

Anexo 1 Elementos que componen un sistema fotovoltaico

Miguel Ángel Arias Pimiento

Diego Andrés Ramírez Corredor

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingeniería Físico Mecánicas

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones

Bucaramanga

2025

Tabla de Contenido

| | Pág. |
|--|-------------|
| INTRODUCCIÓN..... | 8 |
| PANELES FOTOVOLTAICOS..... | 9 |
| Principio de funcionamiento | 9 |
| Tipos de paneles..... | 9 |
| Monocristalinos..... | 9 |
| Policristalinos..... | 10 |
| Eficiencia y capacidad de generación | 11 |
| Eficiencia | 11 |
| Potencia máxima (P_{max}) | 12 |
| Voltaje de operación (V_{mp})..... | 13 |
| Corriente de operación (I_{mp})..... | 13 |
| Voltaje de circuito abierto (V_{oc}) | 14 |
| Corriente de cortocircuito (I_{sc})..... | 15 |
| Tipos de conexión entre paneles | 15 |
| Conexión en serie..... | 15 |
| Conexión en paralelo | 16 |
| Conexión mixta..... | 17 |
| Ciclo de vida y durabilidad | 18 |
| INVERSORES | 19 |

| | |
|--|-----------|
| Función del inversor | 20 |
| Tipos de inversores | 20 |
| Tipo de onda de salida. | 20 |
| Conexión a la red..... | 21 |
| Inversores conectados a la red (ON-GRID) | 21 |
| Inversores aislados (OFF-GRID) | 22 |
| Inversores híbridos (ON-GRID)..... | 22 |
| Con tecnología MPPT | 23 |
| Parámetros técnicos relevantes | 23 |
| Tensión de entrada y salida..... | 23 |
| Corriente de entrada y salida..... | 24 |
| Eficiencia | 24 |
| Capacidad..... | 25 |
| MPPT | 25 |
| Mantenimiento y vida útil..... | 25 |
| BATERÍAS..... | 26 |
| Tipos de baterías | 26 |
| Baterías de gel..... | 26 |
| Baterías AGM | 27 |
| Baterías estacionarias..... | 27 |
| Baterías de litio | 28 |
| Parámetros técnicos | 29 |
| Autonomía..... | 29 |

| | |
|---|-----------|
| Ciclo de vida | 29 |
| Profundidad de descarga | 29 |
| SISTEMA DE MONITOREO | 30 |
| Dispositivos y software | 30 |
| Funciones y optimización del sistema | 30 |
| CABLEADO | 31 |
| Tipos de cableado | 31 |
| Cableado en corriente continua (DC) | 31 |
| Cableado en corriente alterna (AC) | 32 |
| Aislamiento y protección contra clima | 32 |
| Tipos de aislamiento (PVC, XLPE, EPR) | 32 |
| Mantenimiento de conexiones | 33 |
| DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN | 33 |
| Protección contra sobretensiones y cortocircuitos | 33 |
| DPS (Dispositivo de protección contra sobretensiones) | 33 |
| Fusibles | 34 |
| Interruptores automáticos..... | 34 |
| Sistemas de desconexión y aislamiento | 34 |
| Interruptor de desconexión DC | 35 |
| Interruptor de desconexión AC | 35 |
| Relés de protección | 36 |
| Mantenimiento y revisión | 36 |

| | |
|-------------------|----|
| CONCLUSIONES..... | 39 |
|-------------------|----|

| | |
|----------------------------------|----|
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 40 |
|----------------------------------|----|

Lista de Figuras

| | |
|----------------------|----|
| Ilustración 1 | 10 |
| Ilustración 2 | 10 |
| Ilustración 3 | 11 |
| Ilustración 4 | 12 |
| Ilustración 5 | 13 |
| Ilustración 6 | 14 |
| Ilustración 7 | 14 |
| Ilustración 8 | 15 |
| Ilustración 9 | 16 |
| Ilustración 10 | 16 |
| Ilustración 11 | 17 |
| Ilustración 12 | 19 |
| Ilustración 13 | 20 |
| Ilustración 14 | 21 |
| Ilustración 15 | 21 |
| Ilustración 16 | 22 |
| Ilustración 17 | 23 |
| Ilustración 18 | 24 |
| Ilustración 19 | 27 |
| Ilustración 20 | 27 |
| Ilustración 21 | 28 |

| | |
|----------------------|----|
| Ilustración 22 | 28 |
| Ilustración 23 | 29 |
| Ilustración 24 | 31 |
| Ilustración 25 | 34 |
| Ilustración 26 | 35 |
| Ilustración 27 | 35 |
| Ilustración 28 | 37 |
| Ilustración 29 | 37 |
| Ilustración 30 | 38 |

Introducción

La energía solar fotovoltaica se ha consolidado como una de las alternativas más eficientes y sostenibles para la generación eléctrica en diversos entornos, desde instalaciones residenciales hasta aplicaciones industriales. Para comprender su funcionamiento y diseñar sistemas óptimos, es indispensable conocer en profundidad los elementos que lo componen, sus características técnicas, sus parámetros eléctricos y las interacciones entre ellos. Este anexo técnico tiene como objetivo presentar de manera estructurada y detallada los componentes esenciales de un sistema fotovoltaico, abordando desde los paneles solares y sus tipos, hasta los inversores, baterías, cableado, dispositivos de protección y sistemas de monitoreo.

Cada sección del documento expone no solo la función de los equipos, sino también los criterios de selección, los parámetros eléctricos relevantes como potencia máxima, voltaje de operación, corriente de cortocircuito, entre otros y las implicaciones que estos tienen en el diseño y operación del sistema. Asimismo, se incluyen aspectos clave como la eficiencia energética, la vida útil de los componentes, los tipos de conexiones posibles entre paneles, y las estrategias de mantenimiento preventivo que permiten prolongar la durabilidad del sistema.

