

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 771 459**

51 Int. Cl.:

H01L 31/02 (2006.01)

H02S 50/00 (2014.01)

H02J 13/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.01.2010 PCT/GB2010/000011**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.07.2010 WO10079325**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.01.2010 E 10708352 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.11.2019 EP 2386123**

54 Título: **Aparato para la entrega segura de energía**

30 Prioridad:

06.01.2009 GB 0900082

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

06.07.2020

73 Titular/es:

**TRUSTED RENEWABLES LIMITED (100.0%)
Fulvens, Friston, Saxmundham
Suffolk IP17 1PP, GB**

72 Inventor/es:

**COFTA, PIOTR y
MALLETT, COLIN THOMAS**

74 Agente/Representante:

GARCÍA GONZÁLEZ, Sergio

ES 2 771 459 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

Aparato para la entrega segura de energía.

5 La presente invención se refiere a un aparato y a un procedimiento para la entrega segura de energía. Encuentra una aplicación particular en la entrega de energía eléctrica mediante paneles o matrices solares.

10 Las matrices solares fotovoltaicas (PV), conocidos a menudo son dispositivos relativamente simples, son particularmente adecuados para producir electricidad donde la simplicidad y la robustez potencial se valora altamente. Pueden usarse en entornos controlados, tales como dentro de los límites de una propiedad y a menudo en un techo, o pueden usarse en localizaciones mucho menos seguras, tales como en la carretera para alimentar equipos telefónicos de emergencia.

15 A menudo se asocian con una unidad de gestión conocida como controlador de Seguimiento de Energía de Pico Máxima (MPPT) la cual maximiza la transferencia de energía entre el panel solar y una batería u otro dispositivo de almacenamiento de energía. Tal unidad de gestión normalmente incorporaría un microprocesador el cual también permite que se asocien funciones de inteligencia y comunicación adicionales con paneles individuales.

20 Se conoce realizar diagnósticos en relación con paneles solares. El documento US 2004/211456 A1 titulado "APPARATUS, SYSTEM, AND METHOD OF DIAGNOSING INDIVIDUAL PHOTOVOLTAIC CELLS" describe tal sistema.

25 Se conoce pasar la salida eléctrica de un panel solar a través de un dispositivo de medición a un servidor corriente arriba remoto a través de un enlace de comunicaciones y esto puede hacerse por diversas razones: para medir y reportar la salida; para calcular la eficiencia; o para propósitos de mantenimiento. La patente de los Estados Unidos número US 7,412,338 titulada "SOLAR POWERED RADIO FREQUENCY DEVICE WITHIN AN ENERGY SENSOR SYSTEM" describe tal sistema donde un panel solar suministra datos de medición a un módulo formado por un microprocesador, una memoria, un transceptor de RF y una antena. Sin embargo existen riesgos asociados con tal disposición, tales como la falsificación de la salida medida, por ejemplo, cuando se usa para evaluar una contribución a una red de energía local o nacional o para obtener créditos de carbono, o que el panel mismo sea robado.

35 Una solución de medición segura se describe en la patente de los Estados Unidos número US 7,188,003 titulada "SYSTEM AND METHOD FOR SECURING ENERGY MANAGEMENT SYSTEMS". Este describe una arquitectura de gestión de energía con dispositivos electrónicos inteligentes seguros múltiples ("IED") que se distribuyen a través de un sistema de distribución de energía para medir y gestionar el flujo y el consumo de energía desde el sistema. Estos se comunican de manera segura con los servidores de back-end corriente arriba, y las soluciones de medición seguras incluyen codificación y autenticación en base a la Codificación de Clave Pública. La autenticación evita la sustitución fraudulenta o la suplantación de los IED e incluye parámetros tales como sellos de fecha/hora, certificados digitales, algoritmos de localización física que incluyen triangulación celular, ID de seguimiento o serie, los cuales pueden incluir localización geográfica y no repudio.

De acuerdo con un primer aspecto de las realizaciones de la invención, se proporciona un dispositivo de conversión de energía solar para recibir radiación solar y convertirla en una salida eléctrica como se define en la reivindicación 1.

45 Las disposiciones conocidas previamente se basan en aplicaciones de software bien comprendidas para garantizar la seguridad. Sin embargo, se ha dicho que un sistema de software no puede "validarse a sí mismo". En las realizaciones de la presente invención, el hardware confiable se incorpora dentro de un dispositivo de conversión de energía solar, por lo tanto se encuentra físicamente cerca del punto de conversión de energía y mejora significativamente la integridad de los datos de medición.

50 Preferentemente, la salida de medición se adapta para la conexión a un enlace de comunicación tal como una conexión de red. Por lo tanto la salida de medición puede proporcionar un módulo de comunicaciones para enviar los datos de medición en el enlace de comunicación.

55 Las realizaciones de la invención permiten que un dispositivo de conversión de energía solar, por ejemplo un panel o matriz solar de células solares, se monitorea de manera remota. Tener una disposición de medición de salida incorporada hace significativamente más difícil falsificar los datos de medición que cuando la salida eléctrica del dispositivo pasa a través de un componente de medición separado y la inclusión de un módulo de seguridad incorporado ofrece varias opciones adicionales, que incluyen por ejemplo el uso de certificados digitales confiables.

60 Este hardware de seguridad confiable, el módulo de seguridad, podría basarse en núcleos de tarjetas inteligentes resistentes a la manipulación conocidas los cuales pueden usarse para el almacenamiento de datos, la detección de manipulación y la administración de pares de claves así como también la identificación, autenticación, y codificación de flujos de datos de enlace ascendente.

65

El dispositivo de conversión de energía solar puede tener también incorporado en el mismo un módulo de gestión conectado para recibir datos de medición confiables desde al menos un módulo de seguridad y para distribuir datos a la salida de medición. En tales realizaciones, el módulo de gestión no necesita participar en los aspectos de seguridad de la información de generación de energía la cual se proporciona mediante el módulo de seguridad.

5 Un beneficio clave de las realizaciones de la invención es que la manipulación no autorizada del hardware seguro, el módulo de seguridad o cualquier cosa que se asocie con el mismo, puede disponerse para activar un cambio permanente en el comportamiento del panel y los atributos de la información que se transmite a través de la salida de medición.

10 Cuando el panel solar comprende una matriz de células solares, una disposición de medición de salida y un módulo de seguridad podrían incorporarse en al menos una o más de las células solares, y preferentemente en cada una de ellas para proporcionar la máxima seguridad.

15 Preferentemente, el dispositivo comprende además un receptor y el dispositivo de procesamiento de información se dispone para responder a las comunicaciones entrantes de manera que el dispositivo puede gestionarse de manera remota, ya sea a través del enlace de comunicación o separadamente. El receptor puede proporcionarse por ejemplo en el módulo de comunicaciones. El dispositivo puede disponerse como parte de una red de comunicaciones integrada, por ejemplo conectado a una consola de gestión remota, uno o más dispositivos de generación de energía y/o a uno o más dispositivos de consumo de energía.

20 Incorporado en este contexto pretende significar que se porta en o sobre la misma unidad mecánica, por ejemplo integrado estructuralmente con una célula solar, que se monta en un panel solar y/o se sella dentro de la misma contención resistente al agua que el dispositivo de conversión de energía solar. Más preferentemente, incorporado también se usa en un sentido eléctrico de que solo hay conexiones eléctricas permanentes entre el dispositivo y los componentes incorporados, estas generalmente son directas. Esto podría lograrse al menos parcialmente mediante una tecnología de circuito impreso o circuito híbrido por ejemplo, o mediante la fabricación de semiconductores y/o técnicas de ensamble tales como la epitaxia y el montaje de chip invertido, durante la producción original del dispositivo de conversión de energía solar. El uso de la tecnología de semiconductores integrados puede ofrecer un nivel muy alto de integración el cual tiene ventajas significativas en términos de confiabilidad y facilidad de uso en el campo.

25 Preferentemente, el módulo de seguridad comprende un tipo de módulo confiable el cual puede generar certificados digitales confiables en relación con los datos de medición y podría entonces soportar procesos seguros tales como la concesión automática de 'créditos de carbono' de acuerdo con la cantidad de electricidad renovable que se ha generado.

35 Para propósitos de comunicación, el dispositivo de procesamiento de información puede configurarse como un "cliente ligero", que se vincula a un servidor a través de una red segura mediante técnicas de telecomunicaciones adecuadas. Puede haber muchos dispositivos de conversión de energía solar que se vinculan al mismo servidor a través de la misma red o redes conectadas, que ofrece una nueva familia de paneles solares los cuales podrían soportarse a través de una infraestructura de comunicaciones que ofrece servicios tales como iluminación con energía solar que se gestiona centralmente o instalaciones de comunicaciones privadas o públicas locales.

40 De acuerdo con un segundo aspecto de las realizaciones de la invención, se proporciona un dispositivo de conversión de energía para convertir la energía en una salida eléctrica como se define en la reivindicación 23.

45 En las realizaciones de la invención de acuerdo con su segundo aspecto, se aplica el mismo principio que en las realizaciones de la invención en su primer aspecto, el cual es el módulo de seguridad estructuralmente integral, en este caso que se proporciona en una circuitería integrada.

50 Debe comprenderse que cualquier característica que se describe en relación con cualquier realización o aspecto de la invención puede usarse sola, o en combinación con otras características que se describen, y puede también usarse en combinación con una o más características de cualquier otra de las realizaciones o aspectos, o cualquier combinación de cualquier otra de las realizaciones o aspectos, si es apropiado.

55 Ahora se describirá un panel solar seguro como una realización de la invención, solamente a manera de ejemplo, con referencia a las figuras acompañantes en las cuales:

60 La Figura 1 muestra en una vista esquemática en planta un panel solar de tipo conocido, junto con un diagrama de bloque funcional de componentes para entregar energía desde el panel;

La Figura 2 muestra en una vista esquemática en planta una célula PV individual del panel solar de la Figura 1;

La Figura 3 muestra un diagrama de bloque funcional de una disposición del panel solar de la Figura 1 para cargar una batería;

65 La Figura 4 muestra en una vista esquemática en planta un panel solar de acuerdo con una realización de la invención, con un módulo de gestión de panel incorporado;

La Figura 5 muestra en una vista esquemática en planta una célula PV de acuerdo con una realización de la invención con un módulo de reporte de energía incorporado en base a una plataforma informática confiable y que proporciona un dispositivo de procesamiento de información y un módulo de seguridad;

La Figura 6 muestra un diagrama de bloques funcional de una disposición de células PV individuales del panel solar de la Figura 1 para distribuir energía y datos a un módulo de gestión de panel incorporado como se muestra en la Figura 4;

La Figura 7 muestra un diagrama de bloque funcional del módulo de reporte de energía incorporado que se muestra en la Figura 5;

La Figura 8 muestra un diagrama de bloque funcional del módulo de gestión de panel de la Figura 4;

La Figura 9 muestra un diagrama de bloque funcional de una forma conocida de tecnología de circuito para soportar una forma opcional del módulo de reporte de energía incorporado de la Figura 5;

La Figura 10 muestra un módulo de comunicaciones seguro para usar con el módulo de gestión de panel incorporado de la Figura 4;

La Figura 11 muestra en una forma esquemática un entorno de red en el cual podrían operar realizaciones de la invención; y

La Figura 12 muestra en sección transversal un módulo de reporte de energía que se monta en un chip invertido, incorporado o módulo de gestión de panel para usar en el panel solar que se muestra en las Figuras 4 o 6.

Con referencia a la Figura 1, un panel solar seguro 100 de acuerdo con una realización de la invención comprende matrices de células PV 105 de tipo conocido, que se disponen en módulos 110 en el panel 100.

Cada módulo PV 110 se realiza de varias células PV 105 que se unen a un plano posterior 120 y, para generar una tensión y corriente útiles de manera conocida, las células 105 se conectan en una configuración serie-paralelo. Los módulos PV 110 se conectan en una configuración serie-paralelo en un panel de soporte 140 o material de respaldo y se vinculan entre sí mediante cables planos o cintas metálicas (no se muestran) para la conexión a una carga externa, para proporcionar el panel solar 100. A menudo esto se encuentra junto con una batería 125, en cuyo caso se usa una unidad tal como un controlador de Seguimiento de Energía de Pico Máxima (MPPT) 130 para maximizar la transferencia de energía entre el panel solar 100 y la batería 125. La batería 125 entonces se conecta a la carga a través de un enlace de potencia de salida 115. El panel solar 100 en este conjunto de tipo conocido puede encapsularse en un polímero transparente o vidrio para proporcionar una contención resistente al agua. Si se encapsula en un polímero, puede protegerse al menos sobre el área de las células 105 con una hoja de vidrio templado para formar una unidad sellada resistente al agua.

Un controlador MPPT 130 adecuado para su uso como anteriormente se describe por ejemplo en "Solar Panel Peak Power Tracking System", por Anderson, Dohan y Sikora, publicado por el Instituto Politécnico de Worcester MA 01609, los Estados Unidos, como Número de Proyecto: MQP-SJB-1A03 en marzo de 2003.

