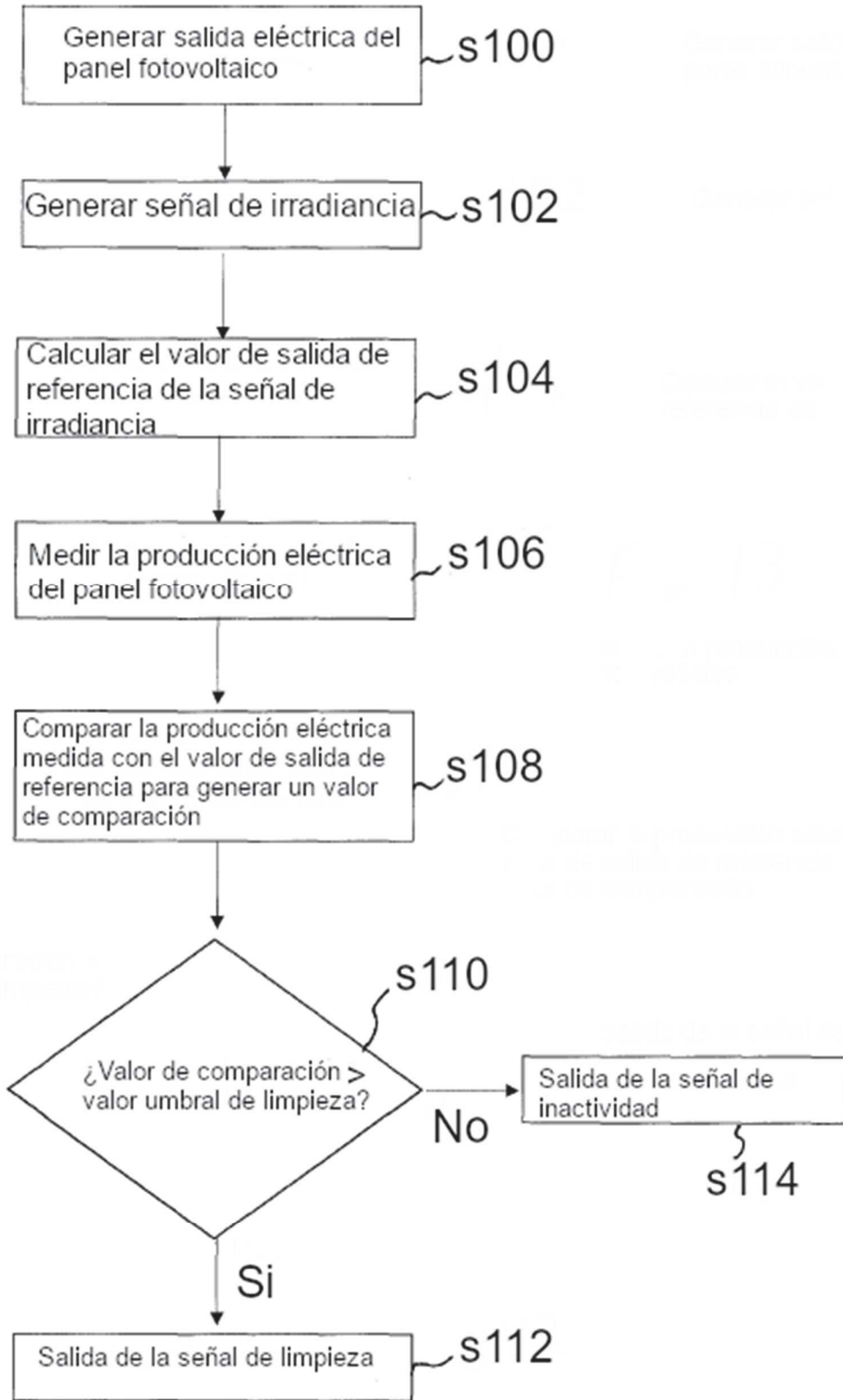


FIG. 13