El enfoque técnico del anexo se complementa con ejemplos prácticos, esquemas ilustrativos y referencias comerciales que permiten vincular la teoría con aplicaciones reales. Esta información resulta fundamental para ingenieros, técnicos y diseñadores que buscan implementar soluciones fotovoltaicas seguras, eficientes y adaptadas a las necesidades energéticas específicas de cada proyecto.

Paneles fotovoltaicos

Los paneles solares son el componente principal en la conversión de energía solar en electricidad. Esta sección describe su funcionamiento, los tipos más comunes en el mercado, sus parámetros eléctricos clave y las configuraciones de conexión que permiten adaptar el sistema a distintas necesidades energéticas.

Principio de funcionamiento

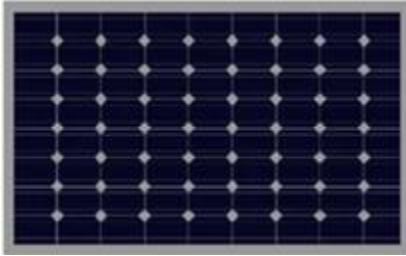
Continuando después del apartado de pobreza energética y el potencial solar que pueden tener los municipios del departamento de Santander es hora de entrar al apartado técnico iniciando con conocer los elementos que componen los sistemas fotovoltaicos además detalles que nos proporciona cada equipo.

Tipos de paneles

Los paneles fotovoltaicos con el paso del tiempo fueron evolucionando al probar nuevas tecnologías, entre los diferentes tipos de paneles fotovoltaicos que se pueden encontrar se tomara más profundidad en los paneles fotovoltaicos más usados.

Monocrystalinos

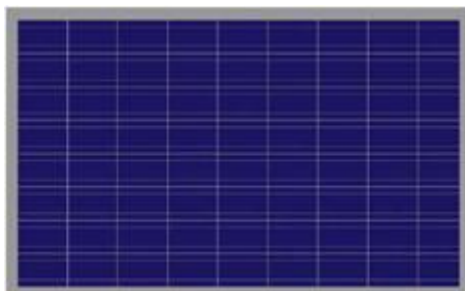
Los paneles monocrystalinos como su nombre lo indica están hechos de un bloque de silicio cilíndrico, se identifican por su color azul oscuro o negro y por la forma de sus celdas ya que sus 4 esquinas tienen un chaflán, son excelentes para condiciones de poco espacio de instalación y son los mejores respecto al rendimiento con lo cual este tipo de paneles suelen ser más costosos.

Ilustración 1*Panel fotovoltaico monocristalino*

Tomado de SUNFIELDS, 2024 [5].

Policristalinos

Los paneles Policristalinos son fabricados fundiendo el silicio en bruto sobre moldes cuadrados y dejando en cada celda múltiples cristales, visualmente se identifican por sus celdas cuadradas y su color azul moteado, son más económicos y ligeramente menos eficientes que los paneles monocristalinos.

Ilustración 2*Panel fotovoltaico policristalino*

Tomado de SMART SPAIN, 2022 [5].

Eficiencia y capacidad de generación

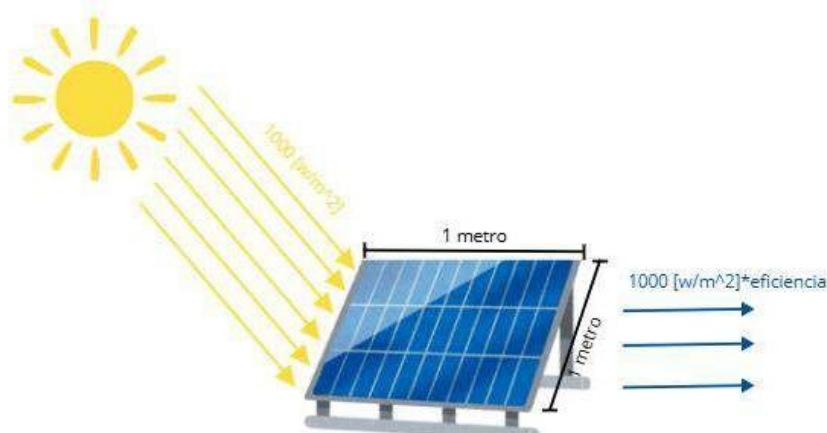
La eficiencia y la capacidad de generación son parámetros clave para evaluar el rendimiento de los paneles fotovoltaicos. La eficiencia determina qué porcentaje de la radiación solar incidente se convierte en energía eléctrica útil, mientras que la capacidad de generación se relaciona con la potencia máxima que puede entregar el panel bajo condiciones estándar. Comprender estos conceptos permite dimensionar correctamente el sistema y estimar su producción energética real.

Eficiencia

La eficiencia de los paneles fotovoltaicos es la relación que existen entre la energía solar que llega al panel solar y la energía eléctrica que se genera, la eficiencia se entrega en un porcentaje (%).

Ilustración 3

Cálculo de eficiencia con irradiancia estándar (1000 W/m^2)



Nota. Creación propia.

Ejemplificando este concepto se podría suponer un panel fotovoltaico que en su ficha técnica indica una eficiencia de 19.8 % se realizan los siguientes cálculos:

$$Eficiencia = \frac{eficiencia (\%)}{100} = \frac{19.8\%}{100} = 0.198$$

Ahora se calculará la irradiación que el panel pobra convertir en potencia

$$Irradiacion_{efectiva} = 1000 \left[\frac{W}{m^2} \right] * Eficiencia$$

$$Irradiacion_{efectiva} = 1000 \left[\frac{W}{m^2} \right] * 0.198 = 198 \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

Se puede asegurar que por cada $1000 \left[\frac{W}{m^2} \right]$ que llegan al panel fotovoltaico solo $198 \left[\frac{W}{m^2} \right]$ será la cantidad de radiación que el panel fotovoltaico convertirá en potencia

Potencia máxima (Pmax)

Es la máxima potencia eléctrica que puede generar el panel fotovoltaico con las condiciones perfectas de temperatura, humedad e irradiación.