Con referencia a la Figura 2, el desarrollo de células solares ha alcanzado actualmente lo que se llama la tercera generación, pero el principio de operación no ha cambiado desde la primera generación. Una célula PV de primera generación típica 105 se incorpora generalmente como una pluralidad de dispositivos de unión p-n de alta calidad, y de gran área o diodos, que se crean en placas solares de silicio monocristalino a granel 210. La energía eléctrica se recoge mediante contactos de semiconductores metálicos óhmicos los cuales se conectan a cada uno de los lados de tipo n y de tipo p de los dispositivos de unión, en cada lado de las placas solares. Para proporcionar uno de los contactos, cada célula PV 105 porta en una superficie principal una rejilla de dedos metálica delgada 200 y barras de bus entre células 205. Para proporcionar el otro de los contactos, cada célula PV 105 en su otra superficie principal porta un contacto de electrodo metálico (no se muestra) el cual a menudo cubre toda la superficie y también puede usarse para montar la placa solar 210. Cada célula PV 105 puede modelarse aproximadamente en términos eléctricos como una fuente de corriente en paralelo con un diodo. Las células PV de segunda generación son generalmente dispositivos de película delgada que se depositan sobre materiales de respaldo tales como vidrio o cerámicas y las células PV de tercera generación se destinan a mejorar la eficiencia eléctrica sin incrementar excesivamente los costos. Estas células de segunda y tercera generación tienden a ser menos costosas de realizar porque involucran materiales más baratos o cantidades más pequeñas de materiales caros.

Con referencia a la Figura 3, en una disposición para que un panel solar 100 cargue una batería 125, el controlador MPPT 130 consiste en un sistema de control de energía de tipo conmutación de bucle cerrado. Esto tiene un controlador digital 315 el cual actúa sobre los datos de monitoreo para optimizar la salida del panel solar de manera conocida, mediante el uso de un convertidor boost 300. Por ejemplo, un monitor de tensión/corriente ("VI") 310 monitorea la tensión y corriente del panel solar continuamente, lo que permite que se extraiga la máxima energía bajo diferentes condiciones de luz solar. Un sensor de batería 320 también monitorea el estado de carga de la batería 125 para que no se sobrecargue. El monitor VI 310 y el sensor de batería 320 entregan sus datos al controlador digital 315 el cual los usa para enviar instrucciones al convertidor boost 300. La corriente inversa en el caso de que la tensión de la batería 125 exceda la tensión de salida del panel solar 100 es bloqueado mediante un bloque de corriente inversa 305.

Con referencia a las Figuras 4 y 5, en un panel solar seguro 100 de acuerdo con una realización de la invención, puede agregarse funcionalidad al panel solar 100 y/o al menos a una, o preferentemente a cada una, de un número de células solares 105 que realizan el panel 100. Por ejemplo, un módulo de gestión de panel 400 puede incorporarse en el panel

solar 100, cuyo módulo 400 incluye al menos algunas funciones del controlador MPPT 130. Alternativamente, al menos algunas funciones, tales como el monitor VI 310, pueden incorporarse en un módulo de reporte de energía 500 en las respectivas células solares 105.

5 Resulta importante, la funcionalidad de datos seguros se incorpora en el módulo de gestión de panel 400 y el módulo de reporte de energía 500 para que los datos que se entregan desde un panel solar 100 sean confiables e identificables. La estructura de las células solares 105 y/o el panel solar 100 puede aprovecharse en este sentido. Cualquiera o ambos del módulo de gestión de panel 400 y el módulo de reporte de energía 500 pueden por lo tanto proporcionar un módulo de seguridad para asociar la información de seguridad con datos para crear datos confiables.

10 En la realización que se describe a continuación, se proporciona un monitor VI 310 en un módulo de reporte de energía 500 que se incorpora en cada una de las células solares 105 para medir y reportar de manera segura, a través de un bus de datos bidireccional interno, la energía que se genera mediante su célula respectiva 105. Esto proporciona datos de medición con respecto a las células solares 105. El bus de datos bidireccional interno se conecta a un módulo de gestión de panel 400 que se incorpora en el panel solar 100, donde los datos de medición pueden almacenarse, cotejarse, y/o reportarse más adelante.

15 La Figura 4 muestra el panel solar seguro 100 con un módulo de gestión de panel 400 que se localiza en una posición adecuada para sellarse y encapsularse se ensambla cuando el panel 100. La Figura 5 muestra una célula solar 105 del panel solar 100 que tiene un módulo de reporte de energía incorporado 500. Un módulo de reporte de energía 500 y el módulo de gestión de panel 400 se describen con más detalle a continuación, con referencia particular a las Figuras 7 y 8.

20 El panel solar 100 que porta el módulo de gestión de panel 400 se denomina a continuación como un "panel solar inteligente" 100. Se concibe que cada panel solar 100 siempre contendrá un módulo de gestión de panel 400. Sin embargo puede haber ventajas en compartir un módulo 400 entre varios paneles 100, o igualmente tener varios paneles 100 que contienen los respectivos módulos 400 que operan de igual a igual a través de una capacidad de comunicación segura incorporada.

25 Con referencia a la Figura 6, cada una de las células solares 105 en el módulo PV 110 entrega su energía a un bus de energía 600, el bus que se conecta de manera adecuada al módulo de gestión de panel 400. Al mismo tiempo, cada módulo de reporte de energía 500 reporta la potencia de salida de su célula 105 como datos de medición a través de un bus de datos bidireccional 605 al módulo de gestión de panel 400, mediante el uso de un protocolo de datos adecuado. En un bucle de retroalimentación, las salidas de las células individuales 105 pueden controlarse cada una mediante el módulo de gestión de panel 400 el cual se comunica con los módulos de reporte de energía 500 a través del bus de datos bidireccional 605. Esto aprovecha la funcionalidad que anteriormente podría asociarse con el controlador MPPT 130. Por lo tanto los módulos de reporte de energía 500 no solo reportan la potencia de salida de sus células 105 sino que también pueden modificar las salidas de energía de las células 105 en respuesta a comandos desde el módulo de gestión 400.

30 El módulo PV 110 se encapsula en un material de contención 610 (que se muestra en línea de puntos en la Figura 6) el cual sella y protege el panel solar 100 como un todo, antes de la instalación. El material de contención 610 por lo tanto encapsula las células solares 105 y los módulos de reporte de energía 500 y el módulo de gestión 400 se incorpora en el mismo en una unidad física individual. Como se muestra en la Figura 6, no se muestra la extensión completa del panel solar 100, posiblemente se montan módulos PV adicionales 110 en un panel de soporte 140 (no se muestra explícitamente en la Figura 4) y se conectan al módulo de gestión 400. El material de contención 610 puede comprender un material conocido para su uso en la protección de paneles solares, tal como un polímero transparente el cual transmitirá radiación solar a las células 105 y también permite una interfaz aérea a la tecnología de comunicaciones móviles que se asocia con el módulo de gestión 400 y que se describe con más detalle a continuación.

35 Cada módulo de reporte de energía 500 podría alimentarse a sí mismo mediante su respectiva célula solar 105 pero otra disposición podría alimentar el módulo de reporte de energía 500 desde el módulo de gestión de panel 400, por ejemplo mediante el uso del bus de energía 600 o un componente DC en el bus de datos bidireccional 605.

40 El módulo de reporte 500 puede construirse mediante el uso de tecnología resistente a manipulaciones y/o de evidencia de manipulación, tal como la que se usa en las tarjetas de circuito integrado, que se describe a continuación con referencia a la Figura 9. Además de medir y reportar la potencia de salida de su célula 105, esta tecnología permite que el módulo 500 contenga datos seguros que contienen códigos de identidad ("ID") y la capacidad de proporcionar respuestas firmadas digitalmente en relación con los módulos.

45 Con referencia a la Figura 7, el módulo de reporte de energía 500 en una realización de la invención tiene dos submódulos primarios, estos son el monitor VI 310 y un controlador de medición digital 720 el cual proporciona algunas de las funcionalidades que se ofrecen mediante el controlador digital 315 que se proporciona previamente como parte del controlador MPPT 130. El monitor VI 310, en más detalle, comprende un sensor de corriente 700, un sensor de tensión 705 y un convertidor analógico a digital ("ADC") 710 el cual tiene una capacidad de codificación. El ADC 710 se

elegirá o configurará para proporcionar una salida de medición de potencia 715 en un formato adecuado para el controlador de medición digital 720.

5 Los circuitos de medición sin pérdida adecuados que podrían usarse como el sensor de corriente 700 se conocen y describen por ejemplo por Rincón-Mora, Gabriel y Zadeh, Hassan en "Current Sensing Techniques for DC-DC Converters." el cual aparece en el 45º Simposio del Medio Oeste sobre Circuitos y Sistemas, 2002, publicado del 4-7 de agosto de 2002, Volumen 2, en las páginas II-577- 11-580. Los circuitos de detección de tensión adecuados para su uso como el sensor de tensión 705 también son conocidos y bien comprendidos.

10 Con referencia a la Figura 8, las salidas desde el módulo de reporte de energía 500 (no se muestra en la Figura 8) hacia el módulo de gestión de panel 400 son:

- la energía eléctrica generada mediante la célula solar asociada 105 a través del bus de energía 600 que se muestra en la Figura 6
- 15 • una lectura de medición de potencia codificada, digital (también conocida en la presente memoria como datos de medición) a través del bus de datos bidireccional 605
- los datos seguros los cuales incluyen el código de identidad único ("ID") y la respuesta firmada digitalmente predeterminada de la célula solar asociada 105 a través del bus de datos bidireccional 605

20 El módulo de reporte de energía 500 por lo tanto proporciona un módulo de seguridad para asociar la información de seguridad con datos de medición para crear datos de medición confiables 715, y una salida de medición con respecto a su célula solar asociada 105 para enviar los datos de medición confiables al módulo de gestión de panel 400 a través del bus de datos bidireccional 605. Los datos de medición confiables 715 son una combinación de la lectura de medición de potencia codificada, digital con los datos seguros que se mencionan anteriormente.

25 El módulo de gestión de panel 400 proporciona funciones adicionales que se proporcionan previamente mediante el controlador MPPT 130. Por ejemplo, proporciona un convertidor boost 300, un bloque de corriente inversa 305, un sensor de batería 320 y un controlador de gestión digital 820. El convertidor boost 300, el bloque de corriente inversa 305 y el sensor de batería 320 todos proporcionan sus funciones conocidas con respecto a un controlador MPPT 130. El controlador de gestión digital 820 proporciona las funciones del controlador digital 315 del controlador MPPT 130 las cuales faltan en el controlador de medición digital 720 del módulo de reporte de energía 500. Es decir, recibe los datos de medición de potencia 715 desde el sensor VI 310 y los datos de monitoreo de batería 825 desde el sensor de batería 320 y los usa para controlar la entrega de energía a la batería 125 a través del convertidor boost 300. El sensor de batería 320 generalmente proporcionará datos actuales sobre el estado de la batería 125, que se asocian preferentemente con un ID de batería de manera que los datos puedan cotejarse para una batería específica 125 durante su vida útil.

40 Sin embargo de manera importante, el controlador de gestión digital 820 del módulo de gestión de panel 400 también puede iniciar funciones adicionales 815 tales como enviar la medición de potencia y los datos de monitoreo de batería 715, 825 hacia afuera desde el panel solar 100 de manera segura, mediante el uso de por ejemplo una red de comunicaciones, eso puede ser en base a la tecnología de telefonía móvil. Es decir, también proporciona una salida de medición para datos de medición confiables 715, en este caso del panel solar 100 como un todo y puede agregar potencialmente un segundo nivel de seguridad en base a la tecnología de telefonía móvil.

45 Las funciones adicionales 815 son las típicas de un dispositivo que se usa en un teléfono móvil o un asistente digital personal ("PDA"), aunque sería posible basarlas en las capacidades de una computadora personal de alta gama. Esto tiene la ventaja de usar rutinas de software probadas y comprobadas que se desarrollan con software estándar industrial y sistemas operativos los cuales pueden configurarse para proporcionar capacidad de gestión del panel solar y funciones auxiliares. Las funciones adicionales 815 se describen además a continuación con referencia a la Figura 10.

50 La función del sensor de batería 320 puede extenderse para monitorear la energía que se suministra a la carga a través del enlace de potencia de salida 115 así como también al módulo de gestión de panel 400 y las funciones adicionales 815 en función de sus requisitos de energía. El controlador de gestión digital 820 podría usar estos datos para proporcionar respaldo de batería para soportar la operación cuando el panel solar 100 no genera energía suficiente. Los datos 825 que vienen desde el sensor de batería 320 pueden también incluir cualquier información única que se contenga en la batería 125. Tal información podría incluir un número de serie pero podría incluir igualmente un amplio rango de indicadores que se asocian con el estado o la salud de la batería 125. Adicionalmente, el controlador de gestión digital 820 puede procesar la información que se transmite en los datos de medición de potencia 715 junto con la información que se transmite en los datos de monitoreo de batería 825 para evaluar el estado de las células solares individuales 105, u otros factores que pueden derivarse de esta información. El controlador de gestión digital 820 puede entonces comunicar señales de control al módulo de reporte de energía 500 para compensar los cambios en el rendimiento de las células 105, por ejemplo a través de efectos de envejecimiento.

