

INVERSOR ULTRA EFICIENTE PARA MODULAR LOS CAMPOS
MAGNETICOS DE CIRCUITOS DE UN SISTEMA DE ENERGIA SOLAR Y
METODO ASOCIADO AL MISMO

5

CAMPO TÉCNICO

La presente invención se ubica dentro del campo técnico de los dispositivos o equipos utilizados en energía solar fotovoltaica, ingeniería eléctrica, y electrónica de potencia, más específicamente sistemas híbridos de conversión de potencia
10 que integran control adaptativo, electrónica de potencia de alta frecuencia y gestión electromagnética avanzada para mejorar la eficiencia energética y reducir el dimensionamiento de instalaciones solares.

De este modo, la invención propuesta se refiere a un equipo que es un inversor
15 ultra eficiente capaz de modular, gracias a la electrónica de potencia, los campos magnéticos de los diferentes circuitos del sistema, de tal manera que al modificar la frecuencia, los periodos y controlando las señales de voltaje y corriente, se logra modificar la onda para que esta aumente la capacidad de absorción de radiación de los paneles solares del sistema existente sin permitir que el sistema
20 caiga en una entropía, donde este principio de electrónica de potencia en el que se alteran dichos valores permite que las baterías carguen más rápido sin calentarse. Así mismo, el equipo inversor de la invención cuenta con MPPTS de alta frecuencia y un método asociado al mismo que permite un cambio en la jerarquía de generación convencional, donde contrario a lo existente

normalmente que primero se realiza de solar a carga y luego si sobra solar va a baterías o red, en el equipo de la presente invención se logra pasar de solar directamente a baterías y solo después de las baterías a carga o red, mejorando considerablemente el factor de planta de las instalaciones fotovoltaicas. Así, el uso de la presente tecnología permite a los usuarios tener autonomía eléctrica en su vivienda o negocio sin limitantes como la falta de espacio o techo para realizar las respectivas instalaciones requeridas.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

En la actualidad, existe una serie de sistemas de generación de energía eléctrica a nivel mundial que se encuentran en una etapa crítica, caracterizada por la alta dependencia de fuentes convencionales basadas en combustibles fósiles, tales como carbón, petróleo, gas natural, entre otros, donde dichos sistemas, si bien han sido históricamente la base del suministro energético global, presentan múltiples desventajas técnicas, económicas y ambientales que impactan de forma directa el día a día.

Dentro de dichas desventajas se destacan su carácter no renovable, la volatilidad en los precios de los combustibles, la generación de emisiones contaminantes y el agotamiento progresivo de las reservas naturales, lo cual ha llevado a una creciente preocupación internacional sobre la sostenibilidad de la matriz energética actual.

Adicionalmente, es importante tener presente que a nivel mundial se espera sufrir un desabastecimiento de energía eléctrica, el cual ya está afectando a algunos países. Frente a esta problemática y los impactos ambientales que tienen las fuentes de energía convencional el mundo comenzó una transición energética, sin embargo, las fuentes de energía renovables, especialmente las granjas fotovoltaicas no son ideales al día de hoy el bajo factor de planta en generación contra los altos costos que implica construirlos.

Como consecuencia de esto, a nivel mundial se ha intentado promover una transición energética hacia fuentes renovables, haciendo énfasis en tecnologías de generación limpia, tal como la energía solar fotovoltaica, eólica, hidroeléctrica y geotérmica. Dentro de estas tecnologías renovables, la energía solar fotovoltaica ha tomado un papel clave debido a su disponibilidad prácticamente ilimitada, así como la posibilidad de aprovechamiento distribuido, y el bajo impacto ambiental durante la etapa operativa. Así, varias jurisdicciones han implementado diversas políticas públicas, incentivos económicos y tratados internacionales que han tratado de impulsar su adopción en zonas urbanas, rurales e industriales, buscando reducir la huella de carbono y aumentar la independencia energética de los países.

Sin embargo, a pesar de los avances en el desarrollo de tecnologías fotovoltaicas, los sistemas solares actuales presentan una serie de limitaciones técnicas considerables que afectan su masificación y competitividad frente a otras fuentes, donde una de las principales problemáticas se basa bajo factor de

planta de las granjas solares de los paneles solares, la cual típicamente se encuentra entre 15% y 22% para tecnologías comerciales, lo que implica que una gran parte de la radiación solar incidente no se transforma en energía eléctrica útil.

5

Así, esta ineficiencia de los sistemas actuales se vuelve más significativa en condiciones reales de operación, donde los factores como el ángulo de incidencia, la temperatura ambiente, la acumulación de polvo, la presencia de sombras parciales causadas por la nubosidad y las fluctuaciones climáticas
10 reducen aún más el rendimiento del sistema. Además, otro aspecto crítico es el elevado costo inicial asociado a la implementación de instalaciones fotovoltaicas, el cual está determinado no solo por el precio de los paneles, sino también por los inversores, sistemas de almacenamiento, estructuras de soporte, cableado, dispositivos de protección y mano de obra especializada.

15

Teniendo en cuenta lo anterior, debido a la baja eficiencia por unidad de área de los sistemas solares fotovoltaicos, se requiere una gran superficie de instalación para suplir una determinada demanda energética, lo que incrementa los requerimientos de espacio y eleva los costos totales del sistema, dificultando de
20 este modo su implementación en aplicaciones urbanas o en zonas con limitaciones físicas.

Sumado a lo anterior, los sistemas convencionales actualmente existentes de energía solar fotovoltaica operan bajo una arquitectura energética tradicional en

la que la energía generada es utilizada en primer lugar para alimentar las cargas conectadas, y solo el excedente es dirigido hacia el almacenamiento o la red. No obstante, se debe tener en cuenta que este enfoque no siempre garantiza una gestión óptima de la energía, especialmente en contextos donde la disponibilidad solar es intermitente o no coincide con los picos de demanda.

Así las cosas, en el estado del arte existe una pluralidad de divulgaciones relacionadas con equipos utilizados para mejorar la eficiencia de un sistema de generación de energía eléctrica a partir de energía solar, dentro de las que se encuentra el documento WO 2023209251 que enseña un sistema que comprende: unos medios de captación de la radiación solar; unos medios de transmisión de la radiación solar captada por los medios de captación, mediante el empleo de fibra óptica de cuarzo; unos medios de producción que comprenden uno o varios módulos solares a los que llegan la fibra óptica de los medios de transmisión, quedando los medios de producción físicamente separados de los medios de captación y los medios de producción emplean células multiunión. Se consigue la separación de la captación solar de la producción eléctrica, y por lo tanto, una más fácil integración arquitectónica y recuperación de la energía térmica de la refrigeración de las células solares, la transmisión de la energía captada a distancia sin apenas pérdidas empleando para ello medios de transmisión de la radiación solar. Los módulos solares con celdas solares de concentración que se ubican en interior protegidos de las inclemencias climatológicas.