Este parámetro es utilizado para calcular la capacidad instalada (CI) de generación con el cual se cuenta y la estimación de producción de energía eléctrica, la capacidad instalada se calcula con la siguiente formula:

$$CI = P_{max} * numero \ de \ paneles$$

Teniendo en cuenta la ficha técnica de la imagen del producto de Autosolar podemos calcular la capacidad instalada suponiendo que se cuenta con 12 paneles solares.

Ilustración 4

Capacidad instalada con 12 paneles solares de 240 W



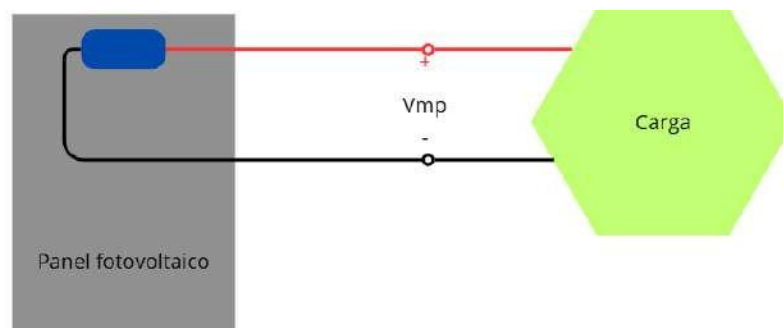
Nota. Creación propia.

Voltaje de operación (V_{mp})

Es el voltaje que alcanza el panel fotovoltaico cuando entrega su máxima potencia, este parámetro es vital para poder determinar el tipo de conexión que va tener el conjunto de paneles fotovoltaicos y la selección de los demás equipos como protecciones o del inversor.

Ilustración 5

Voltaje de operación (V_{mp})



Nota. Creación propia.

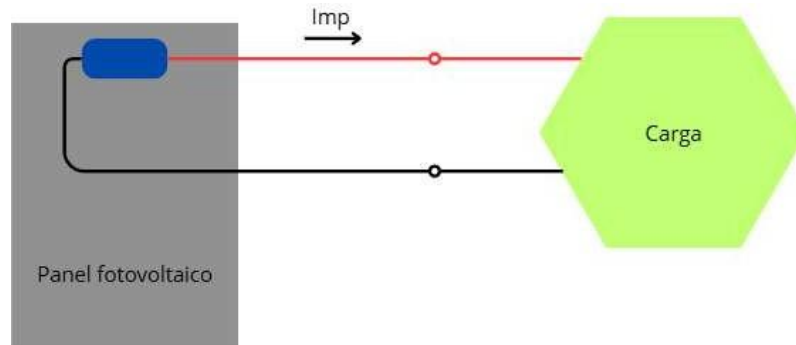
Corriente de operación (I_{mp})

Es la corriente que alcanza el panel fotovoltaico cuando operando a su máxima potencia,

este parámetro es importante para estimar capacidad de los cables y componentes eléctricos del sistema para el paso de corriente.

Ilustración 6

Corriente de operación (I_{mp})



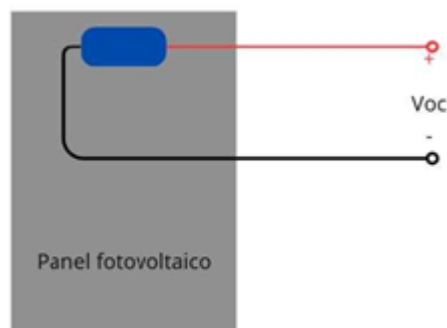
Nota. Creación propia.

Voltaje de circuito abierto (V_{oc})

Es el voltaje que se genera en los terminales del panel fotovoltaico cuando no está conectado a la carga, este parámetro es importante para la selección de un inversor que sea compatible con el parámetro de voltaje máximo que soporta el inversor.

Ilustración 7

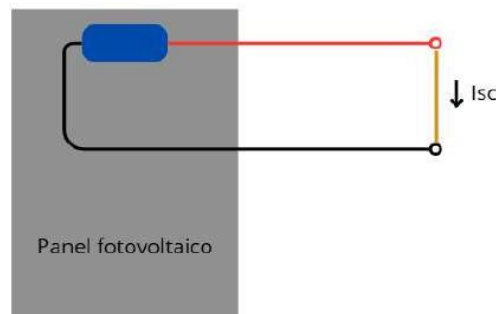
Voltaje de circuito abierto (V_{oc})



Nota. Creación propia.

Corriente de cortocircuito (I_{sc})

Es la máxima corriente que va circular por las terminales positivo (rojo) y negativo (negro), al unir los terminales positivo y negativo se crea un corto circuito, con este parámetro se puede calcular y seleccionar los equipos de fusibles y disyuntores los cuales puedas proteger los equipos de forma efectiva y oportuna.

Ilustración 8***Corriente de cortocircuito (I_{sc})***

Nota. Creación propia.

Tipos de conexión entre paneles

Cuando se utilizan múltiples paneles solares en un sistema, es necesario definir cómo se conectarán entre sí para alcanzar los niveles de voltaje y corriente requeridos. Esta sección describe las configuraciones más comunes son serie, paralelo y mixta, explicando sus efectos eléctricos, ventajas operativas y criterios de aplicación según el diseño del sistema.