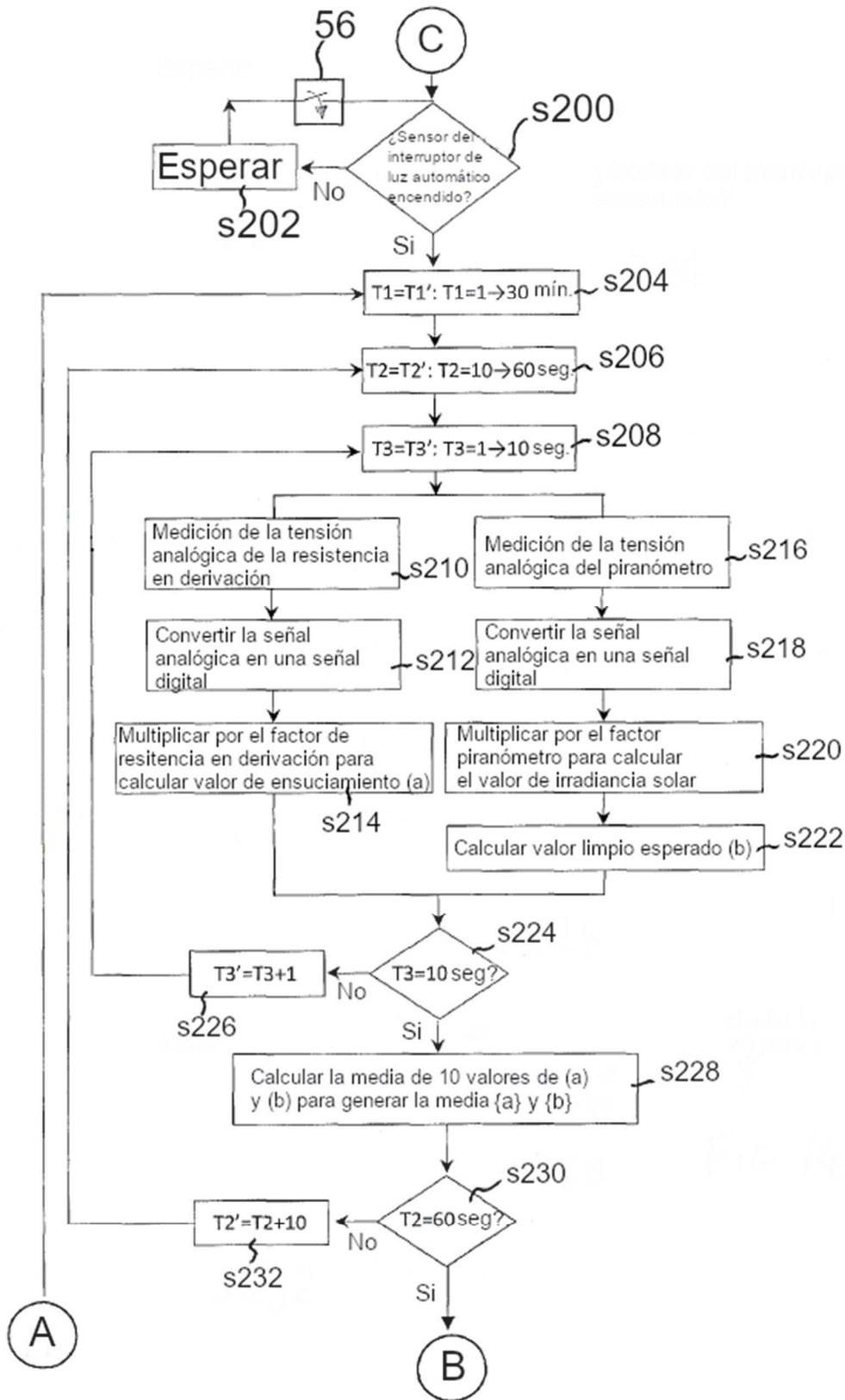


FIG. 14A