Sin embargo, aunque dicha anterioridad describe un sistema de generación de energía que utiliza células fotovoltaicas de concentración ubicadas en espacios interiores, protegidas de las inclemencias ambientales, y que emplea elementos ópticos para concentrar la luz solar, la misma presenta el inconveniente que no realiza ningún tipo de manipulación de campos electromagnéticos, por lo que no permite hacer un aumento considerable de la generación de energía ni de la eficiencia del sistema, afectando claramente su comportamiento.

De otra parte, se encuentra el documento ES 2595552 relacionado con una planta solar de potencia de alta eficiencia y su procedimiento de funcionamiento, donde dicha planta solar de potencia de alta eficiencia que comprende un ciclo Brayton principal cerrado y regenerativo que trabaja con un fluido supercrítico y al menos un ciclo de cola cerrado, que puede ser un ciclo Rankine o un ciclo Brayton. El ciclo Brayton principal comprende una fuente de calor que comprende un receptor solar, un expansor, un generador de corriente eléctrica, un recuperador primario de calor, opcionalmente un intercambiador de calor, un recuperador secundario de calor, un refrigerador, un compresor y una bomba. En una realización preferente, un ciclo Rankine de cola se conecta con el ciclo principal a través del intercambiador de calor, mientras que un ciclo Brayton de cola se conecta con el ciclo principal mediante el recuperador primario de calor.

No obstante, la invención definida en dicho documento presenta el inconveniente que no cuenta con elementos ni pasos que permitan llevar a cabo la modulación de campos electromagnéticos, por lo que no permite mejorar la eficiencia del

sistema solar fotovoltaico y dependerá directamente de la cantidad de paneles, continuando con las limitaciones existentes.

Así mismo, se tiene el documento WO 2018117797 que divulga un sistema de
5 almacenamiento de energía fotovoltaica que opera por medio de un volante de inercia, el cual por sus materiales de construcción tiene la capacidad de trabajar a altas revoluciones sin sufrir daños, esto repercute en una mayor eficiencia del sistema, ya que la capacidad de almacenamiento es mayor, además de que soporta más ciclos de carga que una batería de ácido convencional. El sistema
10 de almacenamiento de energía fotovoltaica trabaja en suspensión magnética, por lo que no hay fricción entre ninguno de sus componentes internos, aunado a esto, la eficiencia del sistema se ve mejorada por que trabaja dentro de una cámara de vacío por lo que no hay fricción ni con el aire. Cabe mencionar que el sistema es libre de lubricantes y al mismo tiempo es libre de mantenimiento. Por
15 último, tiene la ventaja de que es factible la operación el sistema en horas que no hay luz solar, por lo que se considera una mejora en cuanto a la utilización de energías renovables.

Sin embargo, este documento se enfoca en detallar un sistema que combina la
20 generación fotovoltaica con el almacenamiento de energía, optimizando la gestión y distribución de la energía generada, pero el cual no cuenta con elementos que permitan optimizar la energía solar recibida, específicamente mediante la manipulación de campos electromagnéticos, o cualquier otro proceso que lleve a un aumento considerable de la eficiencia del sistema.

De otra parte, está el documento ES 2772308 que enseña un panel solar híbrido para la producción de energía eléctrica y energía térmica, que comprende un sistema de generación eléctrico fotovoltaico, un absorbedor de calor, en el que se evacua el calor del sistema de generación fotovoltaica aumentando el rendimiento eléctrico, una capa intermedia de material o gas, en el que la unión del sistema de generación eléctrico fotovoltaico con el absorbedor de calor se realiza por medio de dos capas de material con una base de silicona, la primera capa comprende silicona encapsulante en el interior del sistema de generación fotovoltaica y la segunda capa comprende una silicona de adhesión térmica.

No obstante, aunque dicha anterioridad describe particularmente un panel solar que simultáneamente genera energía eléctrica y térmica, aumentando la eficiencia total del sistema, la misma no permite realizar un aumento considerable en la eficiencia del sistema dado que no contempla ni aborda la modulación de campos electromagnéticos para lograr dicha maximización.

Finalmente, se encuentra el documento US 20200076362 relacionado con una unidad para la conversión de luz en un edificio, donde la unidad consta de un panel solar con células fotovoltaicas sin ningún recubrimiento que absorba o refleje la luz, por ejemplo, sin tratar. Las células fotovoltaicas pueden tener un rango de longitud de onda de conversión optimizado para la luz solar natural. La unidad también incluye una carcasa que rodea el panel solar y evita su exposición a la luz solar directa del exterior. Esta carcasa incluye una entrada.

Se proporciona una guía de luz, compuesta por fibra óptica y adaptada para su conexión óptica al colector de luz. Esta guía de luz se conecta a la carcasa a través de la entrada. La guía de luz tiene un extremo de salida ubicado junto a la entrada de la carcasa y dirigido hacia una superficie de las células fotovoltaicas para su iluminación. En el exterior del edificio se encuentra un colector de luz para captar la luz solar y guiarla hacia la guía de luz.

Sin embargo, la invención definida en dicha anterioridad presente el inconveniente que está enfocada en la conversión eficiente de energía y la integración con la red eléctrica, utilizando técnicas convencionales de electrónica de potencia, sin realizar ningún tipo de manipulación activa de campos electromagnéticos, ni otras variables involucradas en el sistema por lo que no se logra un claro aumento en la eficiencia del sistema.

A partir de la información anterior, es claro que los documentos existentes en el estado del arte corresponden a una serie de sistemas y/o equipos que están planteados para mejorar la eficiencia de conversión de energía en sistemas fotovoltaicos, la integración optimizada con redes eléctricas, el uso de controladores con seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT), y el diseño de arquitecturas híbridas que combinan generación y almacenamiento, donde dichas divulgaciones se enfocan en el rendimiento eléctrico mediante transformadores de alta frecuencia, técnicas de modulación por ancho de pulso (PWM) y jerarquías convencionales de flujo energético, con prioridad en la carga o la red.

Teniendo en cuenta lo anterior, es claro que las divulgaciones existentes en el estado del arte no plantean una solución adecuada al problema definido previamente relacionado con los altos costos y la baja eficiencia de los sistemas
5 solares fotovoltaicos actuales, sino que se enfocan en definir una serie de elementos que aumentan considerablemente la complejidad y los costos de dichos sistemas haciéndolos de difícil acceso.

Así mismo, las divulgaciones del arte previo no permiten lograr una clara
10 optimización de la carga de baterías en el sistema, por lo que no logran llevar a cabo una carga más rápida sin sobrecalentamiento, lo que también se traducirá en ineficiencia del sistema debido a que las baterías deberán ser reemplazadas o reparadas en un tiempo relativamente corto, aumentando también los costos asociados.