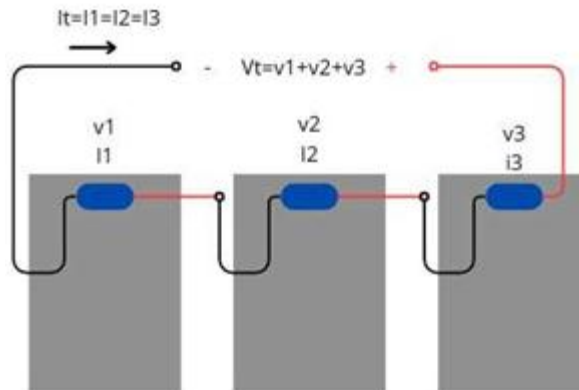
Conexión en serie

Se realiza acoplando el terminal positivo de un panel fotovoltaico con el terminal negativo del siguiente panel formando una cadena, en este tipo de conexión el voltaje de cada

uno se los paneles se van sumando, pero la corriente se mantiene constante (AutoSolar, s.f.) [5].

Ilustración 9

Conexión en serie



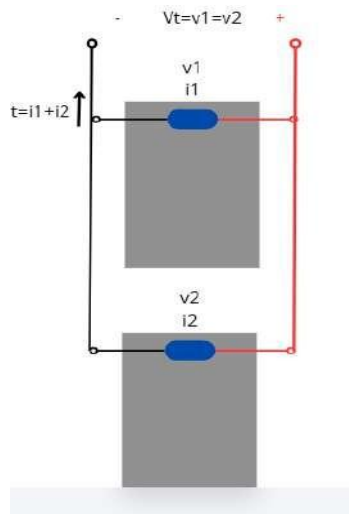
Nota. Creación propia.

Conexión en paralelo

Se realiza conectando entre sí los terminales positivos de los paneles fotovoltaicos y también los terminales negativos dejando como consecuente que la corriente total del circuito es la suma de corriente de cada panel y dejando constante el valor del voltaje [5].

Ilustración 10

Conexión en paralelo



Nota. Creación propia.

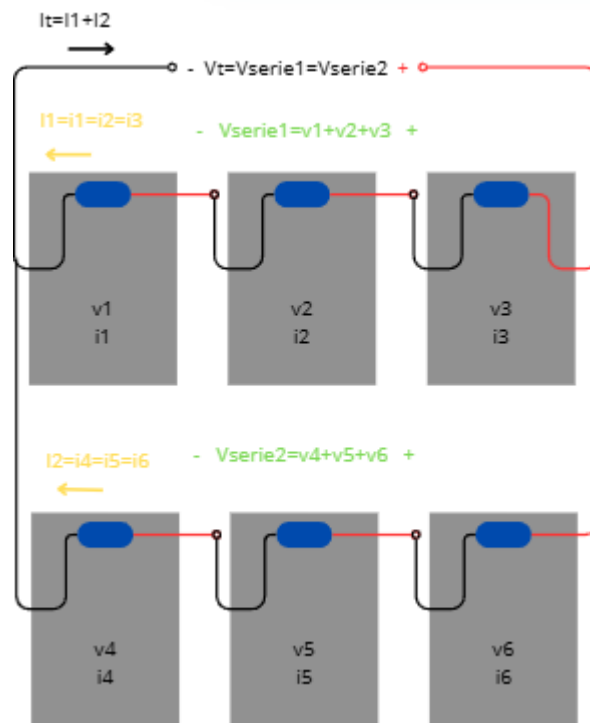
La conexión paralela tiene como beneficio la baja afectación que puede tener las sombras o la suciedad en la generación comparándola con la conexión serie las desventajas del uso de esta conexión es que requiere más elementos como cableado y gabinetes para realizar las conexiones de los terminales (AutoSolar, s.f.) [5].

Conexión mixta

Este tipo de conexión se realizan usando tanto conexión serie como conexión paralela para tener los beneficios que otorga cada conexión y que el conjunto de paneles fotovoltaicos tenga compatibilidad con los demás equipos del sistema (AutoSolar, s.f.) [3].

Ilustración 11

Conexión mixta



Nota. Creación propia.

Ciclo de vida y durabilidad

La durabilidad es la capacidad del panel para soportar condiciones ambientales adversas como granizo, nieve, velocidad alta del viento, alta temperatura y lluvia sin comprometer su funcionalidad este factor depende los materiales con los que es construido, la calidad de fabricación, ubicación de instalación y sus mantenimientos preventivos.

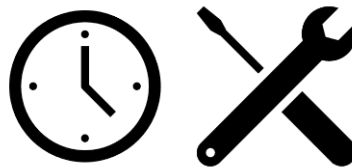
La vida útil de un panel fotovoltaico se refiere al tiempo que el equipo puede mantener su funcionamiento y eficiencia, este factor puede variar depende de cada fabricante o

referencia, pero de forma genérica se puede generalizar entre 15 años a 25 años, en la ficha técnica del equipo indican los años de garantía (vida útil).

Para que los equipos puedan cumplir con su vida útil o aumenten ligeramente se recomienda realizar mantenimientos oportunos, limpieza, protección contra condiciones extremas y compatibilidad del inversor (EDP, 2024) [8].

Ilustración 12

Factores ambientales que afectan la durabilidad del panel



Nota. Creación propia.

Inversores

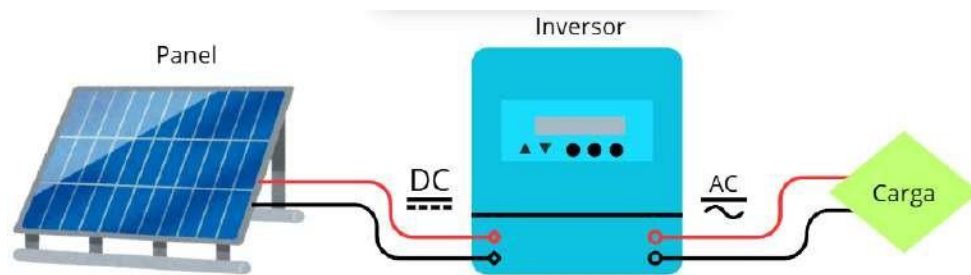
El inversor es el dispositivo encargado de transformar la corriente continua (DC) generada por los paneles en corriente alterna (AC) utilizable por los equipos eléctricos. Aquí se presentan sus tipos, características técnicas, criterios de selección y aspectos de mantenimiento que influyen en su desempeño y vida útil

Función del inversor

El inversor es un equipo electrónico capaz de convertir la corriente continua (DC) generada por los paneles fotovoltaicos en corriente alterna (AC) la cual es la que usan la mayoría de electrodomésticos o dispositivos.