65 Con referencia a la Figura 9, una tecnología que se presta para la provisión del controlador de medición digital 720, en el módulo de reporte de energía 500 es la del chip usado en las tarjetas de circuito integrado ("ICC"). El chip de tarjeta

inteligente de la Tarjeta de Circuito Integrado Universal ("UICC") que se usa en las redes móviles GSM ("Sistema Global para Móviles") y UMTS ("Sistema de Telecomunicaciones Móviles Universal") es un ejemplo particular. Tal chip puede recibir datos de entrada, procesarlos y entregarlos como datos de salida, y soporta funciones de procesamiento de datos tales como la codificación así como también la retención segura típicamente de unos pocos cientos de kilobytes de datos.

Un sistema operativo (OS) ICC adecuado puede ser 'nativo' o 'Java Card' el cual se basa en un subconjunto del lenguaje de programación Java que se dirige específicamente a dispositivos incorporados. (Java es un lenguaje de programación que se lanza originalmente en 1995 como un componente central de la plataforma Java de Sun Microsystems). La ventaja de un OS nativo es que el código puede optimizarse específicamente para una aplicación en particular tal como se describe aquí, aunque el OS Java Card puede aplicarse igualmente.

De manera importante, los ICC pueden contener un sistema de seguridad con propiedades resistentes a la manipulación y/o de evidencia de manipulación, tales como un criptoprocesador seguro, un sistema de archivos seguro y características de identidad y pueden proporcionar servicios de seguridad tales como la confidencialidad de la información en la memoria. Los datos pueden transferirse a un sistema de administración central mediante el uso de un dispositivo de lectura de tarjetas, y una de las ventajas de incluir un dispositivo típico de los usados en un teléfono móvil para el controlador de gestión digital 820 del módulo de gestión de panel 400 es que los estándares de transferencia de datos entre él y el módulo de reporte de energía 500 se comprenden bien.

La estructura interna de un ICC se basa en un bus interno 925 al cual se conecta una unidad central de procesamiento ("CPU") 900, una memoria de solo lectura ("ROM") 905, una memoria de solo lectura, programable, borrrable eléctricamente ("EEPROM") 910, una memoria de acceso aleatorio ("RAM") 915 y un circuito de entrada/salida (I/O) 920. La ROM 905 almacena programas para ejecutar diversas funciones de la tarjeta. La EEPROM 910 contiene información individual del usuario de tarjeta. La RAM 915 almacena temporalmente los datos que se requieren para el procesamiento de datos y el circuito de I/O 920 soporta comunicaciones con equipos externos.

Un ICC generalmente también tendrá conexiones de energía y tierra, un terminal de reinicio para inicializar la CPU 900 y un terminal de reloj para recibir una señal de reloj externa.

Es una opción que el bus interno 925 del ICC se conecte directamente al bus de datos bidireccional 605 entre los módulos de reporte de energía 500 de las células solares 105 y el módulo de gestión de panel 400 del panel solar 100. Este bus de datos bidireccional 605 podría usar por ejemplo un protocolo de transmisión de datos simple tal como el que se define en ISO/IEC 7816-3. Sin embargo, los datos se introducen alternativamente a través del circuito de I/O 920 y se transmitirán dentro del ICC en el bus interno 925 mediante el uso de protocolos ICC conocidos.

Con referencia a la Figura 10, las funciones adicionales 815 que pueden iniciarse mediante el controlador de gestión digital 820 del módulo de gestión de panel 400 se organizan generalmente mediante un procesador 1000. El controlador de gestión digital 820 puede tener suficiente potencia de procesamiento para cumplir las funciones del procesador 1000 así como también las que se describen previamente, en cuyo caso los dos pueden soportarse mediante un dispositivo individual 1070 el cual podría emplear típicamente una arquitectura RISC (computadora de conjunto de instrucciones reducido). El procesador 1000 tiene un bus de datos bidireccional 1030 que lo conecta al controlador de gestión digital 820 y un bus de datos interno 1040 que lo conecta a una interfaz aérea 1065. La interfaz aérea 1065 permite que el módulo de gestión de panel 400 se gestione de manera remota.

Las funciones adicionales 815 tienen principalmente el propósito de soportar comunicaciones confiables hacia y desde el panel solar 100, con el propósito de una gestión y reporte seguros. Las unidades que soportan las funciones adicionales 815 son:

- un módulo de identidad 1010
- módulo de memoria 1015
- un módulo de entrada/salida ("I/O") 1020
- la interfaz aérea 1065, que incluye un transceptor del Sistema de Posicionamiento Global ("GPS") 1060
- Un Módulo de Identidad del Suscriptor Universal ("USIM") 1035

El módulo de identidad 1010 es un chip de silicio resistente a manipulaciones y/o evidenciade manipulación el cual incluye un identificador único y una clave secreta para proporcionar un origen confiable para cualquier funcionalidad inteligente que se requiera para el procesador 1000. Para que el módulo de identidad 1010 proporcione esta funcionalidad debe integrarse completamente con el procesador 1000 o, si se implementa físicamente como un chip separado, la conexión entre el procesador 1000 y el módulo de identidad 1010 debe ser mediante un bus de datos seguro, dedicado 1005. Esto permite que un panel solar 100 soporte la funcionalidad que se recomienda por grupos tales como el Grupo de Computación Confiable ("TCG").

El módulo de gestión de panel 400 por lo tanto también puede considerarse como un módulo de seguridad para asociar la información de seguridad con datos para crear datos confiables.

En una variación, la identidad que se proporciona mediante el módulo de identidad 1010 puede derivarse de una colección de identidades de los módulos de reporte de energía 500 de las células solares 105 a través de la conversión apropiada, tal como una función hash unidireccional SHA-1.

5 Debe hacerse notar en lo anterior, así como en otra parte en la presente descripción, que cuando se hace referencia a un USIM, puede ser el caso de que pueda usarse un módulo de identidad equivalente, y en particular una SIM ("Módulo de Identidad del Suscriptor").

10 Ejemplos adecuados de disposiciones para proporcionar un módulo de identidad 1010 incluyen un "Módulo de Plataforma Confiable" (TPM) de acuerdo con las recomendaciones del Grupo de Computación Confiable ("TCG"), una "Plataforma con Capacidad de Identidad" (ICP) de Intel o la versión TrustZone de ARM. Esto permite que el procesador 1000 proporcione servicios confiables de alto valor e incluye acceso seguro a cualquier dispositivo, red o servicio, a través de una zona de ejecución de hardware segura. Pueden operar en junto con los módulos de reporte de energía seguros 500 que se incorporan en cada célula solar 105. Por ejemplo, el módulo de identidad 1010 puede soportar credenciales 'suaves' descargables de estilo USIM para su entrega al controlador de medición digital 720 de un módulo de reporte de energía seguro 500, o de hecho al controlador de gestión digital 820 de un módulo de gestión de panel 400, de un panel solar 100 para funciones seguras adicionales.

20 Con respecto a los grupos y tecnologías que se mencionan anteriormente:

El Grupo de Computación Confiable ("TCG"), desarrolla, define y promueve estándares abiertos para tecnologías de seguridad y de computación confiables habilitadas para hardware, que incluyen bloques de construcción de hardware e interfaces de software, a través de múltiples plataformas, periféricos, y dispositivos;

25 **La tecnología de Plataforma Intel con Capacidad de Identidad** (ICP) es un enfoque basado en el cliente para permitir el acceso flexible a cualquier dispositivo, red o servicio a través de un entorno confiable. La tecnología se diseña para trabajar con teléfonos móviles, computadoras portátiles, asistentes digitales personales y otros dispositivos personales y comerciales, lo que permite que las identidades se compartan, transporten y gestionen localmente; y

30 **La TrustZone de ARM** es un entorno de ejecución seguro que permite a los desarrolladores de semiconductores y equipos originales incorporar sus propias medidas de seguridad de aplicación específica junto con su propio hardware y software IP. Los componentes del software TrustZone proporcionan un entorno de ejecución seguro y servicios de seguridad básicos tales como criptografía, almacenamiento seguro y verificación de integridad para proporcionar una plataforma para abordar problemas de seguridad en los niveles de aplicación y usuario.

35 El módulo de identidad 1010 puede integrarse completamente en la práctica dentro de la estructura del procesador 1000. Esto no tendría impacto en la funcionalidad o propósito, pero podría obviar la necesidad del bus de datos seguro, dedicado 1005.

40 El módulo de memoria 1015 proporciona la capacidad de unirse a una memoria flash extraíble, externa tal como una tarjeta SD (digital segura). Esto permite que el panel solar 100 almacene de manera segura datos recopilados o descargados localmente además de cualquier memoria cableada que se proporcione mediante el procesador 1000. La memoria flash de la tarjeta SD es de tamaño suficiente para que los datos recopilados localmente incluyan video u otras imágenes codificadas digitalmente. El módulo de identidad 1010 permitiría codificar esta información.

45 El módulo de I/O 1020 soporta interfaces bidireccionales estándares adecuadas 1025 para permitir la conexión de dispositivos externos al panel solar 100. Esto permite adicionar conexiones cableadas tales como las que se basan en USB ("Universal Serial Bus"), Ethernet, y tecnologías de banda ancha ADSL ("Línea de Suscripción Digital Asimétrica") al panel 100 para que el procesador 1000 pueda comunicarse con otro hardware o redes que se conectan a él.

50 La interfaz aérea 1065 comprende un conjunto de módulos de la siguiente manera:

- un módulo de banda base GSM y radiofrecuencia ("RF") 1045
- dos módulos de radio 1050, 1055
- un transceptor de radio por satélite de posicionamiento global ("GPS") 1060

55 Estos módulos pueden operar de manera independiente y recibir energía de la batería 125 cuando el panel solar 100 no genera electricidad.

60 La banda base GSM y el módulo de RF 1045 también se conectan a una tarjeta USIM 1035 de manera que si se desea una suscripción móvil GSM/3G ("3^{era} Generación") puede incorporarse a la funcionalidad del panel solar inteligente. Así como también gestionar las suscripciones móviles GSM / 3G, si se desea, el módulo GSM 1045 podría soportar un SATSA para J2ME, un Requerimiento de Especificación Java (JSR) 177. Esto permitiría una comunicación de alta velocidad entre la tarjeta USIM 1035 y el procesador 1000 para permitir que las características de seguridad criptográfica que se ejecutan en la tarjeta 1035 se accedan mediante las rutinas de software que se ejecutan en el procesador 1000.

65

El "SATSA para J2ME (JSR 177)" es una especificación basada en Java para una interfaz de programación de aplicaciones ("API") que define una "API de Servicios de Seguridad y Confianza" para dispositivos Java Platform, Micro Edition ("Java ME"). El SATSA extiende las características de seguridad para Java ME, anteriormente conocida como la plataforma J2ME, a través de la adición de API criptográficas, servicio de firma digital, y gestión de credenciales de usuario.

Los dos módulos de radio 1050, 1055 proporcionan interfaces adecuadas para WiFi estándar, WiMAX o cualquier otro circuito estándar inalámbrico emergente. Estos módulos incluyen transistores de salida de alta potencia y pueden incluir estructuras de antena planas para que el panel solar 100 pueda formar parte de un sistema de comunicaciones. Las estructuras de antena adecuadas se divulgan por ejemplo en el artículo "Investigation of planar antennas with photovoltaic solar cells for mobile communications" por Henze, N.; Weitz, M.; Hofmann, P.; Bendel, C.; Kirchof, J.; Fruchting, H., publicado en el Volumen 1 de las actas del 15º Simposio Internacional de la IEEE titulado "Personal, Indoor and Mobile Radio Communications" celebrado en 2004, del 5-8 de septiembre, en las páginas 622 - 626.

El módulo GPS 1060 permite que la información de localización se empote en datos codificados que se transmiten mediante los módulos GSM y de radio 1045, 1050 y 1055 o el módulo de I/O 1020. Podrían usarse otras disposiciones sensibles a la localización pero la tecnología GPS ya se encuentra bien establecida y sujeta a estándares.

Una ventaja significativa de la arquitectura de seguridad desarrollada a través de la combinación de los módulos de reporte de energía 500, el controlador de gestión digital 820 y/o las funciones adicionales 815 es que los mismos principios pueden extenderse a una amplia variedad de diferentes tipos de transductores que pueden unirse al panel solar 100 a través de conexiones cableadas o inalámbricas. Esto permitirá que el procesador 1000 mida por ejemplo diversas longitudes de onda de radiación solar y detecte otros tipos de radiación ionizante y no-ionizante, vibración, sonido o de hecho cualquier cosa la cual pueda soportar la recopilación segura de datos externos que se alimente mediante una matriz fotovoltaica inteligente.

Una de las ventajas de incorporar arquitecturas de circuito ICC estandarizadas dentro de cada célula PV 105 para proporcionar el módulo de reporte de energía 500 es que puede personalizarse con una identidad única y la salida de datos que se codifican con una clave secreta. Esto crea una plataforma confiable que se integra dentro de cada célula PV 105 la cual puede configurarse para generar certificados de energía confiables en relación con la cantidad de energía que ha generado la célula. Estos serán reunidos mediante el módulo de gestión de panel 400 en el panel solar 100 y pueden usarse para informar sobre cuánta energía renovable se ha creado desde cada panel 100.