15

De acuerdo con todo lo anterior, el experto en la materia puede ver que, pese a los esfuerzos que se han realizado en los sistemas actualmente disponibles, hasta el momento no se ha logrado una solución integral que permita aumentar significativamente el factor de planta de las granjas solares y optimizar
20 simultáneamente la carga de baterías sin comprometer su vida útil o generar pérdidas energéticas, donde dicha limitación tecnológica representa la existencia de un problema técnico no resuelto que impide alcanzar el máximo potencial de los sistemas solares actuales y que requiere de soluciones innovadoras que reconfiguren los principios de operación convencionales.

En este sentido, resulta evidente la necesidad de una solución que permita aumentar considerablemente el factor de planta de los sistemas solares fotovoltaicos, mediante el aumento de factor de planta de generación, la
5 reducción del número de paneles necesarios, la aceleración de la carga de baterías sin sobrecalentamiento, y su respectivo aumento de la vida útil.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

10 Considerando los problemas y/o necesidades anteriores mencionadas, los presentes inventores han propuesto un nuevo equipo inversor ultra eficiente capaz de modular los campos magnéticos de los diferentes circuitos de un sistema solar fotovoltaico, de tal manera que al modificar la frecuencia, los periodos y controlando las señales de voltaje y corriente, se logra modificar la
15 onda para que esta aumente la capacidad de absorción de radiación de los paneles solares del sistema existente sin permitir que el sistema caiga en una entropía, donde este principio de electrónica de potencia en el que se alteran dichos valores permite que las baterías carguen más rápido sin calentarse. Así mismo, el equipo inversor de la invención cuenta con MPPTS de alta frecuencia
20 y un método asociado al mismo que permite un cambio en la jerarquía de generación convencional, donde contrario a lo existente normalmente que primero se realiza de solar a carga y luego si sobra solar va a baterías o red, en el equipo de la presente invención se logra pasar de solar directamente a

baterías y solo después de las baterías a carga o red, mejorando considerablemente la eficiencia del sistema.

El equipo inversor de la presente invención se compone de una serie de
5 modificaciones y configuraciones a los campos electromagnéticos propios de
cada uno de los circuitos de los sistemas solares existentes, en los cuales se
aumenta y estabiliza los campos magnéticos de los paneles solares, dejándolos
con una mayor receptividad a la absorción de radiación solar, permitiendo no
solo que dichos paneles absorban con mayor facilidad, sino también haciendo
10 que los mismos no sufran caídas significativas de generación debido a cambios
climáticos, sombras, entre otros. Además, el circuito de baterías también es
intervenido logrando que las baterías carguen más rápido y con el aumento y
modificación en los campos electromagnéticos, dichas baterías no sufran de
calentamiento pese a la carga rápida, esto y el manejo de los ciclos de las
15 baterías permite garantizar un mayor tiempo de vida útil de las mismas.

Teniendo en cuenta lo anterior, la presente invención está dirigida a un sistema
electrónico aplicado a la generación y gestión de energía solar fotovoltaica, el
cual introduce un enfoque innovador basado en la manipulación activa de
20 campos electromagnéticos dentro de los circuitos de conversión de potencia, con
el propósito de aumentar la eficiencia de captación de energía solar, mejorar el
rendimiento del proceso de carga de baterías y optimizar la gestión energética
general del sistema. La invención está concebida como una solución integral

para aplicaciones residenciales, comerciales o industriales, donde el aprovechamiento eficiente del recurso solar es fundamental.

Particularmente, la presente invención está dirigida principalmente a un equipo
5 inversor, como se definió anteriormente, de alta eficiencia configurado con electrónica de potencia de alta frecuencia, controlado mediante una serie de instrucciones de configuración, embebido, capaz de modificar en tiempo real parámetros eléctricos como la frecuencia, forma de onda, periodo y ciclo de trabajo, en donde dichas modificaciones permiten inducir condiciones
10 electromagnéticas variables en los circuitos del sistema, particularmente en la etapa de entrada DC desde los paneles solares y en la etapa de carga hacia el banco de baterías, con el fin de maximizar el rendimiento energético en ambas interfaces.

15 En este sentido, el presente sistema incorpora además una arquitectura modular que comprende bobinas de alta frecuencia, ultracapacitores, controladores MPPT independientes para la fuente solar y para las baterías, así como una serie de sensores de corriente en corriente continua (DC) y alterna (AC), los cuales permiten monitoreo y ajuste en tiempo real, en donde dicha arquitectura no solo
20 mejora la eficiencia de conversión energética sino que también permite controlar el comportamiento térmico de las baterías, logrando así una carga acelerada sin provocar calentamiento excesivo, prolongando de este modo la vida útil del sistema de almacenamiento.

Una de las principales características fundamentales de la presente invención se basa en la redefinición de la jerarquía energética del sistema, en donde, a diferencia de los sistemas solares convencionales existentes en estado del arte que priorizan el suministro directo a la carga o la red, la presente invención
5 establece un flujo energético optimizado en el que la energía generada por los paneles solares es direccionada en primer lugar al banco de baterías, permitiendo su almacenamiento inmediato y posterior uso por las cargas internas o exportación a la red. Esta disposición y/o configuración mejora la autonomía del sistema, al tiempo que reduce pérdidas energéticas y finalmente, permite
10 aprovechar de forma más efectiva los picos de generación solar.

De acuerdo con lo anterior, debido también a la combinación de electrónica de potencia, control adaptativo por configuración, elementos de almacenamiento dinámico y manejo inteligente de señales eléctricas, la presente invención
15 proporciona una solución avanzada para superar las limitaciones existentes en estado del arte relacionadas con eficiencia, espacio y costos asociadas a las instalaciones solares. Por lo tanto, el presente sistema puede ser implementado de forma autónoma o como parte de una microrred híbrida, y su diseño flexible lo hace adaptable a distintas configuraciones y escalas.

20

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La presente invención se entiende de forma más clara a partir de las siguientes figuras donde se muestran los componentes asociados al presente equipo

inversor ultra eficiente para sistemas solares fotovoltaicos, así como los elementos novedosos con respecto al estado del arte, en donde las figuras no pretenden limitar el alcance de la invención, el cual está únicamente dado por las reivindicaciones adjuntas, en donde:

5

La Figura 1 corresponde a un esquema general de la disposición interna de elementos del inversor ultra eficiente de la presente invención.

La Figura 2 corresponde a un diagrama general de un sistema de generación de energía solar, en el cual se incluyen todos los elementos asociados, incluyendo el inversor mostrado en la Figura 1 y los demás componentes necesarios para contar con dicho sistema de forma adecuada.