Ilustración 13

Conversión de corriente continua a alterna mediante inversor



Nota. Creación propia.

Tipos de inversores

Existen distintos inversores según la forma de onda, número de fases y tipo de conexión, cada uno adaptado a diferentes aplicaciones y necesidades energéticas.

Tipo de onda de salida.

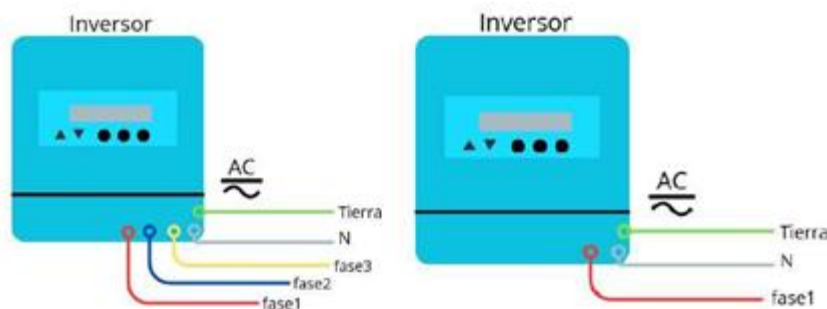
Los inversores de onda sinusoidal pura pueden generar una onda igual a la de la red eléctrica el cual es perfecta para los equipos como electrodomésticos. También se encuentran los inversores de onda sinusoidal modificada los cuales son más económicos que los anteriores, pero así mismo su onda no es tan precisa y solo se recomienda para equipos como luces o ventiladores [4].

Numero de fases. Se refiere al número de cables vivos o energizados los cuales comúnmente vienen como inversores monofásicos o trifásicos [4].

Los monofásicos se usan normalmente en instalaciones residenciales pequeñas tienen una sola fase, el neutro y la tierra. En los inversores trifásicos se usan en industrias o lugares de alto consumo energético, cuentan con fase1, fase 2, fase3, neutro y la tierra (AutoSolar, s.f.) [4].

Ilustración 14

Tipos de inversores según número de fases (monofásico y trifásico)



Nota. Creación propia.

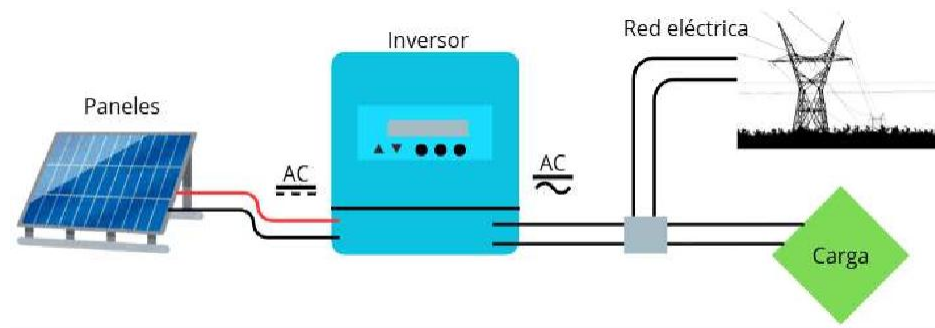
Conexión a la red.

Inversores conectados a la red (ON-GRID)

Este equipo es capaz de sincronizarse a la red eléctrica también puede alimentar sus cargas y vender los excedentes generados por los paneles fotovoltaicos a la empresa que brinda el servicio de energía eléctrica (AutoSolar, s.f.) [5].

Ilustración 15

Inversor conectado a la red eléctrica (sistema on-grid)



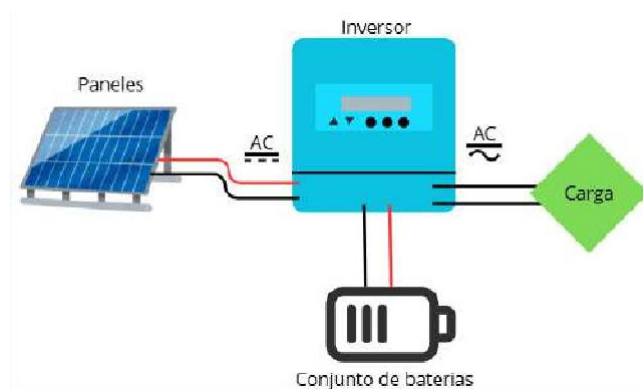
Nota. Creación propia.

Inversores aislados (OFF-GRID)

Este equipo no se conecta a una red eléctrica y solo se encarga de suplir la demanda energética del hogar, requiere baterías para poder almacenar sus excedentes y consumirlos cuando el panel deje de generar [5].

Ilustración 16

Inversor aislado con banco de baterías (sistema off-grid)



Nota. Creación propia.

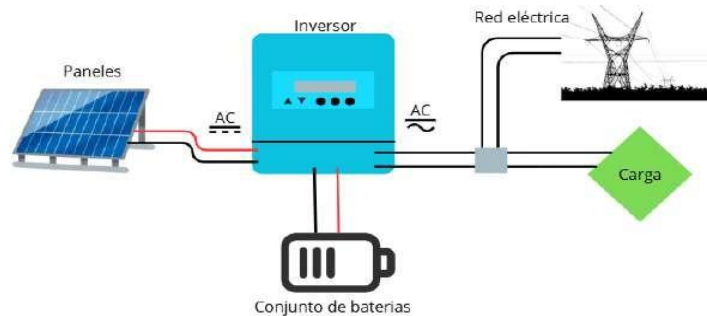
Inversores híbridos (ON-GRID)

Este equipo puede conectarse a la red eléctrica y tener el banco de baterías para

almacenamiento [5].