Cuando las células PV 105 que contienen estos módulos de reporte de energía 500 se fabrican o implementan, cada módulo confiable 500 puede personalizarse con una identidad digital única de manera que un panel solar 100 que contiene estas células 105 pueda identificarse de manera única cuando se encuentra en uso.

Debido a que un panel solar 100 consiste de una pluralidad de estas células 105, cada panel solar 100 podría recibir una identidad única I_x y una clave secreta K_x en base quizás en una célula que se designa como el 'identificador maestro'. La identidad y clave secreta de cada otro módulo de reporte de energía 500 podría entonces contener este número de serie más el dígito de localización, por ejemplo 1,2,3, etc. Debido a que esta identidad se incorpora profundamente en la estructura de las células PV 105 en silicio resistente a manipulaciones y/o evidencia de manipulación, sería muy difícil de alterar sin destruir el panel 100.

Hay una gran ventaja en tratar el panel solar inteligente como el equivalente de un teléfono móvil, ya que esto permite los estándares ETSI ("Instituto de Estándares de Telecomunicaciones Europeo") y 3GPP ("Proyecto de Asociación de 3^{era} Generación") para reusarse de manera innovadora para la generación de energía renovable gestionada. La identidad digital única I_x de un módulo de reporte de energía 500 podría basarse en una Identidad de Equipo Móvil Internacional ("IMEI") como se especifica en el Estándar Técnico 3GPP 23.003. El IMEI (14 dígitos más el dígito de verificación) o IMEISV (16 dígitos) incluyen información sobre el origen, modelo, y número de serie de un dispositivo móvil y la red GSM lo usa para identificar dispositivos válidos.

Opcionalmente, debido a que el procesador 1000 se asocia con un módulo de identidad 1010, esto puede proporcionar un segundo identificador único completamente separado I_y y una segunda clave secreta K_y . Esto significa que un panel solar inteligente 100 el cual incluye un módulo de gestión de panel 400 que contiene esta funcionalidad pueda convertirse en una plataforma confiable con su propia identidad separada I_y , independiente y junto al 'identificador maestro' I_x que se deriva de las células 105. Esto permitiría que la información, por ejemplo que se recibe mediante el procesador 1000 desde los dispositivos externos 1025, 1125 a través de un módulo de I/O 1020, se codifique por separado y se transmita posteriormente a un servidor basado en red separado, tal como una plataforma de gestión de panel solar confiable 1100 como se muestra en la Figura 11 y se describe además a continuación. Esto puede proporcionar beneficios significativos cuando se usa un panel inteligente 100 para recopilar datos de manera segura para o mediante un tercero mediante el uso del identificador único I_y y la clave secreta K_y donde no es deseable divulgar la identidad única I_x y clave secreta K_x al tercero.

Debe señalarse que el USIM 1035 es otra plataforma confiable opcional y separada que se usa específicamente para autenticar el panel en una red de operador móvil GSM/3G si se destina a 'habilitar móvil' el panel que usa el módulo GSM 1045. Aquí el número de Identidad del Suscriptor Móvil Internacional ("IMSI") que se contiene en el USIM es otro

identificador único, esta vez emitido mediante el operador móvil. En este caso para propósitos de seguridad ya sea el identificador único inteligente dla matriz PV I_x 100 o I_y puede bloquearse al IMSI. Esto tiene la ventaja de que un matriz PV inteligente que se habilita para dispositivos móviles particular 100 solo puede trabajar con una suscripción de operador de telefonía móvil particular.

5

Por otra parte, si se usa SATSA (JSR 177), una comunicación de alta velocidad entre la tarjeta USIM 1035 y el procesador 1000 permitiría que las características de seguridad criptográfica que se ejecutan en la tarjeta 1035 del operador móvil se accedan mediante las rutinas de software que se ejecutan en el procesador 1000.

10 Fabricación

Con referencia a las Figuras 4, 6 y 12, las técnicas de circuito integrado pueden usarse fácilmente para crear la circuitería que se requiere en el módulo de reporte de energía 500, o de hecho el módulo de gestión de panel 400. La mayor parte del área de superficie de la célula 105 se usa para crear los dispositivos de unión p-n fotovoltaica y las conexiones eléctricas. Estas se soportan en el sustrato compartido que se proporciona de manera conocida mediante la placa solar 210. El módulo de reporte de energía 500 puede localizarse en cualquier posición conveniente en la misma placa solar 210.

15

Puede derivarse una gran ventaja al basar la topología del circuito del módulo de reporte de energía 500 en la que usan para las tarjetas inteligentes ICC para crear una plataforma informática confiable a partir del módulo de reporte de energía 500 como se describió anteriormente. Los circuitos de tarjeta inteligente ICC generalmente se fabrican usando tecnología de circuito integrado resistente a manipulaciones o evidencia de manipulación y esto puede usarse para el módulo de reporte de energía 500, lo que hace una aplicación novedosa de tecnología de fabricación ICC resistente a manipulaciones y/o evidencia de manipulación. Un ejemplo de un proceso de fabricación adecuado se describe en la patente de los Estados Unidos número 5369299. Un fabricante típico de estos chips es Infineon Technologies AG con sede en Neubiberg cerca de Munich, Alemania.

20

25

Las estructuras que se describen en la patente de los Estados Unidos número 5369299 están destinadas a evitar por ejemplo la ingeniería inversa de un circuito integrado mediante la remoción a su vez de capas consecutivas del circuito y/o la lectura no autorizada de, o la manipulación, de los datos almacenados. En una realización, el circuito integrado tiene una capa de pasivación con almohadillas de unión. Un patrón de metal en la capa de pasivación cubre algunas partes del circuito integrado que proporciona circuitería activa mientras expone otras partes. Un recubrimiento tope entonces encapsula el patrón de metal, todavía dejando expuestas algunas partes del circuito integrado que proporciona circuitería activa. Las aberturas del recubrimiento tope permiten que se realice una conexión eléctrica externa a las almohadillas de unión a través del patrón de metal. El material del recubrimiento tope se elige de manera que los intentos de eliminarlo generalmente destruyan la circuitería activa dañando la capa de pasivación y/o los elementos de la circuitería, tales como el carburo de silicio o el nitruro. Las técnicas tales como el grabado con plasma para remover el recubrimiento tope pueden también afectar las cargas eléctricas que se almacenan en el circuito integrado. Si el recubrimiento tope se remueve satisfactoriamente, el patrón de metal todavía dificultará la inspección del circuito integrado y se elige el material metálico para que los intentos de removerlo también puedan probablemente dañar la circuitería activa.

30

35

40

Con referencia a las Figuras 6 y 12, en las realizaciones de la presente invención, un circuito integrado resistente a manipulaciones o evidencia de manipulación del tipo descrito anteriormente, que se usa como el módulo de reporte de energía 500 (o módulo de gestión de panel 400), podría integrarse con los dispositivos de unión p-n 105 que se usan para la generación de energía (no se muestran en la Figura 12 pero se portan mediante el módulo PV 110) por ejemplo mediante la técnica conocida de montaje de chip invertido sobre el mismo sustrato durante la fabricación, al crearse de otra manera in situ en el mismo sustrato, incorporarse dentro del sustrato y/o encapsularse con los dispositivos de unión p-n 105 en la misma contención resistente al agua y/o material de protección física 610 tal como un revestimiento de polímero o con base de polímero y/o material de vidrio.

45

50

La Figura 12 muestra una sección transversal a través de un módulo de reporte de energía 500 o módulo de gestión de panel 400 que comprende un sustrato 1200 que porta la circuitería 1205. El sustrato 1200 y la circuitería 1205 se han montado en un chip invertido sobre el módulo PV 110 el cual proporciona la circuitería 1210 para la conexión a la circuitería 1205 del módulo de reporte de energía 500 o del módulo de gestión de panel 400. Como se muestra, la conexión se realiza mediante contacto directo pero en la práctica pueden emplearse técnicas tales como enlaces de cables a las almohadillas de contacto. El módulo PV 110 y sus dispositivos montados en un chip invertido 1200, 1205 se encapsulan entonces en el polímero transparente 610 que se describe anteriormente.

55

Como el módulo de reporte de energía 500 se asocia estrechamente con los dispositivos de unión p-n 105 que se usan para la generación de energía puede alimentarse desde la propia célula PV 105, y debido a que esta tecnología consume muy poca energía, no comprometerá significativamente la eficiencia de generación de energía de la célula PV 105. Esto significa que a menos que se requiera que el módulo de reporte de energía 500 funcione cuando la célula solar 105 no se encuentra generando electricidad, no requerirá ninguna conexión externa para su suministro de energía positiva y conexiones a tierra. Sin embargo pueden requerirse un terminal de reinicio para inicializar la CPU 900 y un

60

65

terminal de reloj para recibir una señal de reloj externa y por ejemplo podría conectarse al controlador de gestión digital 820 del módulo de gestión de panel 400 en el panel solar 100 de una manera adecuada.

5 El módulo de gestión de panel 400 puede fabricarse de la misma manera que el módulo de reporte de energía 500. Sin embargo, se soporta en el panel de respaldo 140 del panel solar 100 como un sustrato que se comparte con las células PV 105 más que en una placa solar 210 de una célula PV 105.

Uso de la invención

10 La etapa inventiva clave que se describe en la realización anterior es incorporar uno o más procesadores seguros dentro de un panel solar 100 para que se convierta en una plataforma confiable la cual puede usarse para 'autocertificar' la cantidad de electricidad que ha producido. Los circuitos de comunicaciones incorporados permiten que tal panel 100 se gestiona y monitorea de manera remota así como también convertirse en parte de una red de comunicaciones integrada. Además el receptor GPS incorporado 1060 permite que se grabe la localización del panel 100 desde el cual se produce la energía renovable. "Incorporado" en este contexto significa por ejemplo montarse sobre o dentro del panel 15 100 mediante el uso de tecnologías de chips semiconductores conocidas, tales como mediante unión. En la práctica, esto generalmente también significará contención en el mismo revestimiento resistente al agua 610 que el panel 100.

20 Usando un nivel muy alto de integración el panel solar inteligente 100 se convierte esencialmente en un componente individual. Esto tendrá ventajas significativas en términos de confiabilidad y facilidad de uso en el campo.

25 Con referencia a la Figura 11, el módulo de gestión de panel 400 en el panel 100 puede configurarse como un 'cliente ligero', que se vincula a un servidor basado en red que proporciona una plataforma de gestión de panel solar confiable 1100. Desde la perspectiva de las comunicaciones hay diversas opciones para una conexión segura a la plataforma de gestión de panel solar confiable 1100 mediante el uso de redes fijas y de radio. La disposición que se muestra en la Figura 11 es solo un ejemplo en el que se usa una conexión de datos celulares 'siempre activa' 1120 para que el panel solar inteligente 100 acceda a Internet 1105.

30 Una red de acceso inalámbrico local 1130 podría usar espectro con licencia o sin licencia para el portador de radio o para el caso cualquier combinación. Lo mismo ocurre con la conexión de datos 1120 para acceso a Internet y esta flexibilidad permite que el panel solar inteligente 100 aloje diferentes arquitecturas técnicas y comerciales de acuerdo con las circunstancias, o tal vez nuevas en base a una combinación de ideas viejas y nuevas.

35 Ahora se describirá un panel solar inteligente 100 como parte de un dispositivo celular GSM o UMTS para comunicarse a través de una red operada por un MVNO ("Operador de Red Virtual Móvil"). Una publicación que cubre MVNO fue escrita por Michelle de Lussanet y otros con el título "Should You Become An MVNO?" y publicado por Forrester Research en septiembre de 2001. Un MVNO es generalmente un proveedor de servicios que firma un acuerdo comercial con un operador móvil con licencia. En el contexto de la presente invención, el proveedor de servicios por ejemplo opera los paneles solares inteligentes 100 en una región particular. El panel solar inteligente 100 es esencialmente el equivalente de un teléfono móvil que se activa mediante una 'suscripción móvil' que se vincula a un 40 USIM 1035. Para reducir el número de estas suscripciones a un nivel gestionable, puede ser apropiado que solo un panel 100 en una instalación se 'habilite móvil' con otros paneles que se vinculan de manera segura al mismo a través de sus módulos de radio 1050, 1055 o módulo de I/O 1020. Este panel habilitado 100 actúa entonces como un nodo de comunicaciones seguro para toda la instalación.

45 La tarjeta USIM 1035 (ya sea ranurada o cableada) y el módulo GSM 1045 gestionan la suscripción móvil del dispositivo MVNO GSM/3G. Al encender el panel 100 se autenticará automáticamente en una red celular 1115 de manera similar a un teléfono móvil. Las credenciales seguras que se programan dentro de la tarjeta USIM incluyen una clave secreta "K"; y el número de Identidad de Suscriptor Móvil Internacional ("IMSI"). Esto es en efecto un nombre de usuario único el cual se verifica con los detalles de la cuenta que se encuentran en el Registro de Localización de Inicio del operador 50 móvil ("HLR"), o la versión 3GPP que se llama Subsistema de Suscriptor de Inicio ("HSS") 1110.