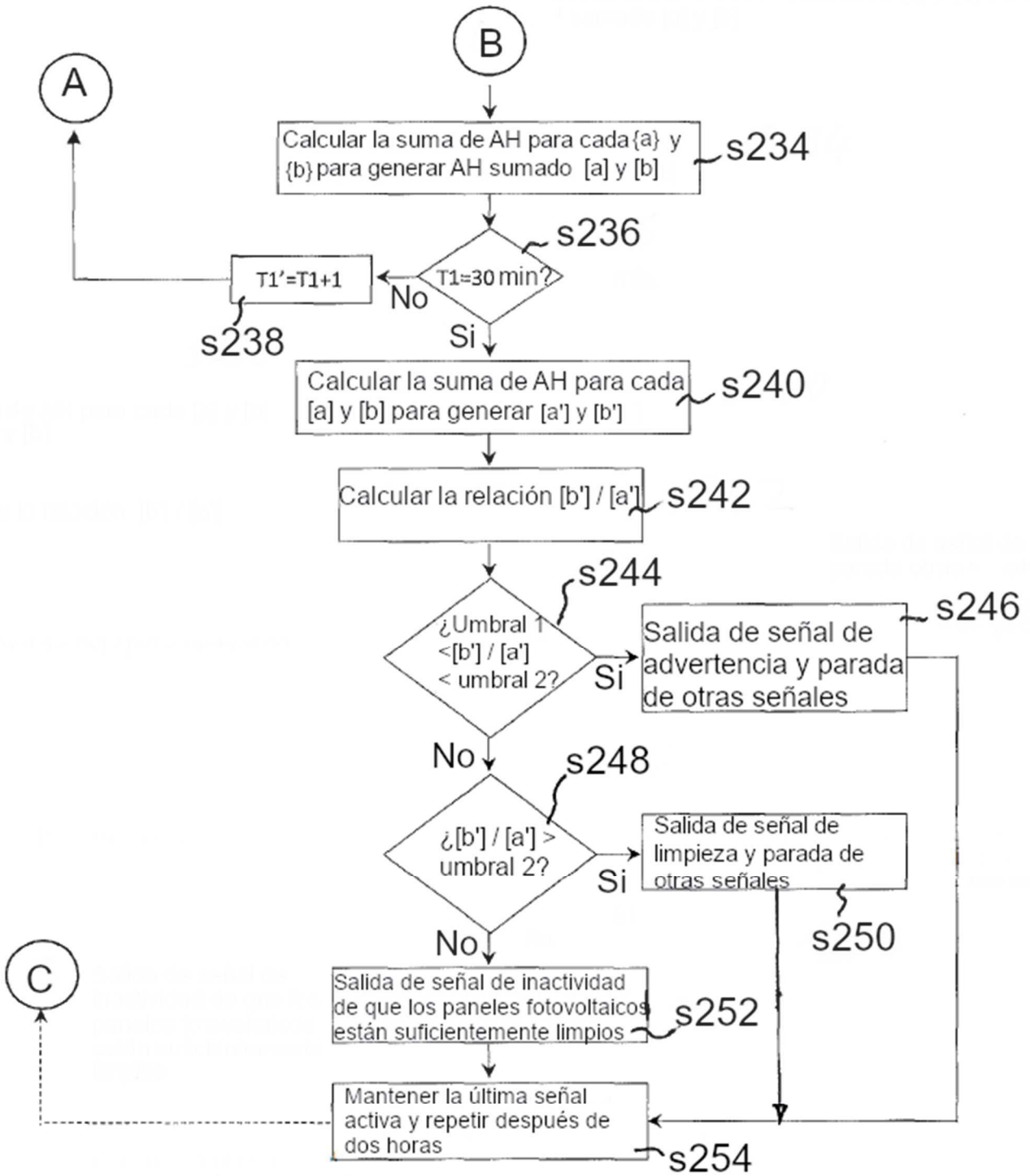


FIG. 14B