Ilustración 17

Inversor híbrido conectado a red y banco de baterías



Nota. Creación propia.

Con tecnología MPPT

Los MPPT o buscadores de máxima potencia son equipos que buscan por medio de la medición de voltaje y corriente de los paneles poder ajustar parámetro para poder sacar la máxima potencia que puedan generar los paneles fotovoltaicos así optimizando la generación del sistema. Se pueden encontrar inversores todo en uno los cuales cuentan con MPPT y inversores que no tienen MPPT (AutoSolar, s.f.) [4].

Parámetros técnicos relevantes

Los inversores cuentan con parámetros eléctricos que determinan su compatibilidad y eficiencia dentro del sistema. Esta sección resume los valores clave que deben considerarse para su correcta selección y operación.

Tensión de entrada y salida

El parámetro de tensión de entrada es el rango de voltaje D.C que el inversor puede aceptar de la fuente de generación como por ejemplo paneles fotovoltaicos.

El parámetro de tensión de salida es el voltaje estándar que entrega el inversor (A.C) que puede ser 110 [V] o 220 [V].

Si el voltaje total de los terminales de la fuente de generación no cumple con la especificación de tensión de entrada del inversor puede provocar daños importantes en los equipos del sistema fotovoltaico o lastimar a las personas (AutoSolar, s.f.) [4].

Corriente de entrada y salida

La corriente de entrada de un inversor es el rango que acepta el equipo de la fuente de generación.

La corriente de salida de un inversor es el valor de corriente que va salir del inversor y consumirlo los equipos o la red.

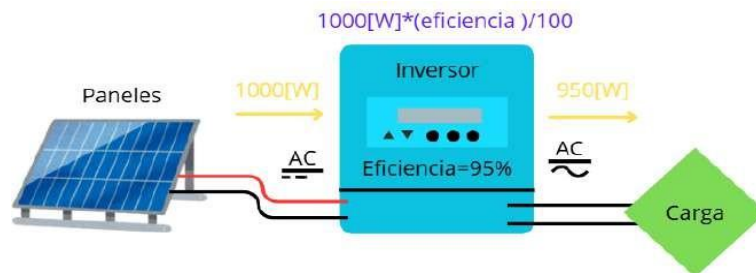
Es importante estos parámetros para poder seleccionar las protecciones referentes a la sobre corriente y la selección del cableado tanto en D.C y A.C (AutoSolar, s.f.) [4].

Eficiencia

La eficiencia en los inversores representa el porcentaje de la energía que se transforma de la entrada (D.C) o la entrada de las baterías (D.C) a la salida que alimenta la carga (A.C) normalmente los inversores cuentan con eficiencias mayores a 95%, si suponemos un inversor cuya eficiencia es el 95% significa que el equipo tenga una pérdida de 5% de la energía en forma de calor (AutoSolar, s.f.).[4].

Ilustración 18

Cálculo de eficiencia del inversor con pérdidas por calor



Nota. Creación Propia.

Capacidad

Es la cantidad máxima de potencia de potencia que puede manejar en la entrada donde se conecta la fuente de generación de energía y en los terminales de salida para las cargas que estarán conectadas al inversor. Si se violan los rangos de potencia que maneja el inversor puede provocar daños en el sistema por tanto la capacidad instalada tiene que ir de la mano con la selección del inversor (AutoSolar, s.f.) [4].

MPPT

Los parámetros para los seguidores de máxima potencia indica el número de MPPT con el que cuenta el inversor ese parámetro indica cuantos conjuntos de paneles se le podrá hacer seguimiento, el rango de voltaje es el valor mínimo y máximo donde el panel podrá realizar la tarea de buscar la máxima generación de potencia de los paneles, la corriente máxima es el rango de corriente que soporta el equipo para poder operar de forma óptima sin generar daños (AutoSolar, s.f.) [4].

Mantenimiento y vida útil

La vida útil generalmente de los inversores varía entre 10 años a 15 años dependiendo del fabricante, calidad y mantenimientos del equipo.

Los mantenimientos de los inversores inician con mantener una limpieza regular para evitar la acumulación de suciedad que puede desencadenar obstrucción de la ventilación y sobrecalentamiento.

La verificación de las conexiones de los equipos tanto en las entradas AC y DC, entradas de baterías con esto se evita puntos calientes o desconexión abrupta entre los equipos

Actualización de firmware para que los equipos puedan funcionar de forma correcta. Es importante designar revisiones periódicas para llevar un seguimiento de seguridad.

Baterías

Las baterías permiten almacenar la energía generada para su uso posterior, especialmente en sistemas aislados o híbridos. Esta sección aborda los tipos de baterías disponibles, sus propiedades técnicas, parámetros de autonomía y profundidad de descarga, así como su ciclo de vida.

Tipos de baterías

Se debe tener en cuenta el concepto de electrolito el cual es la sustancia que permite el flujo de iones (partículas cargadas) entre los componentes de la batería (OTOVO, s.f.) [11].

Baterías de gel

Su electrolito está en forma de gel, es una variante de las baterías de plomo-acido selladas esto hace que sean equipos de mantenimiento casi inexistentes comporta excelente a altas temperaturas y tienen una vida útil más larga que las de plomo acido tradicionales (OTOVO, s.f.) [11].

Ilustración 19*Batería de gel para sistemas fotovoltaicos*

Tomado de (AutoSolar, s.f.)

Baterías AGM

Es una batería sellada con la particularidad que su electrolito es absorbido por una fibra de vidrio, son equipos muy resistentes, excelentes para demandas picos de energía, pero tiene la desventaja que son más costosas y pueden ser afectadas por sobrecargas [11].