La Figura 3 corresponde a un diagrama de flujo que muestra los pasos asociados a la mejora de la eficiencia de un sistema solar fotovoltaico por medio del equipo inversor de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La presente invención está dirigida a un equipo inversor inteligente de alta eficiencia diseñado para incrementar el rendimiento de conversión de energía solar en un sistema solar fotovoltaico y optimizar la gestión de carga de las baterías de dicho sistema, mediante la modulación de campos electromagnéticos generados en los circuitos del sistema, aumentado de este

modo la capacidad de absorción de radiación de los paneles solares del sistema existente.

De esta forma, las Figuras 1 y 2 presentan un equipo inversor de ultra alta eficiencia para sistemas solares fotovoltaicos, en donde dicho equipo comprende o consiste esencialmente, en general, sin limitaciones, de las siguientes partes o componentes:

- Un par de circuitos de alta frecuencia (3) los cuales constituyen principalmente el núcleo de control del inversor de la presente invención, en donde se cuenta con una unidad de procesamiento central, preferiblemente un microcontrolador, el cual ejecuta rutinas de modulación de frecuencia, periodo, amplitud y forma de onda, al tiempo que permite controlar las condiciones electromagnéticas del sistema y optimiza la carga y generación, en donde dichos circuitos de alta frecuencia (3) están divididos en uno del circuito solar y otro de almacenamiento de energía. Cada uno de dichos circuitos de alta frecuencia (3) a su vez comprende:

- Una bobina de alta frecuencia (1) que corresponde al elemento clave para generar campos magnéticos modulados y se encuentra acoplada a un circuito de potencia para alterar las condiciones inductivas según las necesidades energéticas; y
- Unos ultracapacitores (2) que actúan como dispositivos de desacople transitorio y almacenamiento de energía temporal,

facilitando así las respuestas rápidas ante variaciones de carga o fuente;

- Unos MPPT (Solar y Batería) (4) que corresponden a unos controladores independientes para seguimiento del punto de máxima potencia, y están divididos especialmente en un primer MPPT (4) para la entrada del circuito o paneles solares y otro para el enlace con el almacenamiento de energía, en donde dichos MPPT (4) juntos trabajan en alta frecuencia para mayor precisión;
- Un alternador (5) conectado directamente a los MPPT (4) y que corresponde a una fuente auxiliar que puede ser utilizada en instalaciones híbridas para garantizar suministro en ausencia de radiación solar;
- Unos transformadores de corriente en DC (6), los cuales se conectan después de los circuitos de alta frecuencia (3) y permiten monitorear en tiempo real la corriente desde el sistema de paneles solares y hacia el almacenamiento de energía, permitiendo así realizar un diagnóstico térmico y una optimización dinámica;
- Unas borneras de módulos solares (7) que permiten la conexión directa entre el campo fotovoltaico, es decir, los paneles solares, y los transformadores de corriente (6);
- Unas borneras de baterías (8) que corresponden al punto de conexión y/o acoplamiento entre el sistema de almacenamiento y los transformadores de corriente (6);

- Unos transformadores de AC de monitoreo (9), los cuales se encuentran conectados al alternador (5) y permiten medir la energía entregada o consumida por la red o las cargas conectadas; y
 - Una bornera AC (10) que corresponde al punto de interfaz entre el
- 5 inversor de la invención y las cargas o red pública.

Así las cosas, el equipo inversor de la presente invención permite plantear una solución al problema de eficiencia en sistemas solares fotovoltaicos actualmente existentes, ya que implementa un método de modulación activa de los campos

10 electromagnéticos internos a través de la manipulación controlada de las señales eléctricas de entrada y salida que pasan por el mismo.

Del mismo modo, la presente invención está dirigida principalmente a un sistema de conversión, gestión y optimización de energía solar fotovoltaica, que

15 comprende un inversor de alta eficiencia configurado con electrónica de potencia adaptativa, capaz de modificar activamente las condiciones electromagnéticas de los circuitos de entrada y salida mediante control de alta frecuencia, con el fin de mejorar la eficiencia de captación de radiación solar y optimizar el proceso de carga de baterías. Así, el presente sistema incluye bobinas de alta frecuencia,

20 ultracapacitores, controladores MPPT independientes para entradas solares y de baterías, así como sensores de corriente para diagnóstico en tiempo real.

Dicho proceso de modulación activa de los campos electromagnéticos se logra mediante el ajuste de una serie de parámetros involucrados en el sistema solar

fotovoltaico, tales como frecuencia de conmutación, forma de onda (senoidal pura, trapezoidal modificada, etc.), relación de ciclos, frecuencia de resonancia de inductores o transformadores internos, en donde por medio de esta modulación se genera un entorno electromagnético optimizado que incrementa la captación de energía en los paneles solares, aún en condiciones adversas (tal como nubes, sombra parcial, orientación desfavorable), al reducir interferencias internas, pérdidas por armónicos, y optimizar el acoplamiento entre la generación y el almacenamiento.

10 Teniendo en cuenta lo anterior, el inversor ultra eficiente de la presente invención presenta una configuración especial en su interior que permite implementar un método iterativo de modulación electromagnética adaptativa, el cual será definido en mayor detalle más adelante, pero que principalmente consiste en:

1. Medición continua de las condiciones solares (corriente/tensión).
- 15 2. Ajuste dinámico de la señal de conmutación en los transistores de potencia.
3. Generación de un campo electromagnético oscilante controlado por la bobina (1) y el circuito de alta frecuencia (3).
4. Priorización del flujo energético de solar a baterías y luego a carga/red.
- 20 5. Optimización de la carga de baterías, evitando aumento de temperatura mediante regulación de forma de onda y ciclos de carga.

Así las cosas, la presente invención está diseñada para mejorar de forma integral el aprovechamiento de la energía solar mediante un sistema inteligente de

conversión y gestión energética, en donde su funcionalidad se basa en una arquitectura electrónica que incluye una bobina de alta frecuencia (1), ultracapacitores (2), controladores MPPT (4) independientes y sensores de corriente (6), todo coordinado por un circuito de control embebido, donde dicho
5 circuito, a través de una configuración especializada, regula en tiempo real las condiciones de operación del inversor, permitiendo manipular las características electromagnéticas de los circuitos asociados a la generación y almacenamiento de energía. De este modo, el presente sistema es capaz de aumentar el rendimiento energético de los paneles solares y optimizar la transferencia de
10 energía hacia el sistema de almacenamiento, incluso bajo condiciones ambientales no ideales.

Ahora, en una modalidad, la presente invención también está dirigida a un sistema de conversión y gestión energética para instalaciones solares
15 fotovoltaicas con factor de planta mejorado, el cual se caracteriza porque comprende o consiste esencialmente de los siguientes componentes que lo hacen diferente de aquellos del estado del arte, dentro de los que se encuentran:

- Un conjunto de paneles solares fotovoltaicos conectados en una o más cadenas de corriente continua (DC).
- Un equipo inversor de alta eficiencia configurado con electrónica de potencia avanzada, el cual corresponde al equipo inversor definido anteriormente, en donde dicho inversor comprende medios para modificar activamente las características del campo electromagnético de al menos uno de sus circuitos mediante la variación de frecuencia, forma de onda

y/o relación cíclica, con el fin de optimizar la absorción de radiación solar y la eficiencia de carga de las baterías del sistema.