55 Debe señalarse que la red celular GSM/3GPP 1115 solo se usa como una red de acceso y que el operador móvil HLR/HSS 1110 puede no requerirse que participe en la gestión segura de los paneles solares inteligentes 100.

60 El panel solar 100 se configura como un cliente ligero, que se vincula a una plataforma de gestión de panel solar confiable 1100 a través de Internet 1105 que se alcanza mediante una conexión de acceso a Internet 1120. La plataforma de gestión 1100 contiene una base de datos de cada panel solar inteligente 100 desplegado, con referencias cruzadas a la identidad incorporada I_x y/o I_y y que se almacena en el módulo de reporte de energía 500 en cada célula solar 105. También contiene detalles de localizaciones registradas, con referencias cruzadas con una posición de localización codificada regular que se obtiene mediante el receptor GPS incorporado 1060. Esto permite que se usen técnicas que se emplean normalmente para deshabilitar teléfonos móviles robados. Si se mueve un panel 100 sin un cambio similar a la entrada de localización en la plataforma de gestión 1100, por ejemplo si se roba, un panel solar inteligente 100 podría registrarse a sí mismo en una lista 'gris' robada y tal vez adoptar un modo de funcionamiento 65 diferente. Esto incluye deshabilitar la capacidad de generación de energía.

Una función del software del cliente que se ejecuta en el procesador 1000 de las funciones adicionales 815 puede incluir reportar cuánta electricidad se ha generado sin la energía desde panel 100 que tiene que pasar a través de un medidor separado. Esto podría entonces soportar procesos confiables tales como la concesión automática de 'créditos de carbono' de acuerdo con la cantidad de electricidad renovable que se ha generado. El módulo de gestión de panel 400 por lo tanto puede verse así como un módulo de seguridad secundario para crear datos de medición confiables.

Esta nueva familia de paneles solares 100 también puede proporcionar derivaciones adicionales las cuales podrían incluir la provisión de infraestructura de comunicaciones basadas en radio pública o privada y servicios periféricos tales como iluminación con energía solar que se gestiona centralmente.

Otros Aspectos de la Invención

Aunque las realizaciones que se describen en la presente memoria se refieren a matrices PV de primera generación que se basan en sustratos de silicio monocristalino, puede lograrse el mismo resultado para dispositivos de segunda o tercera generación que se basan en película delgada o silicio amorfo o dispositivos semiconductores compuestos. En este caso, el módulo de reporte de energía 500 puede incorporarse en la matriz PV mediante el uso de técnicas de semiconductores híbridos. Todavía puede alimentarse desde la propia célula PV.

Además, la funcionalidad confiable y las características de comunicación del módulo de reporte de energía 500 y el módulo de gestión 400 pueden usarse en otras formas de generación de energía renovable para lograr el mismo resultado. Por ejemplo, una turbina eólica (o de agua) o un panel termosolar podrían contener de manera similar un módulo de reporte de energía 500 resistente a manipulaciones y/o evidencia de manipulación integrado profundamente dentro de la construcción del dispositivo el cual sería muy difícil de alterar sin destruirlo.

En las realizaciones de la invención descritas anteriormente, el módulo de reporte de energía 500 y el módulo de gestión 400 se describen separadamente. Sin embargo, las funciones de estos dos módulos podrían distribuirse de manera diferente. Por ejemplo, el módulo de reporte de energía puede configurarse como el cliente ligero que se menciona anteriormente. También por ejemplo, las funciones de los dos módulos 400, 500 podrían combinarse en un módulo, que se construye como un solo circuito impreso, integrado o híbrido individual.

Un beneficio clave de las realizaciones de la invención es que la manipulación no autorizada de cualquier elemento del hardware seguro, tal como el módulo de reporte de energía 500 o cualquier componente del mismo, o cualquier cosa que se asocia con él, podría activar un comportamiento de seguridad automático del panel y/o atributos de la información que se transmite mediante él. Por ejemplo, las propiedades de generación de energía del panel pueden deshabilitarse parcial o totalmente o puede enviarse una señal a un servidor de fondo para activar una alerta.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de conversión de energía solar, tal como una célula solar (105) o un panel (100, 110), para recibir radiación solar y convertirla en una salida eléctrica, teniendo el dispositivo incorporado en el mismo:
 - 5 una disposición de medición de salida eléctrica (310) para medir la salida eléctrica para proporcionar datos de medición;
 - y
 - 10 una salida de medición (920, 1020) para entregar datos de medición desde el dispositivo de conversión de energía solar (100, 105, 110),
 - caracterizado porque** tiene además incorporado en el mismo:
 - 15 un dispositivo de procesamiento de información (720, 820, 1000) el cual proporciona un módulo de seguridad (900, 905, 1010) para asociar la información de seguridad que incluye una identidad digital única con los datos de medición para crear datos de medición confiables e identificables (715) para entregar desde el dispositivo de conversión de energía solar (100, 105, 110).
2. Un dispositivo de acuerdo con la Reivindicación 1 en el que el módulo de seguridad (900, 905, 1010) comprende un módulo confiable dispuesto para generar certificados digitales confiables en relación con los datos de medición (715).
- 20 3. Un dispositivo de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que la salida de medición (920, 1020), está adaptada opcionalmente es proporcionada con una interfaz aérea (1065), para la conexión a un enlace de comunicación tal como una conexión de red.
- 25 4. Un dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que el dispositivo de conversión de energía solar (100, 105, 110), la disposición de medición de salida eléctrica (310) y el dispositivo de procesamiento de información (720, 820, 1000) están montados sobre o en un sustrato compartido (210) y opcionalmente juntos proporcionan un circuito integrado.
- 30 5. Un dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo el dispositivo un panel solar (100, 110).
6. Un dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende una matriz de células solares (105), teniendo cada célula incorporada en la misma una disposición de medición de salida eléctrica (310) para medir la salida eléctrica para proporcionar datos de medición y un dispositivo de procesamiento de información (720, 820, 1000) el cual proporciona un módulo de seguridad (900, 905, 1010) para asociar la información de seguridad con los datos de medición para crear datos de medición confiables (715).
- 35 7. Un dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 5 o 6, en el que la disposición de medición de salida (310), el dispositivo de procesamiento de información (720, 820, 1000) y la salida de medición (920, 1020) se sellan dentro de la misma contención resistente al agua (610) que la célula o panel solar (100, 105, 110).
- 40 8. Un dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que la disposición de medición de salida (310), el dispositivo de procesamiento de información (720, 820, 1000) y la salida de medición (920, 1020) están conectados por medio de conexiones eléctricas permanentes, tales como un circuito impreso o híbrido individual (1200, 1205), o mediante conductores construidos mediante técnicas de fabricación y/o ensamble de semiconductores sobre o en un sustrato compartido (1200).
- 45 9. Un dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que el módulo de seguridad (900, 905, 1010) comprende una tarjeta de circuito integrado (1200, 1205).
- 50 10. Un dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que tiene además incorporado en mismo un módulo de gestión (400) conectado para recibir datos de medición confiables desde al menos un módulo de seguridad (900, 905, 1010) y para distribuir datos a la salida de medición (920, 1020), o están conectados para recibir datos de medición confiables desde más de un módulo de seguridad (900, 905, 1010) y dispuestos para cotejar tales datos antes de distribuirlos a la salida de medición (920, 1020).
- 55 11. Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 10, que comprende un panel solar (100, 110), estando el módulo de gestión (400) compartido entre varios paneles solares (100, 110).
- 60 12. Una pluralidad de dispositivos de acuerdo con la reivindicación 10, que comprenden paneles solares (100, 110) que contienen los módulos de gestión respectivos (400), operando los módulos de gestión respectivos(400) sobre la base de igual a igual a través de una capacidad de comunicación segura incorporada (815).
- 65 13. Un dispositivo o dispositivos de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, que comprende un panel solar (100, 110), en el que el o cada módulo de gestión (400) comprende un procesador (820, 1000) y un

software de cliente (815, 820) para su ejecución en el procesador para reportar cuánta electricidad ha sido generada, sin que la energía desde panel (100, 110) tenga que pasar a través de un medidor separado, en soporte de la concesión automática de 'créditos de carbono' de acuerdo con cuánta electricidad se ha generado.

- 5 14. Un dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 10, 11 o 13, comprendiendo el dispositivo un panel solar (100, 110) dispuesto para cargar una batería (125), en el que el módulo de gestión (400) comprende un convertidor boost (300), un bloque de corriente inversa (305), un sensor VI (310) un sensor de batería (320) y un controlador de gestión digital (820), recibiendo el controlador de gestión digital datos de medición de potencia (715) desde el sensor VI (310) y datos de monitoreo de batería (825) desde el sensor de batería (320) y el uso de los datos para controlar la entrega de energía a la batería (125).
- 10
- 15 15. Un dispositivo o dispositivos de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 14, el dispositivo es un panel solar (100, 110) que tiene células solares (105), cada célula (105) entrega su energía a un bus de energía (600) conectado al módulo de gestión de panel (400) y que tiene un módulo de reporte de energía (500) para reportar la potencia de salida de su célula (105) como datos de medición a través de un bus de datos bidireccional (605) al módulo de gestión de panel (400), y estando el panel solar (100, 110) proporcionado con un bucle de retroalimentación (820, 605) de manera que las salidas de las células individuales (105) pueden controlarse mediante el módulo de gestión de panel (400).
- 20 16. Un dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 15, que comprende además un receptor (1045, 1050, 1055, 1060), el o cada dispositivo de procesamiento de información (720, 820, 1000) y/o módulo de gestión (400, 500) están dispuestos para responder a las comunicaciones entrantes, de manera que el dispositivo (100, 105, 110) pueda gestionarse de manera remota, a través del enlace de comunicación o por separado.
- 25 17. Un dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 16 en el que el módulo de gestión (400, 500) comprende un módulo de identidad del suscriptor (1010, 1035) para su uso en la comunicación a través de una red de telefonía fija o móvil.
- 30 18. Un dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que el dispositivo de procesamiento de información (720, 820, 1000), y/o el módulo de gestión (400, 500) están configurados como un cliente ligero que se vincula a un servidor a través de una red segura.
- 35 19. Un dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que el módulo de seguridad (900, 905, 1010) está adaptado, en caso de manipulación no autorizada, para activar un comportamiento de seguridad automático de la célula o panel (100, 105, 110) y/o atributos de la información transmitida mediante él, tales como la desactivación parcial o total de las propiedades de generación de energía del panel o el envío de una señal para activar una alerta.
- 40 20. Un dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una disposición sensible a la localización (1060).
- 45 21. Un dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las Reivindicaciones 10 a 17 y 19, siendo el dispositivo un panel solar (100, 110) que está configurado como un cliente ligero que se vincula a una plataforma de gestión de panel solar confiable (1100) a través de Internet (1105) que se alcanza mediante una conexión de acceso a Internet (1120), el dispositivo comprendiendo además una disposición sensible a la localización (1060), la plataforma de gestión (1100) que contiene detalles de localizaciones de panel registrados con referencias cruzadas con una posición de localización codificada regular que se obtiene mediante la disposición sensible a la localización (1060), estando el dispositivo (100, 105, 110) adaptado para registrarse a sí mismo en una lista "gris" robada y opcionalmente adoptar un modo de funcionamiento diferente si es movido sin un cambio similar a la localización del panel registrado en la plataforma de gestión (1100).
- 50 22. Un dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores que tiene conectado al mismo un transductor (1025, 1125) para generar datos en relación con una variable externa medible para su transmisión posterior como datos medidos confiables mediante el uso de uno o ambos módulos de seguridad (900, 905, 1010) y el módulo de gestión (400, 500).
- 55 23. Un dispositivo de conversión de energía para convertir energía renovable en una salida eléctrica, conteniendo el dispositivo (100, 105, 110) un sustrato (1200), portando el sustrato componentes de circuito integrado (1205), los componentes comprenden:
- 60 una disposición de medición de salida eléctrica (310) para medir la salida eléctrica del dispositivo de conversión de energía para proporcionar datos de medición;
- y
- 65 una salida de medición (920, 1020) para entregar los datos de medición desde el dispositivo de conversión de energía,
- caracterizado porque** comprende además:

un dispositivo de procesamiento de información resistente a la manipulación o de evidencia de manipulación (720, 820, 1000) el cual proporciona un módulo de seguridad (900, 905, 1010) para asociar información de seguridad que incluye una identidad digital única con los datos de medición para crear datos de medición confiables e identificables (715).