Ilustración 20*Batería AGM con electrolito absorbido en fibra de vidrio*

Tomado de (AutoSolar, s.f.)

Baterías estacionarias

Este tipo de batería es diseñado para aplicaciones de almacenamiento a largo plazo como sistemas solares o instalaciones nivel industrial, tiene la ventaja de su alta durabilidad y poder descargarse de forma más profunda y poco manteniendo, pero tienen la desventaja de su gran tamaño y su instalación es costosa [11].

Ilustración 21

Batería estacionaria para almacenamiento a largo plazo



Tomado de (AutoSolar, s.f.)

Baterías de litio

Este dispositivo de almacenamiento se basa en tecnología de iones de litio, son las más modernas y eficientes contando casi con un 95% de eficiente generalmente, una larga vida útil, ligeras y de poco mantenimiento, pero su desventaja es el costo inicial y que se debe contar con un sistema BMS el cual se encargara de gestionar y proteger la batería [11].

Ilustración 22

Batería de litio con sistema de gestión BMS



Tomado de (AutoSolar, s.f.)

Parámetros técnicos

Autonomía

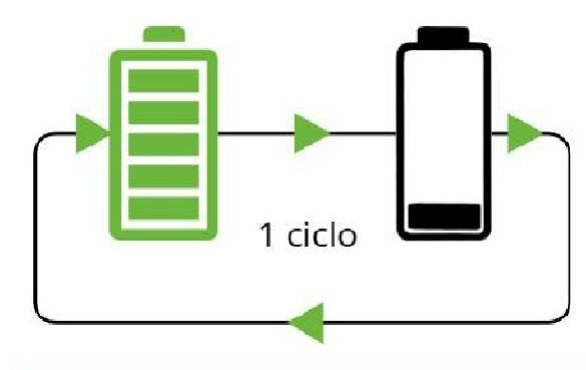
La autonomía es el tiempo en que la batería puede suministrar energía sin recargarse [11].

Ciclo de vida

Es el reflejo de la cantidad del ciclo de carga y descarga que una batería puede soportar antes de que su capacidad disminuya de una forma considerable, va depender del tipo de batería, calidad y mantenimiento. Pueden variar entre 500 a 600 ciclos dependiendo del tipo de tecnología (SUNFIELDS, s.f.) [13].

Ilustración 23

Representación de un ciclo de carga y descarga de batería



Nota. Creación propia.

Profundidad de descarga

Representa el porcentaje de la capacidad total de una batería que se ha utilizado durante un ciclo de descarga. En otras palabras, indica cuánto se ha agotado la batería respecto a su carga máxima. En las baterías de plomo-acido no se recomienda superar el 50% de profundidad de descargas para prolongar su vida útil. En las baterías de litio tienen una tolerancia mayor a la profundidad de descarga llevándolas al 80% o 90% sin comprometer su vida útil [13].

Sistema de monitoreo

El monitoreo es esencial para supervisar el rendimiento del sistema fotovoltaico y detectar posibles fallas. Se explican los dispositivos involucrados, el tipo de software utilizado y las funciones que permiten optimizar la eficiencia energética y garantizar la seguridad operativa.

Dispositivos y software

Los dispositivos como sensores son los encargados de capturar los datos de voltaje corriente temperatura y radiación emitida por el sol. Para el registro de energía generada se tienen los dispositivos llamados medidores de energía y por último los controladores los cuales son los encargados de la gestión de información al sistema central.

Se cuentan con dos tipos de software los cuales son del tipo local ideales para zonas que no cuentan cobertura de internet y la nube que permite el almacenamiento remoto y acceso en tiempo real desde cualquier lugar y dispositivo los cuales requieren que el lugar cuente con conexión a internet.

Funciones y optimización del sistema

Los sistemas de monitoreo pueden identificar anomalías presentadas por los elementos del sistema como los dispositivos de generación, inversor y baterías para poder enviar una alerta al usuario de una posible falla.

Además de la protección también se encarga de buscar la máxima eficiencia del sistema evitando así las pérdidas innecesarias de energía, en la optimización puede crear ajustes.

Cableado

El cableado conecta todos los componentes del sistema y debe cumplir con requisitos técnicos específicos según el tipo de corriente (DC o AC). Esta sección detalla los tipos de cable, materiales de aislamiento, criterios de protección frente al clima y prácticas de mantenimiento recomendadas.

Tipos de cableado

El cableado en sistemas fotovoltaicos varía según el tipo de corriente que transporta. Esta sección distingue entre cableado en corriente continua (DC) y corriente alterna (AC), resaltando sus propiedades y funciones específicas

Cableado en corriente continua (DC)

Este tipo de cableado se utiliza para conectar los equipos que estén entre la fuente de generación fotovoltaica y el inversor, también la conexión de los equipos que están en las baterías y el inversor. son normalmente resistentes al calor radiación UV y la humedad ya que suelen estar expuestos a la intemperie, cuentan con baja resistencia evitando pérdidas por calor y una polaridad positiva (+) color rojo y negativa (-) color negro (Electronic Components, s.f.) [9]

Ilustración 24

Cableado en corriente continua (DC)



Tomado de (Sungold, s.f.)

Cableado en corriente alterna (AC)

Este tipo de cableado interconecta los equipos desde el inversor a la carga o a la red, pueden soportar altas temperaturas son cables flexibles, no tienen polaridad, pero se compone normalmente por un conductor activo de línea (L) con conductor de retorno o neutro (N) y el conductor de protección y seguridad tierra (PE) [9]

Aislamiento y protección contra clima

La protección y aislamiento de los cables es vital para evitar descargas eléctricas a las personas, cortocircuito y el deterioro del propio cableado. Los materiales más comunes para el aislamiento del cableado son:

Tipos de aislamiento (PVC, XLPE, EPR)

- PVC: esta materia es la más económica de todas la cual es perfecta para las instalaciones interiores con baja y media tensión.
- XLPE: es polietileno reticulado perfecto para soportar altas temperaturas (250°C en corto) y buena resistencia mecánica. Usado en áreas industriales.
- EPR: es etileno-propileno de caucho un material tanto resistente como flexible perfecto para condiciones extremas puede operar entre los -40°C y 90°C continuamente, resistente a la humedad y agentes químicos, uso industrial en ambientes severos como plataforma marina [9].