- Un sistema de almacenamiento de energía compuesto por una serie de baterías recargables.

- 5
- Un sistema de control inteligente embebido configurado para:
 - Priorizar el flujo energético del conjunto de paneles solares fotovoltaicos directamente al sistema de almacenamiento de energía, es decir, a las baterías.
 - Regular dinámicamente las condiciones electromagnéticas del
- 10
- Supervisar las variables involucradas del sistema, tal como temperatura, eficiencia y estado de carga del sistema de almacenamiento de energía.

- 15
- En este sentido, el sistema de conversión y gestión energética para instalaciones solares fotovoltaicas, se caracteriza porque cuenta con una entrada de corriente continua conectada a uno o más módulos solares fotovoltaicos, al tiempo que el sistema de almacenamiento se conecta al inversor a través de un MPPT dedicado (4). Además, el sistema también presente la característica que se tiene
- 20
- una configuración de control embebida que regula en tiempo real los parámetros de modulación de la señal de conmutación, con el fin de inducir condiciones electromagnéticas que aumenten la eficiencia de captación solar y optimicen la carga del sistema de almacenamiento.

En una modalidad preferida de la invención, el sistema de almacenamiento de energía corresponde a una serie de baterías que se conectan al inversor como se ha venido definiendo anteriormente, y permiten almacenar la energía convertida a través del inversor y generada por los paneles solares.

5

Teniendo en cuenta lo anterior, el principio definido anteriormente con relación al equipo inversor de alta eficiencia, también es aplicado al sistema de almacenamiento de energía, es decir, a las baterías, en donde las condiciones del campo electromagnético se ajustan para permitir una carga acelerada sin
10 generación excesiva de calor, al controlar las oscilaciones transitorias, el ripple y los efectos de corriente parásita que usualmente degradan la vida útil de las celdas.

Así mismo, a diferencia de los sistemas solares fotovoltaicos tradicionales en los
15 que la energía solar se entrega primero a la carga, luego a baterías y, finalmente, a la red, si hay excedente, el sistema de la presente invención redefine la jerarquía operativa de modo que la energía solar es transmitida directamente al sistema de almacenamiento de energía y de allí sale directamente a la carga o a la red.

20

En este sentido, este enfoque de jerarquía permite una mayor autonomía energética, evita pérdidas de energía solar durante los picos de radiación y reduce el consumo desde la red en horas de baja producción, lo cual plantea una clara solución a los problemas previamente definidos.

Ahora bien, es importante tener en cuenta que el sistema de la presente invención está gobernado por un método asociado de gestión energética, el cual es implementado en un microcontrolador de alta velocidad y con el cual se logra

5 obtener:

- Control dinámico de forma de onda para inducir condiciones electromagnéticas deseadas.
- Monitoreo en tiempo real de la eficiencia de captación por cada conjunto de paneles solares.
- 10 • Priorización del flujo energético hacia el almacenamiento en función de la curva de producción.
- Gestión térmica del sistema de almacenamiento de energía en función del perfil de carga, la impedancia interna y la temperatura.

15 Todo lo anterior, permite que la presente invención presente una serie de ventajas técnicas con respecto a los equipos, sistemas y métodos similares existentes en el estado del arte, las cuales se basan en la mejora en eficiencia de captación solar por panel, incluso en condiciones variables, así como la reducción en el número de paneles requeridos para una misma carga energética.

20 Del mismo modo, se obtiene una disminución de espacio y costos de instalación, así como una carga rápida del sistema de almacenamiento de energía, es decir, las baterías sin degradación térmica, y finalmente, se tiene un aumento de la vida útil del sistema completo.

La presente invención también está dirigida a un método para mejorar la eficiencia de generación y almacenamiento en un sistema solar fotovoltaico mediante un inversor como se definió anteriormente, el cual se basa en la configuración operativa de inversores solares, particularmente diseñado para establecer como prioridad la carga del banco de baterías y que es implementado en el sistema definido previamente mediante una serie de pasos técnicos que integran la conexión física del hardware, el acceso a interfaces de configuración, la parametrización del MPPT, la carga de scripts de control, y una secuencia de pruebas y verificación para garantizar el comportamiento deseado.

10

Siendo así, dicho método comienza con la verificación de la conexión física del inversor, incluyendo alimentación eléctrica, módulos solares, sistema de almacenamiento de energía (banco de baterías) y cargas conectadas. Posteriormente, se accede al sistema de configuración mediante una de dos opciones: (1) a través de una interfaz de software o código (modo avanzado), o (2) mediante la interfaz de usuario, la cual permite modificar parámetros básicos. Es importante destacar que los ajustes relacionados con la frecuencia de conmutación y el ciclo de trabajo del inversor están únicamente disponibles en el modo de configuración avanzada vía código.

20

Así, una vez se encuentra en el entorno de configuración, se realiza la parametrización de las entradas MPPT disponibles, en donde este paso incluye el ajuste de variables como el voltaje de operación (V_{imp}), la corriente máxima de entrada (I_{mp}) y el rango de seguimiento, todo basado en las condiciones del

modelo de panel y del entorno, y finalmente, se verifica que la eficiencia del sistema se encuentre dentro de los rangos operativos esperados (preferiblemente mayores a 98%).

- 5 En paralelo, el usuario puede cargar un script o archivo de configuración avanzada a través de una interfaz de programación (USB, RS-485, Wi-Fi, etc.), donde se definen parámetros técnicos como la frecuencia de conmutación (preferiblemente en un rango de 0 a 999 GHz) y el tipo de ciclo de operación (continuo, intermitente, u otros perfiles electromagnéticos).

10

Luego, el método de la invención contempla también el ajuste de la jerarquía energética del sistema, estableciendo por defecto que la energía captada por los paneles solares se dirija primero al sistema de almacenamiento, es decir, el banco de baterías. Solo una vez completada dicha carga, el sistema distribuye

15 energía a las cargas internas o exporta a la red, en donde dicha lógica y configuración puede ser modificada en etapas avanzadas mediante comandos de programación.

20

Finalmente, se realiza un proceso de verificación funcional, donde se simula el comportamiento del sistema bajo demanda variable, comprobando que la energía fluye inicialmente hacia las baterías, posteriormente hacia el consumo doméstico, y que el sistema responde adecuadamente a fluctuaciones en la demanda.

Concluido el proceso definido anteriormente, se procede a almacenar o guardar la configuración, se desconectan las herramientas de programación y se documentan los parámetros establecidos.