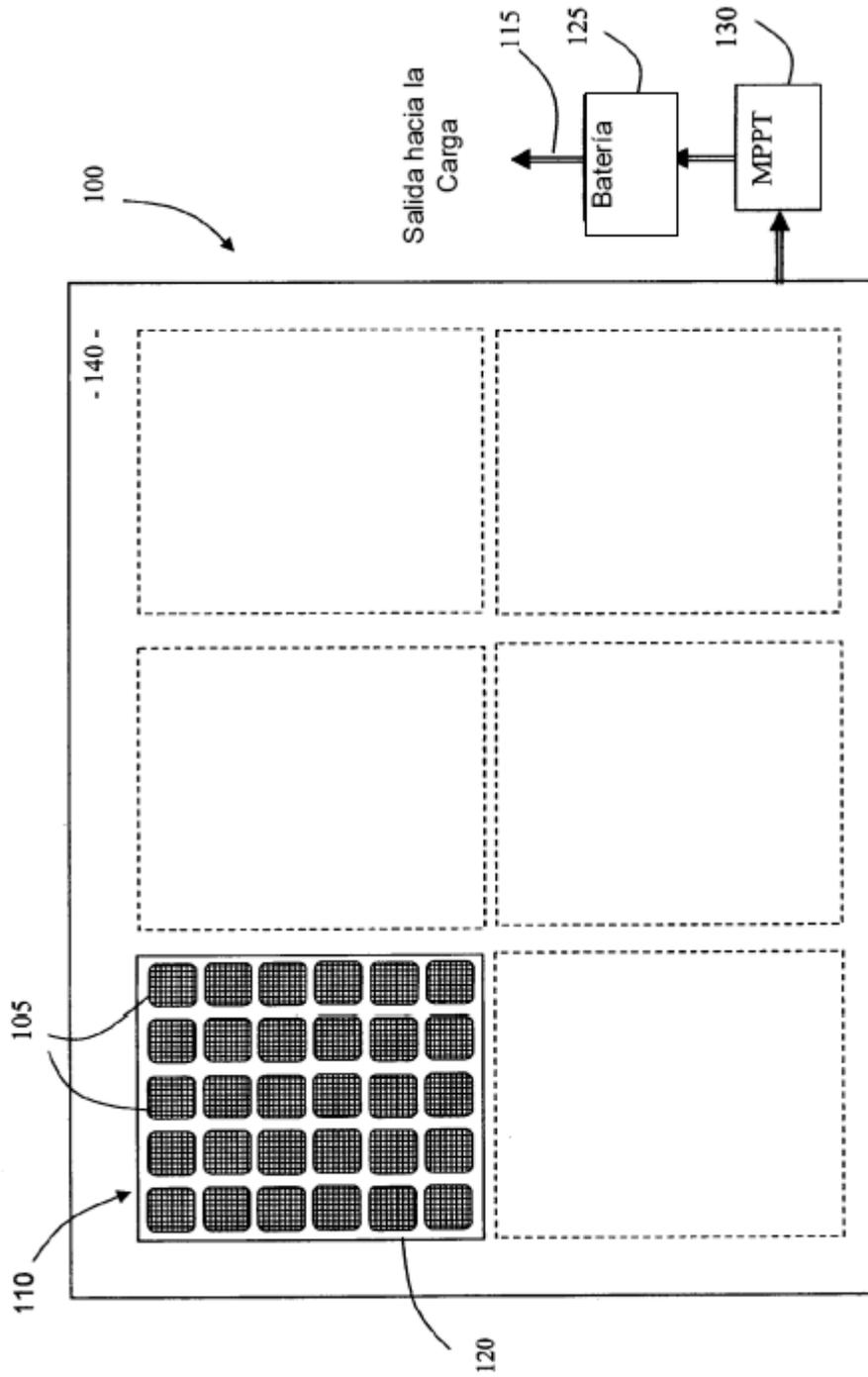


Figura 1

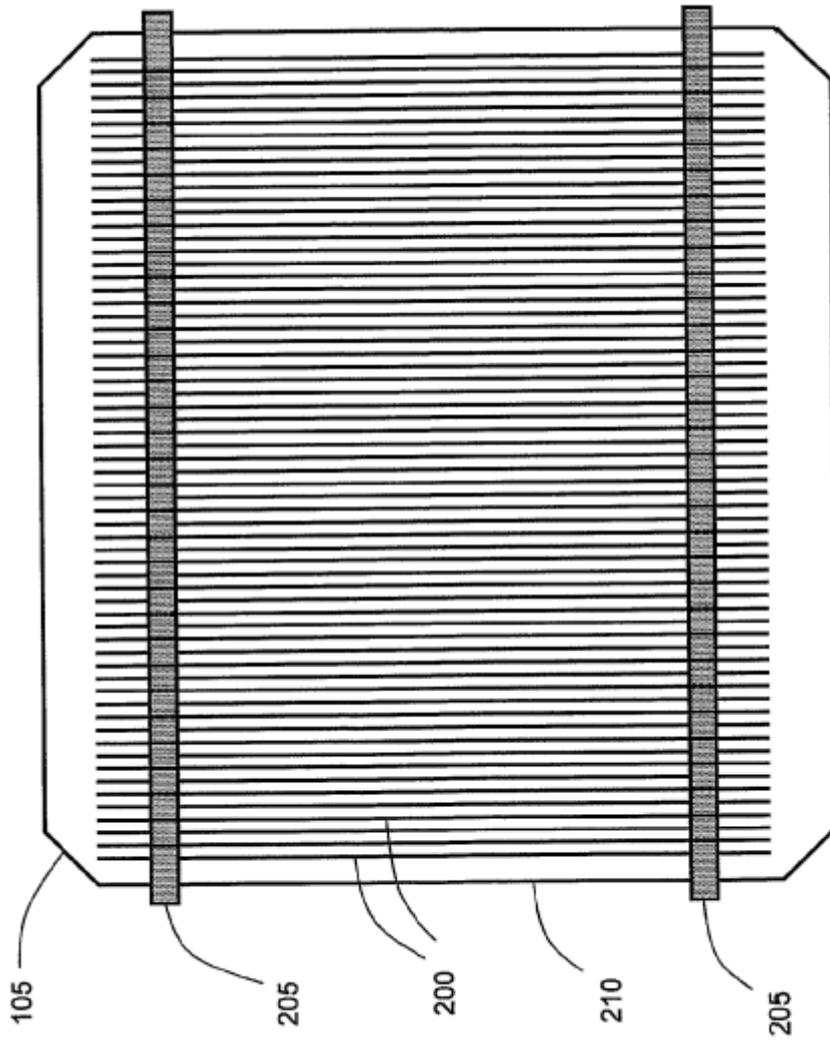


Figura 2

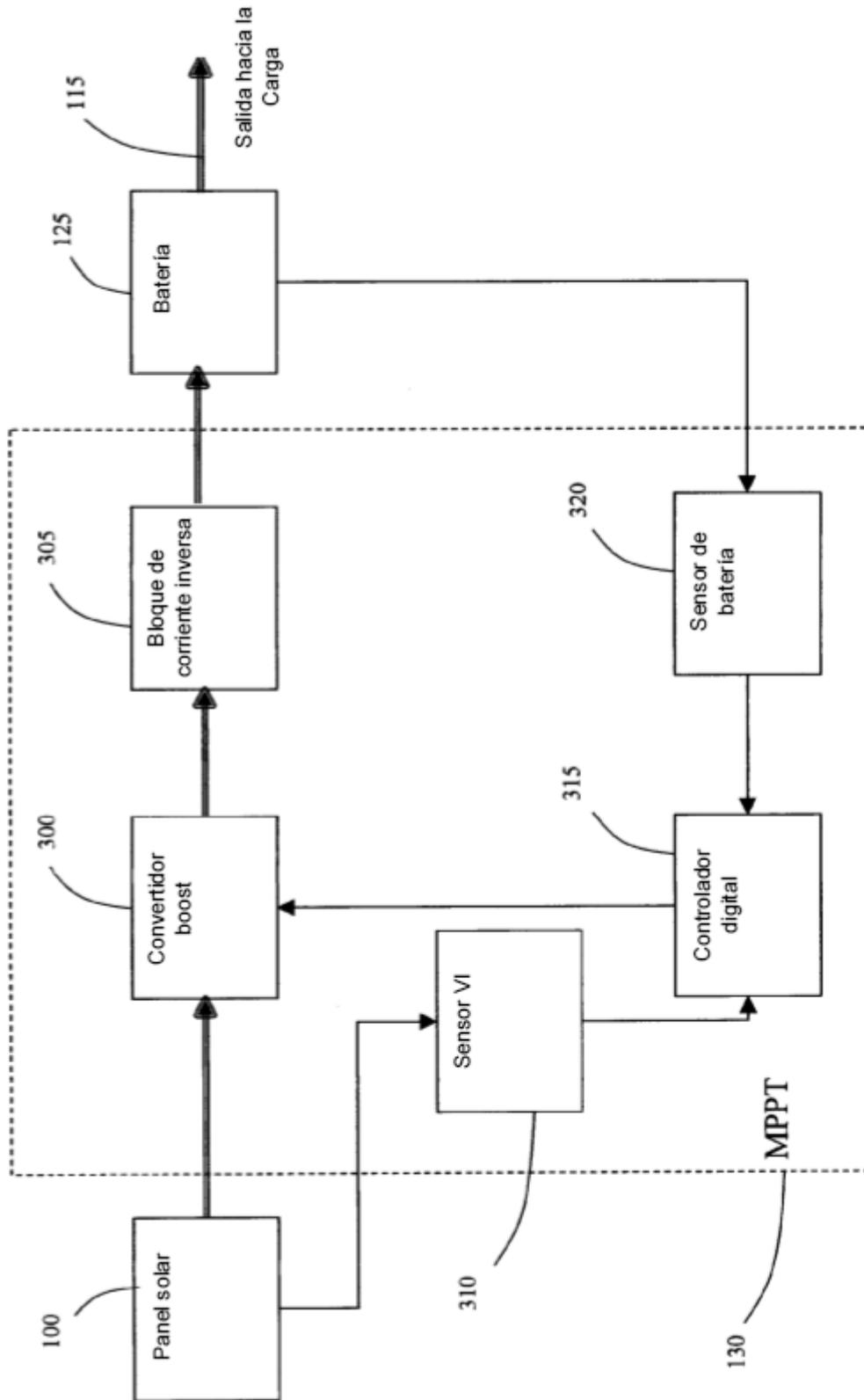


Figura 3

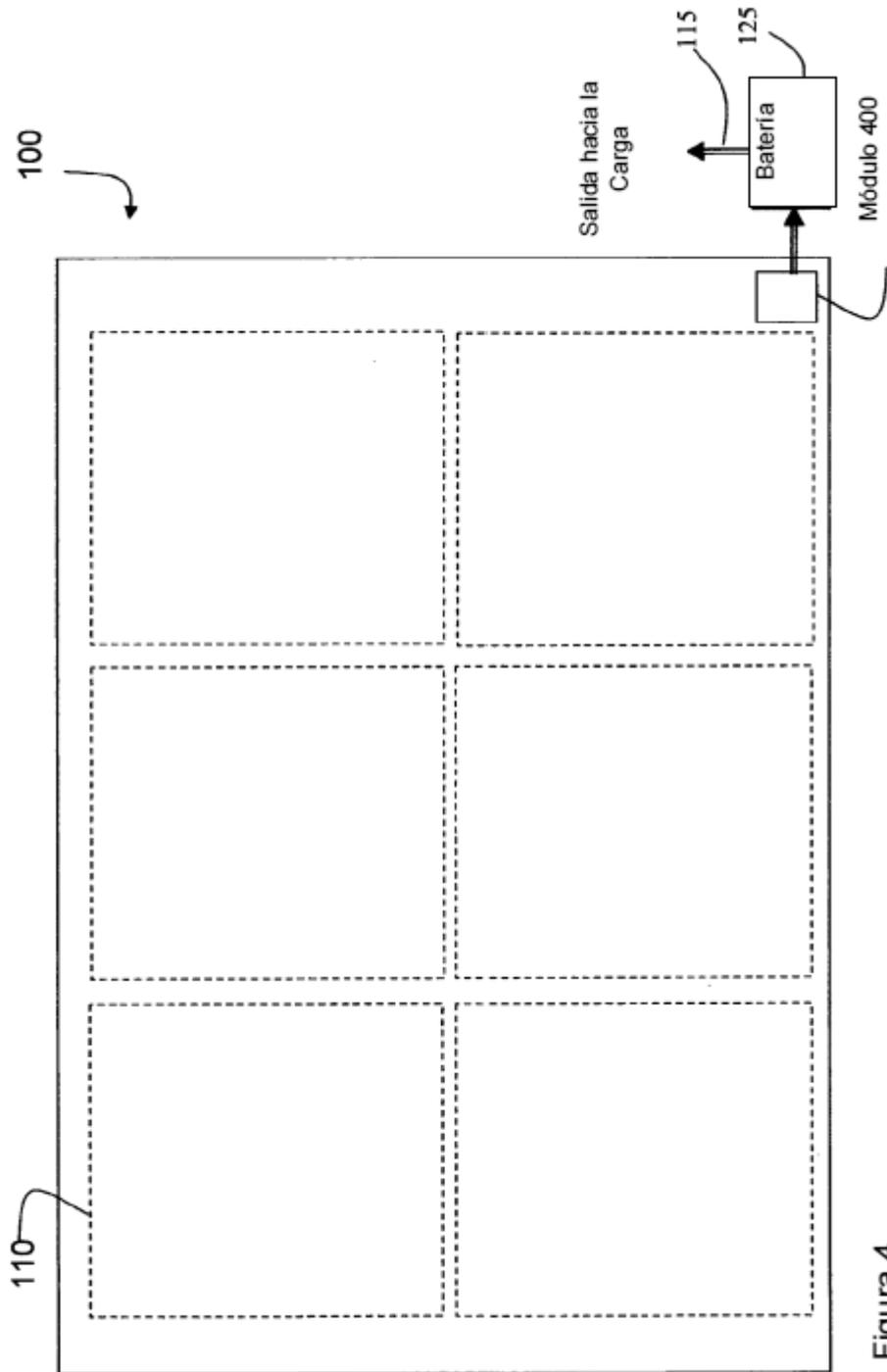