5 En resumen, dicho método de mejora de la eficiencia de generación y almacenamiento en un sistema solar fotovoltaico, se puede definir como que comprende los siguientes pasos, los cuales pueden ser llevados a cabo o realizados en el orden indicado o en cualquier orden definido, sin limitaciones:

- verificar las conexiones físicas del inversor, incluyendo módulos solares,
10 banco de baterías y cargas;
- acceder a un entorno de configuración del sistema mediante interfaz de software o interfaz de usuario;
- configurar parámetros del controlador MPPT, incluyendo al menos el voltaje de operación (V_{imp}) y la corriente máxima de entrada (I_{mp});
- 15 • cargar un archivo de configuración mediante una interfaz de programación externa, incluyendo parámetros de frecuencia de conmutación y tipo de ciclo de modulación electromagnética;
- establecer, mediante configuración, una jerarquía energética que priorice la carga de baterías sobre la alimentación de carga o red;
- 20 • realizar una verificación del funcionamiento mediante pruebas de simulación de carga, confirmando el cumplimiento de la secuencia energética esperada; y
- almacenar la configuración establecida para operación autónoma del sistema.

Así las cosas, el método implementado por el sistema consta de una secuencia de operaciones controladas que permiten alcanzar los objetivos funcionales de eficiencia y estabilidad. Inicialmente, se monitorean de forma continua los
5 parámetros eléctricos provenientes del campo solar fotovoltaico y del banco de baterías, utilizando transformadores de corriente de precisión, en donde dichos valores son procesados por el microcontrolador, el cual ejecuta algoritmos de modulación de alta frecuencia que ajustan la forma de onda, la frecuencia y el ciclo de trabajo de la señal de conmutación en el inversor, y donde esta señal
10 controla la activación de los elementos electrónicos de potencia y la generación de campos electromagnéticos en las bobinas del sistema.

A través de esta modulación activa del entorno electromagnético, se incrementa la eficiencia de acoplamiento entre los paneles solares y el inversor, reduciendo
15 pérdidas por desadaptación y mejorando la captación de energía solar, incluso en condiciones de nubosidad, sombra parcial o variaciones térmicas. Paralelamente, el sistema regula dinámicamente las condiciones de carga de las baterías, evitando picos de corriente, oscilaciones de voltaje o calentamientos excesivos, gracias a la acción combinada de los ultracapacitores y el control
20 adaptativo del software.

Además, el sistema aplica una jerarquía energética optimizada, en la cual se da prioridad a la carga directa del banco de baterías a partir de la fuente solar, lo

que permite una mayor eficiencia energética global, disminución de dependencia de la red y mejor aprovechamiento de la energía generada.

La presente invención representa una pluralidad de ventajas con respecto a los
5 sistemas de conversión fotovoltaica tradicionales y existentes en el estado del arte, en donde, en primer lugar, incrementa la eficiencia energética del sistema mediante la manipulación activa de parámetros electromagnéticos, lo cual permite mejorar la captación de radiación solar sin modificar físicamente los paneles. Lo anterior permite reducir la cantidad de módulos solares necesarios
10 para cubrir una misma demanda, lo que a su vez se traduce en una menor área de instalación, menores costos y mayor flexibilidad en proyectos urbanos o de espacio limitado.

Del mismo modo y en segundo lugar, el sistema y el inversor de la presente
15 invención optimizan el proceso de carga de baterías, logrando así reducir significativamente los tiempos de carga sin inducir sobrecalentamiento o degradación acelerada del banco de almacenamiento, hecho que se logra gracias al control adaptativo y al uso de ultracapacitores, disminuyendo así el ripple y controlando la disipación térmica, extendiendo la vida útil de las baterías
20 y aumentando la confiabilidad del sistema completo.

Finalmente, la configuración modular del sistema permite una fácil escalabilidad para adaptarse a distintos tamaños de instalación (residencial, comercial o industrial), mientras que la lógica de control embebida posibilita la autonomía

energética total o parcial, dependiendo del dimensionamiento, con posibilidad de operación desconectada o acoplada a la red de suministro de energía.

Aunque la presente invención ha sido definida en términos de las modalidades
5 y/o configuraciones preferidas que permiten obtener el resultado deseado, se
entiende entonces que dentro de la presente divulgación se contemplan las
múltiples modificaciones y/o alternativas que se puedan derivar de forma
evidente para un experto en la materia, razón por la cual el alcance de la presente
invención no está definido únicamente por las implementaciones preferidas
10 definidas acá, sino que, por el contrario, el mismo está enteramente definido por
las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un equipo inversor inteligente de alta eficiencia para incrementar el rendimiento de conversión de energía solar en un sistema solar fotovoltaico y optimizar la gestión de carga del sistema de almacenamiento de dicho sistema, caracterizado porque comprende:

- unos circuitos de alta frecuencia (3) que cuentan con una unidad de procesamiento central con rutinas de modulación de frecuencia, periodo, amplitud y forma de onda, cada uno de los circuitos de alta frecuencia (3)

comprende:

- una bobina de alta frecuencia (1) de generación de campos magnéticos modulados y acoplada a un circuito de potencia; y
- unos ultracapacitores (2) de desacople transitorio y almacenamiento de energía temporal;

- unos MPPT (4) que corresponden a unos controladores independientes de punto de máxima potencia, los cuales están divididos en un primer MPPT (4) de entrada paneles solares y otro de enlace con el almacenamiento de energía;

- un alternador (5) conectado a los MPPT (4) en instalaciones híbridas;

- unos transformadores de corriente DC (6) conectados después de los circuitos de alta frecuencia (3);

- unas borneras de módulos solares (7) de conexión directa entre el campo fotovoltaico y los transformadores de corriente (6);

- unas borneras de baterías (8) de conexión y/o acoplamiento entre el sistema de almacenamiento y los transformadores de corriente (6);
- unos transformadores de AC de monitoreo (9) conectados al alternador (5); y

- 5 • una bornera AC (10) de interfaz entre el inversor y la carga o la red pública.

2. El equipo inversor de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la unidad de procesamiento central de los circuitos de alta frecuencia (3) es un microcontrolador.

10

3. El equipo inversor de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, caracterizado porque los circuitos de alta frecuencia (3) están divididos en uno de circuito solar y otro de almacenamiento de energía.

15 4. Un sistema de conversión y gestión energética para instalaciones solares fotovoltaicas con factor de planta mejorado, caracterizado porque comprende:

- un conjunto de paneles solares fotovoltaicos conectados en una o más cadenas de corriente continua (DC);

20 • un equipo inversor de alta eficiencia según se define en una de las reivindicaciones 1 a 3;

- un sistema de almacenamiento de energía;
- un sistema de control inteligente embebido.

5. El sistema de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado porque cuenta con una entrada de corriente continua conectada a uno o más módulos solares fotovoltaicos, y donde el sistema de almacenamiento se conecta al inversor a través de un MPPT dedicado (4).

5

6. El sistema de acuerdo con la reivindicación 4 o 5, caracterizado porque el sistema de almacenamiento de energía es un banco de baterías.

7. El sistema de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado porque la jerarquía es redefinida, en donde la energía solar es transmitida directamente al sistema de almacenamiento de energía y luego directamente a la carga o a la red.

8. Un método para mejorar la eficiencia de generación y almacenamiento en un sistema solar fotovoltaico, tal como se define en cualquiera de las reivindicaciones 4 a 7, caracterizado porque comprende los pasos de:

- verificar las conexiones físicas del inversor, incluyendo módulos solares, almacenamiento de energía (banco de baterías) y cargas;
- acceder a un entorno de configuración del sistema mediante interfaz de software o interfaz de usuario;
- configurar parámetros del controlador MPPT, incluyendo al menos el voltaje de operación (V_{imp}) y la corriente máxima de entrada (I_{mp});

- cargar un archivo de configuración mediante una interfaz de programación externa, incluyendo parámetros de frecuencia de conmutación y tipo de ciclo de modulación electromagnética;
- establecer una jerarquía energética que priorice la carga de baterías sobre la alimentación de carga o red;
- realizar una verificación del funcionamiento mediante pruebas de simulación de carga, confirmando el cumplimiento de la secuencia energética esperada; y
- almacenar la configuración establecida para operación autónoma del sistema.

9. El método de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizado porque además comprende un paso de verificar que la eficiencia del sistema se encuentre dentro de los rangos operativos esperados mayores a 98%.

RESUMEN

La presente invención se relaciona con un inversor ultra eficiente capaz de modular, gracias a la electrónica de potencia, los campos magnéticos de los
5 diferentes circuitos del sistema, de tal manera que al modificar la frecuencia, los periodos y controlando las señales de voltaje y corriente, se logra modificar la onda para que esta aumente la capacidad de absorción de radiación de los paneles solares del sistema existente sin permitir que el sistema caiga en una entropía, donde este principio de electrónica de potencia en el que se alteran
10 dichos valores permite que las baterías carguen más rápido sin calentarse. Así mismo, el equipo inversor de la invención cuenta con MPPTS de alta frecuencia y un método asociado al mismo que permite un cambio en la jerarquía de generación convencional, donde contrario a lo existente normalmente que primero se realiza de solar a carga y luego si sobra solar va a baterías o red, en
15 el equipo de la presente invención se logra pasar de solar directamente a baterías y solo después de las baterías a carga o red, mejorando considerablemente el factor de planta de las instalaciones fotovoltaicas. Así, el uso de la presente tecnología permite a los usuarios tener autonomía eléctrica en su vivienda o negocio sin limitantes como la falta de espacio o techo para
20 realizar las respectivas instalaciones requeridas.