Figura 4

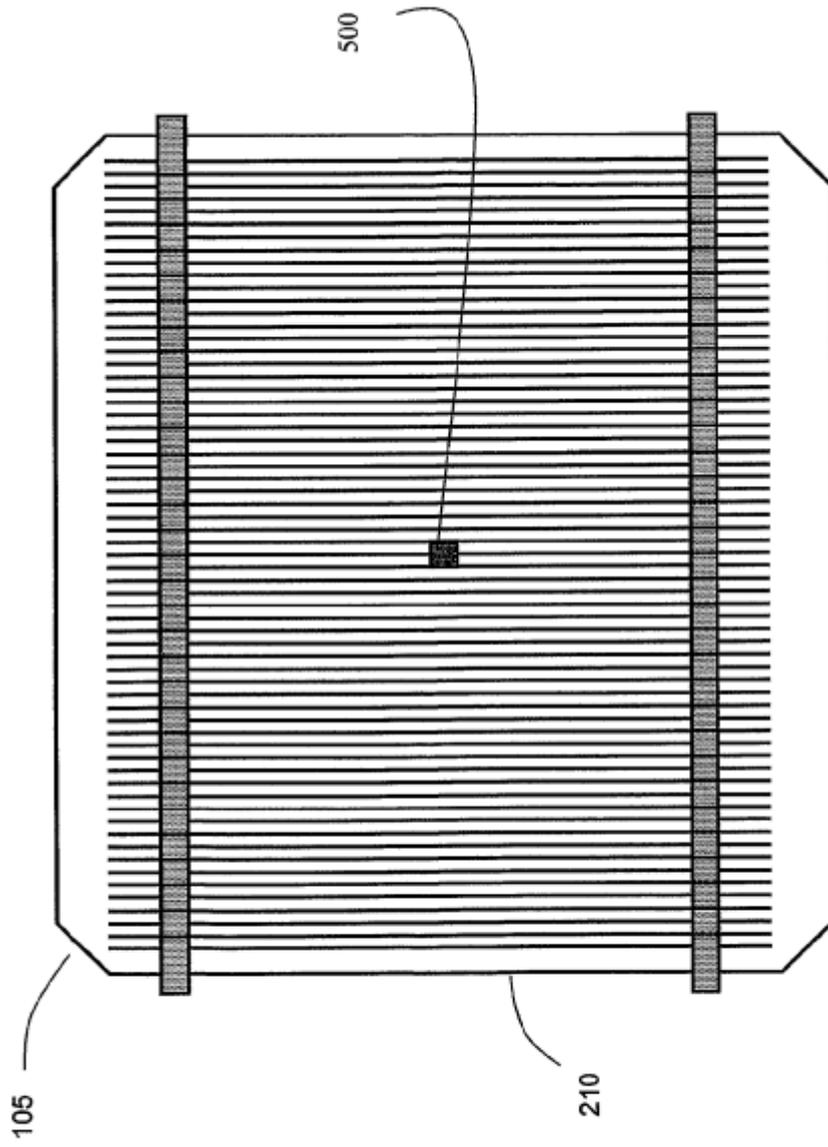


Figura 5

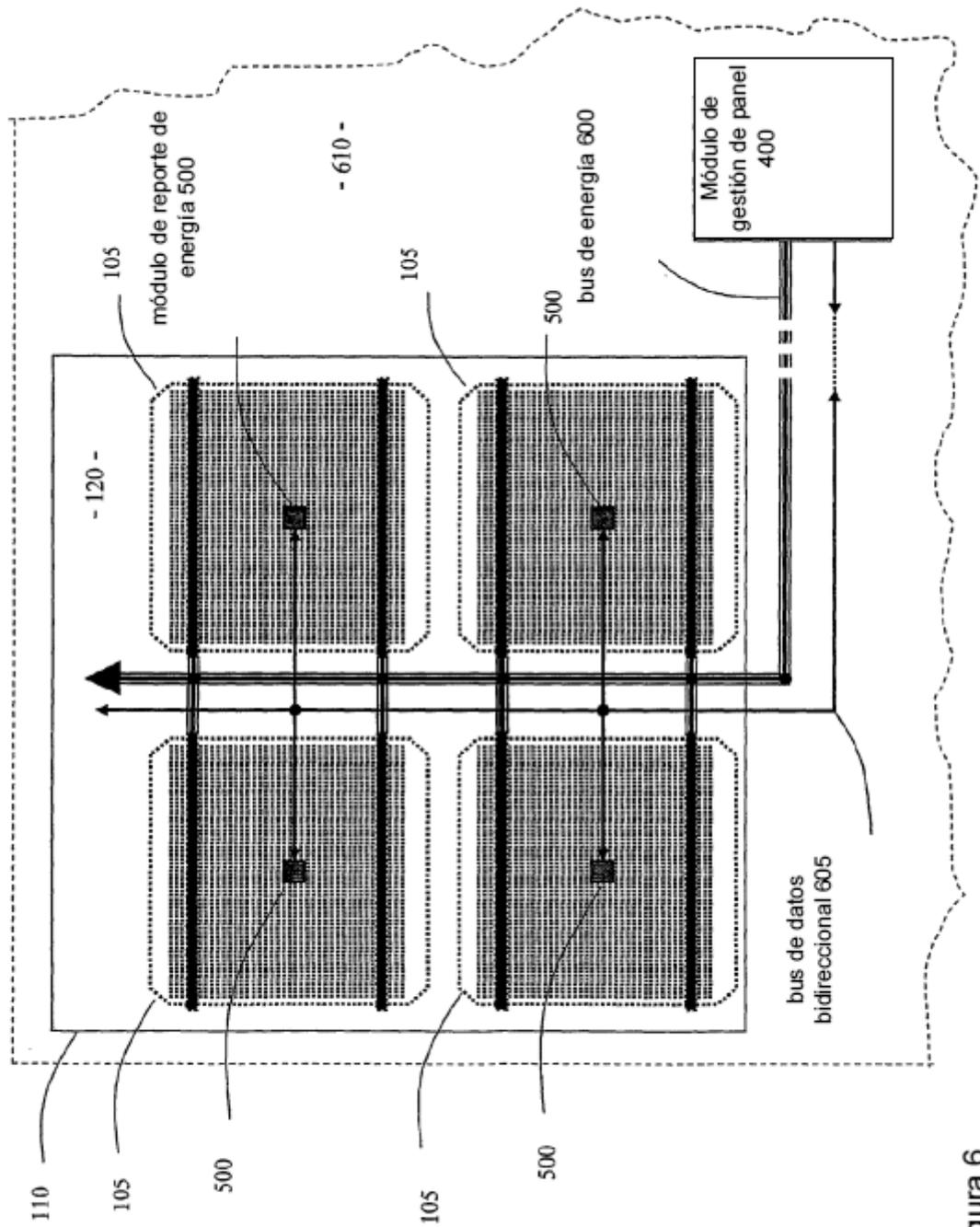


Figura 6

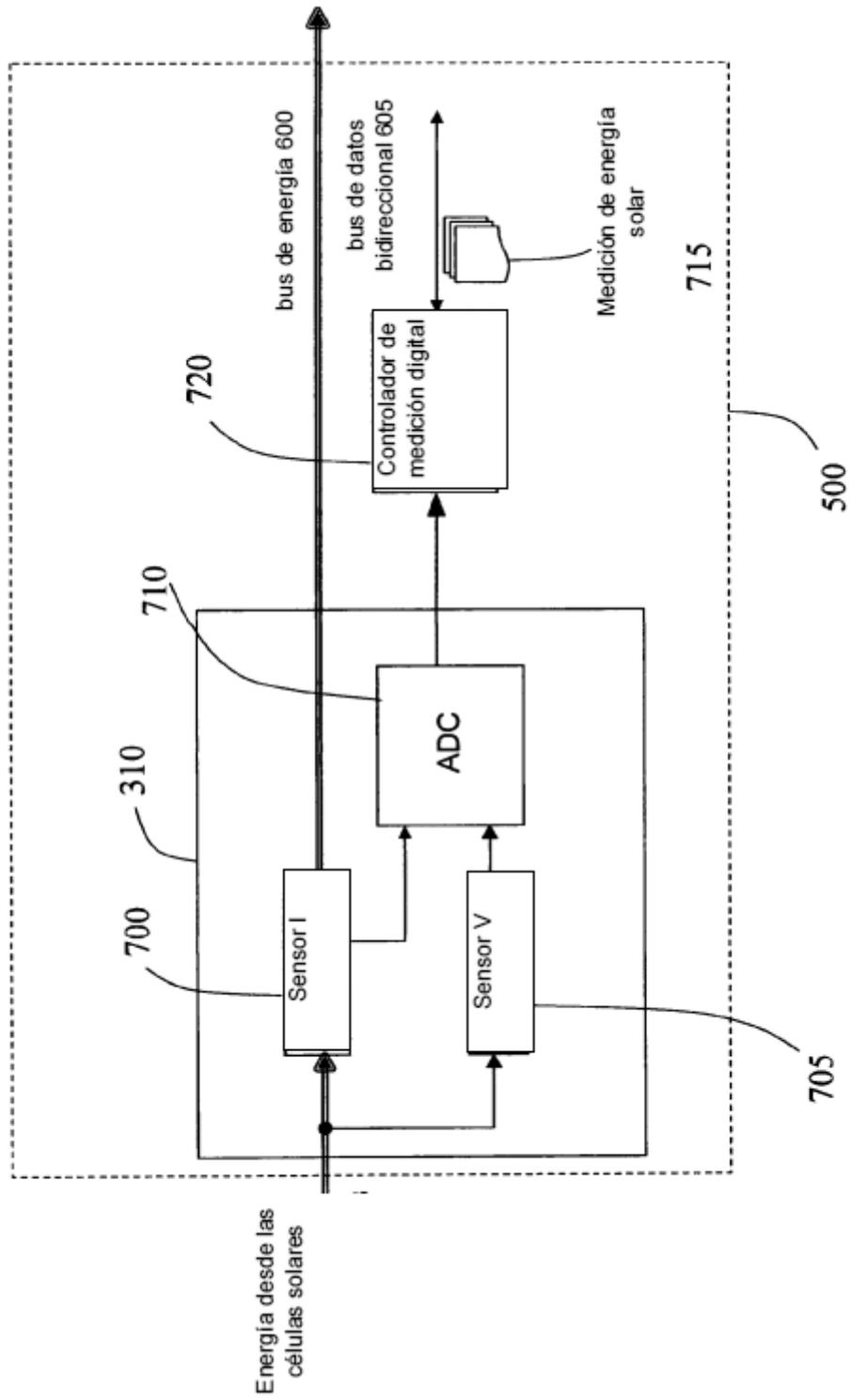


Figura 7

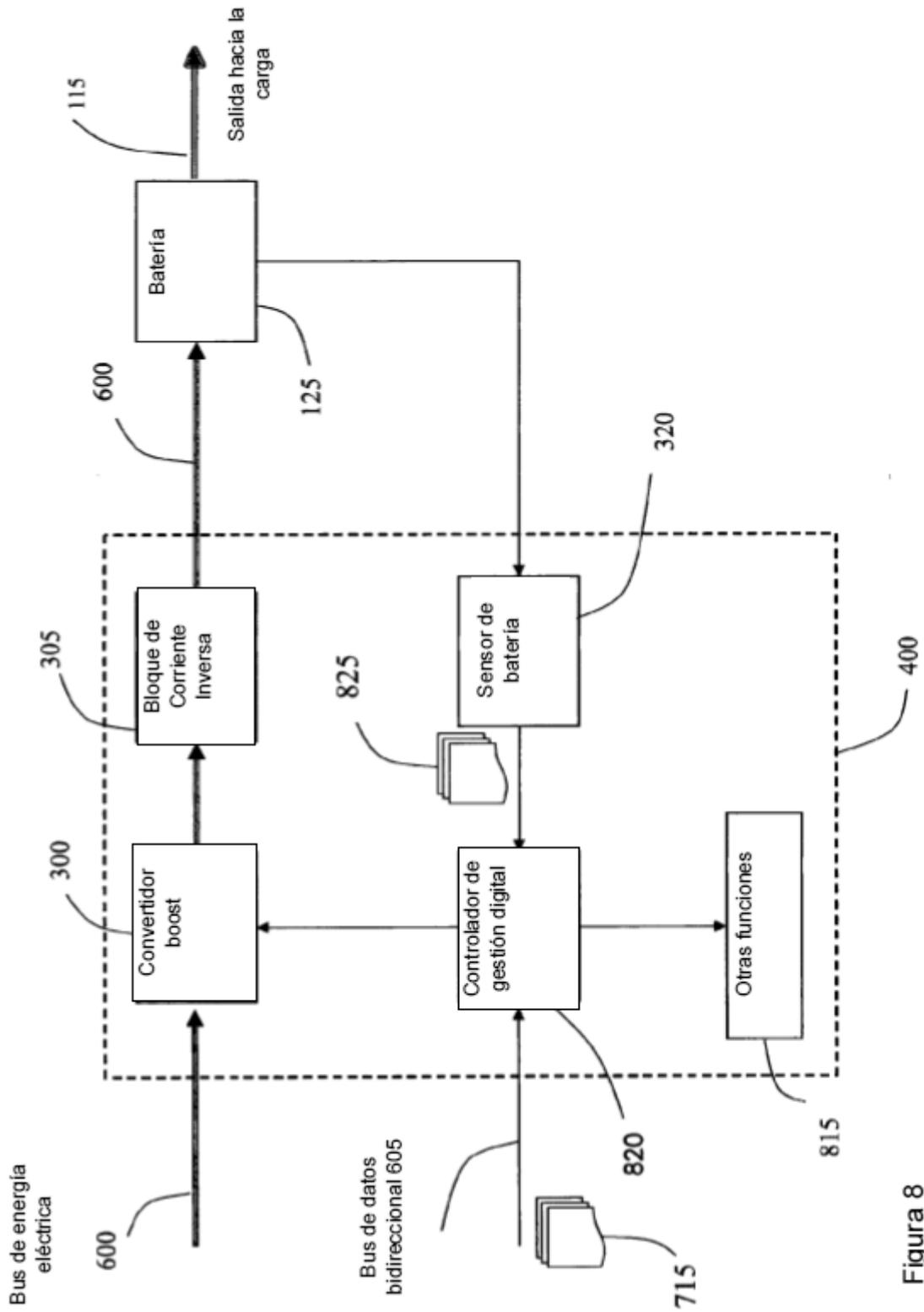