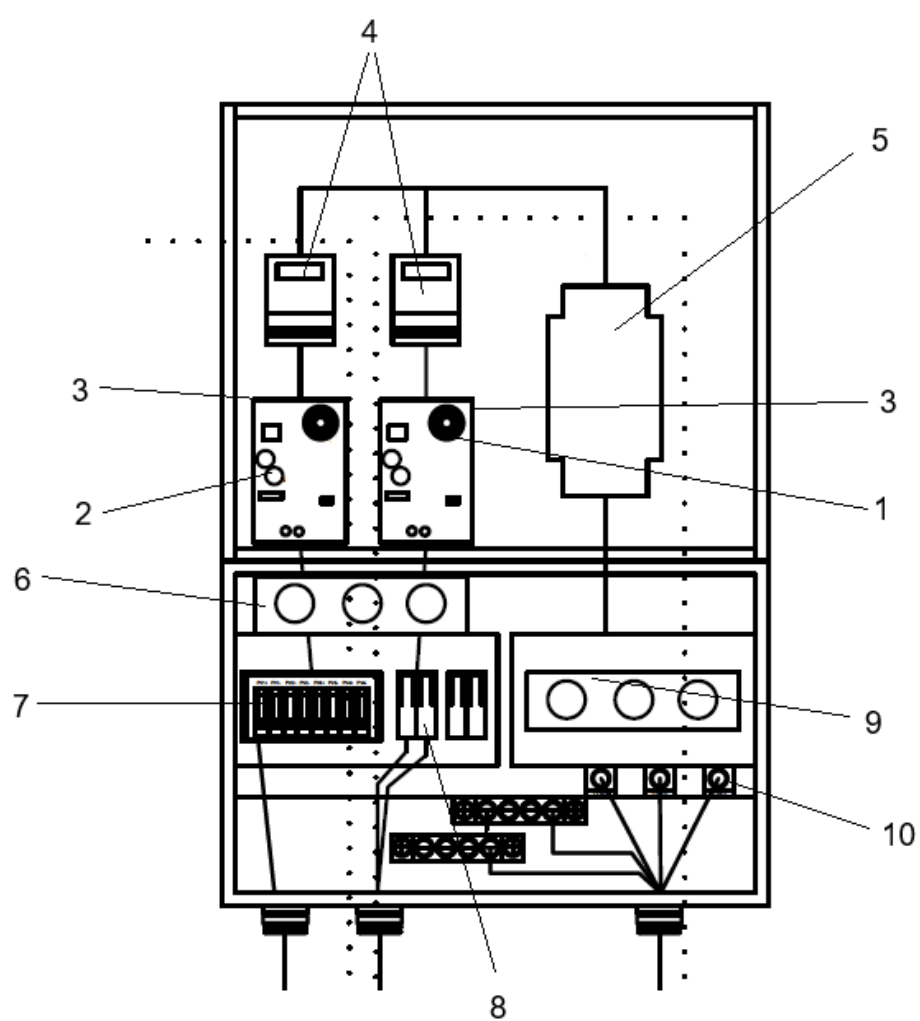


FIG. 1

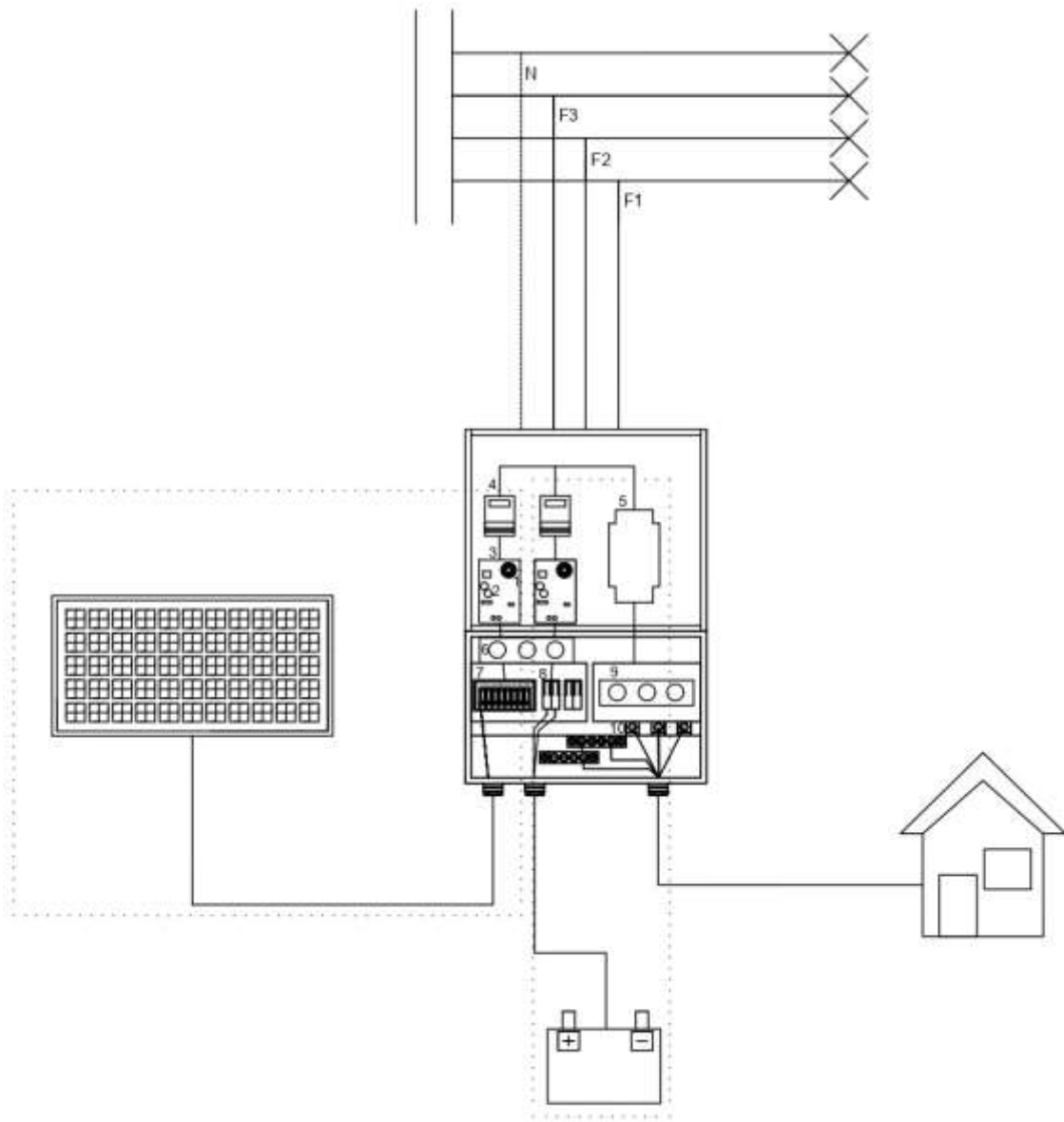


FIG. 2

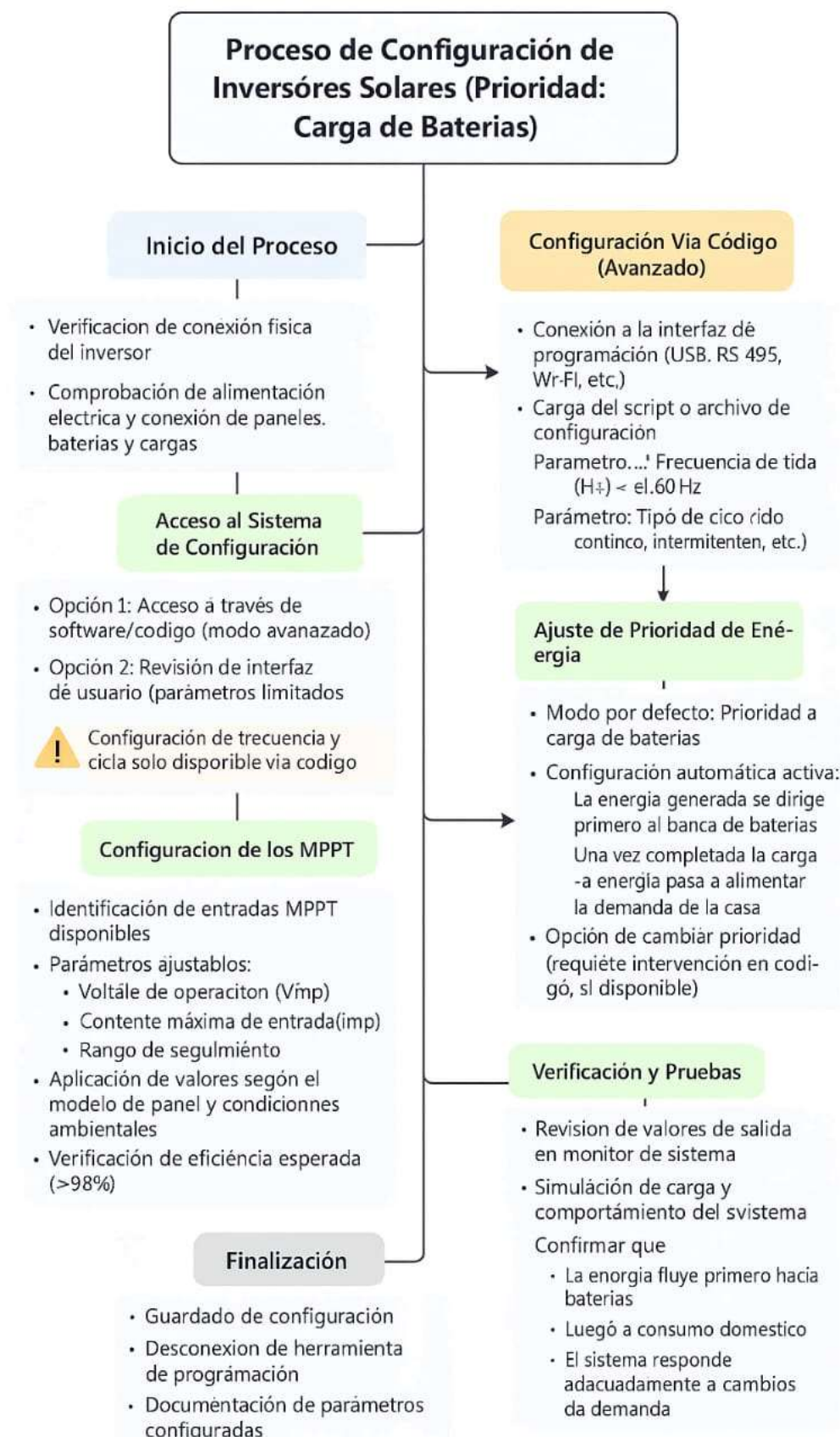


FIG. 3