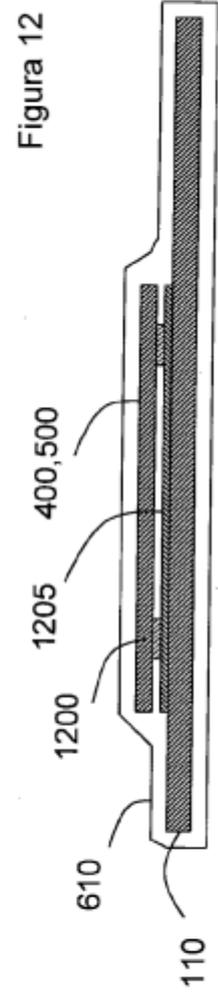
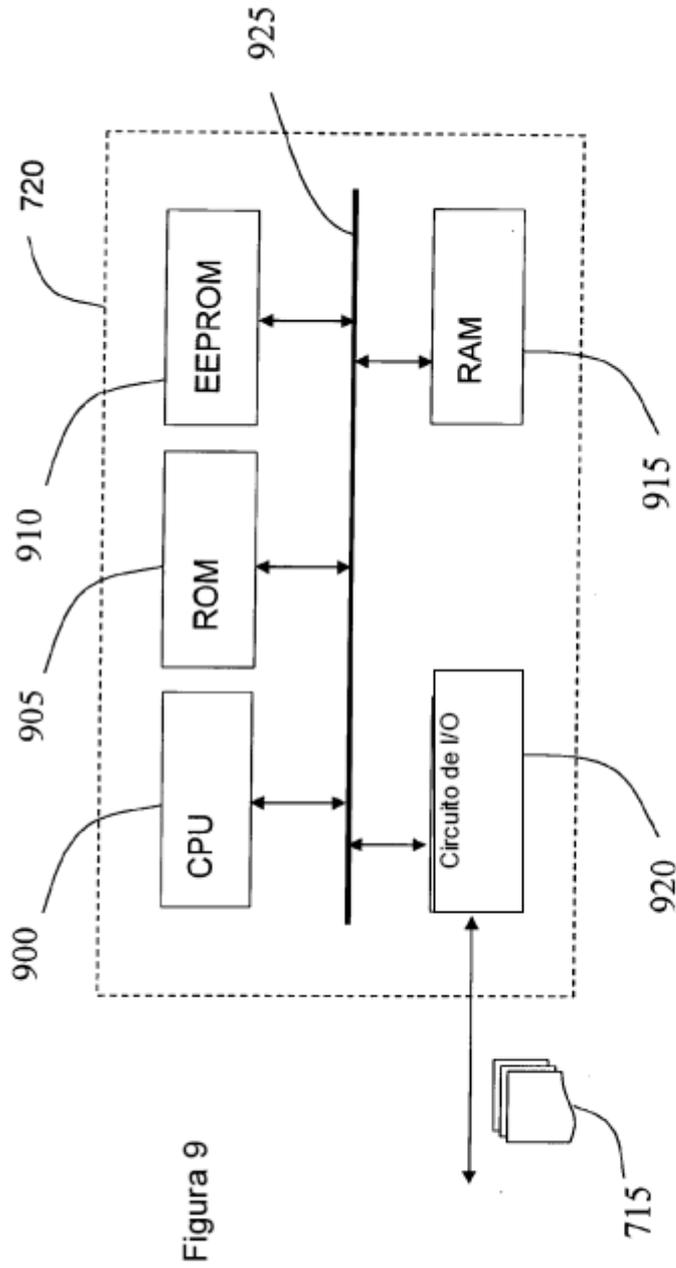


Figura 8



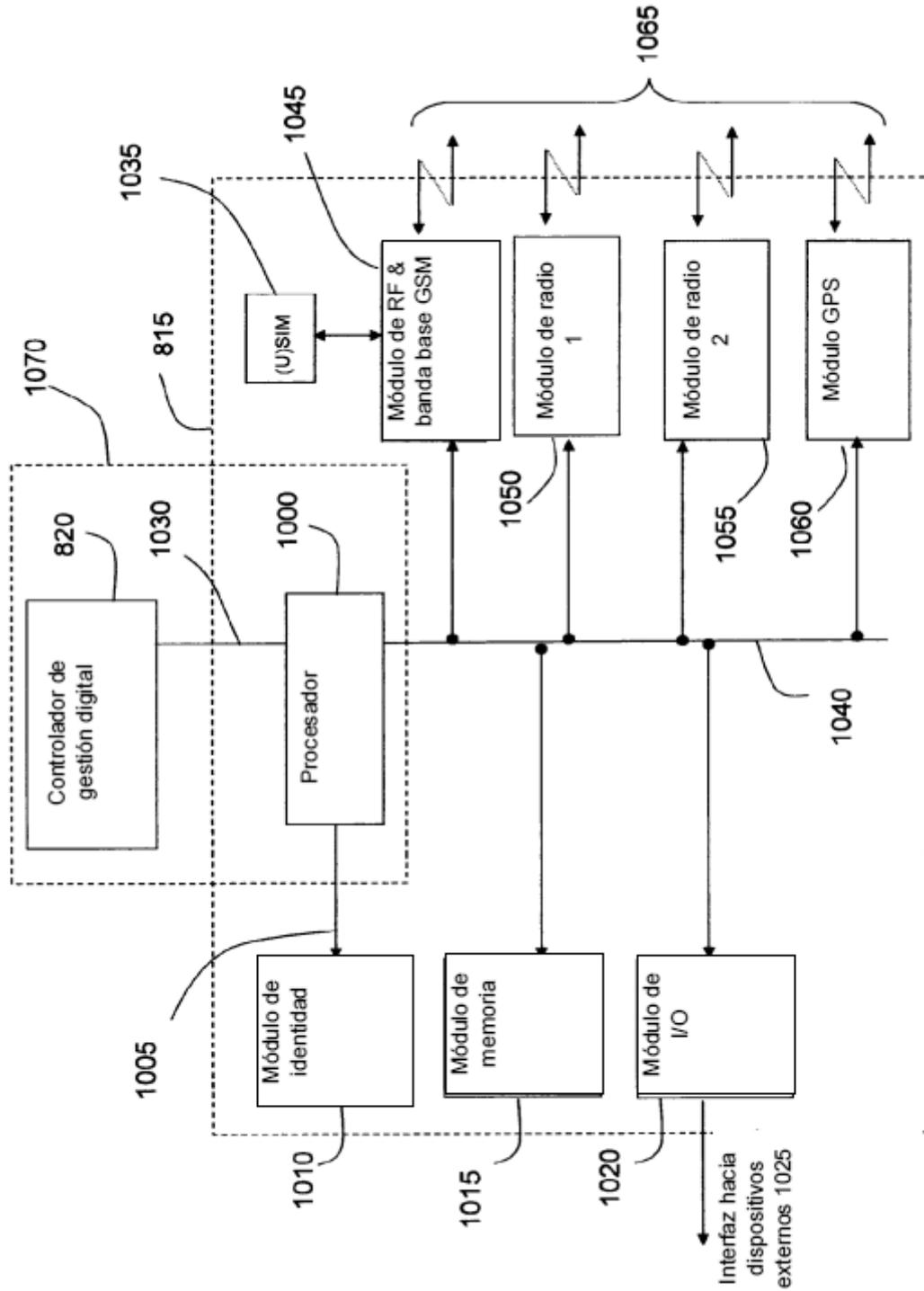


Figura 10

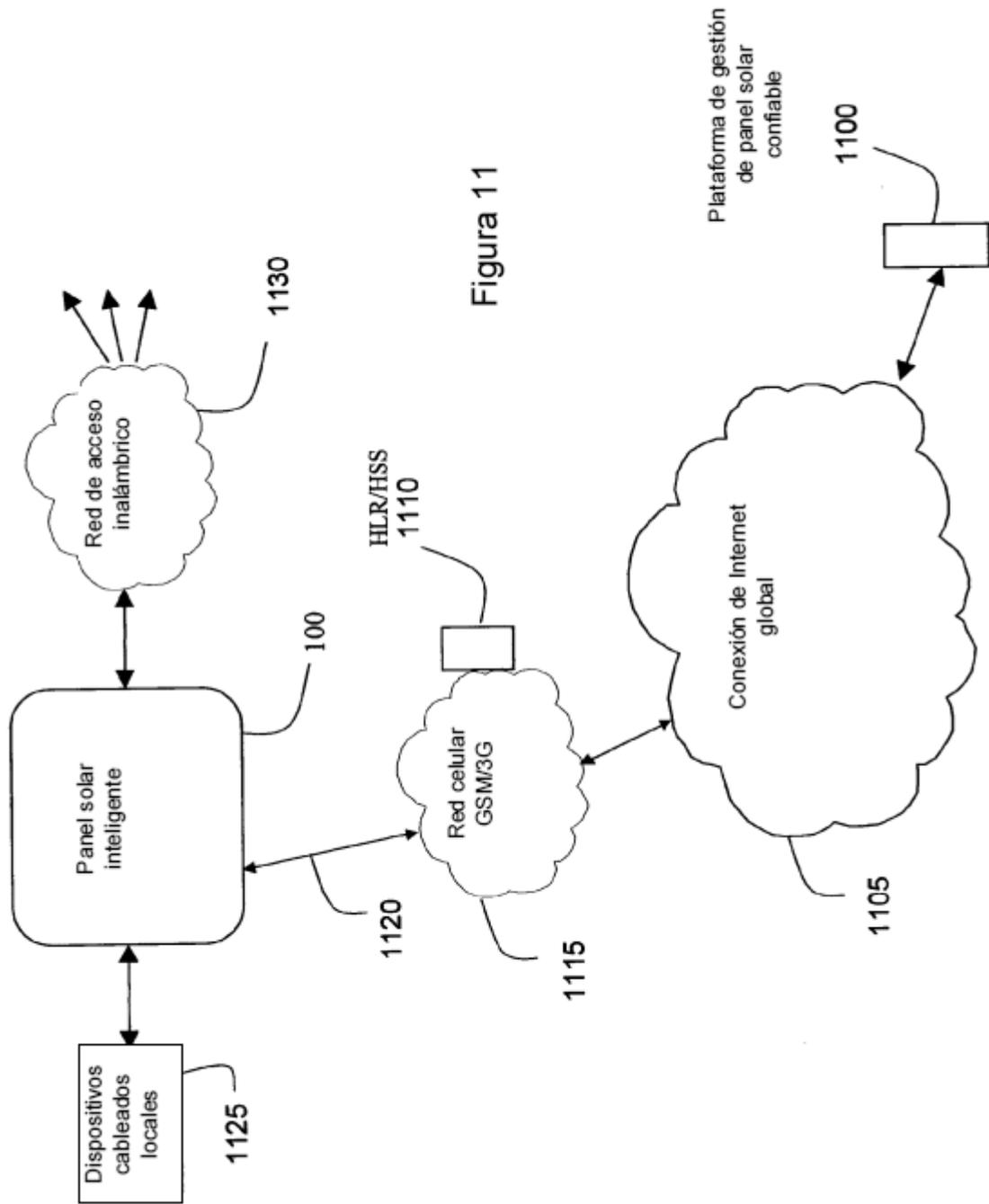


Figura 11