Mantenimiento de conexiones

Se deben realizar inspecciones regulares llevando un registro donde se deben verificar si se evidencian signos de desgaste del cableado, puntos calientes o signos de corrosión.

Verificación en las conexiones, en los terminales atornillados se debe reapretar ya que se pueden aflojar por vibraciones o cambios de temperatura.

Dispositivos de protección

Para garantizar la seguridad del sistema y de los usuarios, se emplean dispositivos que protegen contra sobretensiones, cortocircuitos y sobrecorrientes. Aquí se describen los principales elementos de protección, sus funciones y su integración en el sistema fotovoltaico.

Protección contra sobretensiones y cortocircuitos

Los sistemas fotovoltaicos requieren dispositivos que protejan sus componentes frente a eventos eléctricos extremos. Esta sección presenta los elementos clave que mitigan riesgos por sobretensiones transitorias y corrientes excesivas.

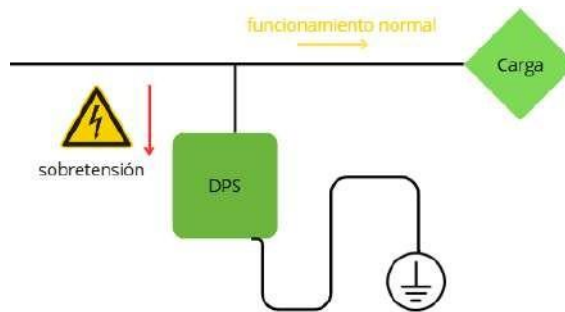
DPS (Dispositivo de protección contra sobretensiones)

Es un componente encargado de la protección de los sistemas eléctricos contra las sobretensiones transitorias (corta duración) causadas normalmente por descargas atmosféricas (Rayos) o anomalías de la red eléctrica por conexión o desconexión de grandes cargas. Los tipos de DPS pueden ser de tipo 1-impactos directos de rayos al sistema eléctrico, tipo 2-sobretensiones inducidas por rayos o tipo 3-protección a equipos sensibles a cambios de tensión significativa. Normalmente en sistemas de generación solar se usa DPS de tipo 2. Su funcionamiento inicia cuando se genera una sobretensión por un rayo anomalía en la red eléctrica, el DPS al detectar

dicha anomalía redirige esta anomalía eléctrica directo a tierra con lo cual asegura no dañar los equipos aguas abajo (Aplicaciones Tecnológicas, 2024) [1]

Ilustración 25

Funcionamiento de un DPS ante una sobretensión transitoria



Nota. Creación propia.

Fusibles

Estos elementos se encargan de la protección contra corrientes excesivas que puedan dañar componentes aguas abajo, al momento de encontrar una anomalía el fusible se funde para interrumpir el flujo de energía.

Interruptores automáticos

Este elemento al activarse abre el circuito al momento de someterse a una sobre corriente o un cortocircuito, la diferencia de un fusible es que el interruptor no se tiene que ser remplazado.

Sistemas de desconexión y aislamiento

Estos dispositivos permiten cortar el flujo eléctrico de forma segura durante mantenimientos o emergencias. Su correcta selección y ubicación es clave para proteger los equipos y garantizar la seguridad del sistema.

Interruptor de desconexión DC

Este dispositivo se utiliza en el lado de alimentación de corriente directa (DC) de los sistemas, su función principal es cortar el flujo de fluido eléctrico para realizar un mantenimiento en algún equipo o en caso de emergencias, su diseño está destinado a manejar altos voltajes y corrientes con el fin de evitar daños en los componentes del sistema.

Ilustración 26***Interruptor de desconexión DC***

Tomado de (Interruptor de desconexión, s.f.)

Interruptor de desconexión AC

Este dispositivo se utiliza en el lado de alimentación de corriente alterna (AC) de los sistemas, su función principal es cortar el flujo de fluido eléctrico para realizar un mantenimiento en algún equipo o en caso de emergencias, su diseño está destinado a manejar altos voltajes y corrientes con el fin de evitar daños en los componentes del sistema.

Ilustración 27***Interruptor de desconexión AC***



Tomado de (Interruptor de aislamiento, s.f.)

Relés de protección

Este dispositivo se encarga de supervisar los valores de voltaje corriente y frecuencia del sistema, al detectar alguna anomalía en el sistema como pueden ser los cortocircuitos o sobrecargas, el dispositivo se activa para una desconexión automática sin comprometer los componentes.

Mantenimiento y revisión

- **Revisión visual.** Se debe realizar inspecciones en las conexiones de los equipos, sellos y verificación de condiciones de los aislantes de los equipos en busca de señales de desgaste, grietas, corrosión o acumulación de suciedad
- **Pruebas funcionales.** Realizar pruebas con equipos como multímetro para comprobar la continuidad de los elementos, medir el voltaje en los puntos del sistema y verificación de posibles puntos calientes con cámaras termográficas y realizar mediciones de la resistencia de aislamiento con un megohmetro.

Ilustración 28

Pruebas de aislamiento y puntos calientes con instrumentos de medición



Tomado de (Damassets fluke, s.f.)

- **Plan de mantenimiento.** Se deben estipular una frecuencia en la cual se van a realizar los mantenimientos, estas ventanas de tiempo se pueden definir cada 6 meses de forma genérica, pero se deben tener en cuenta factores como el lugar de instalación, condiciones climatológicas, etc. Es importante mantener limpieza en los componentes para poder alargar su vida útil, estas limpiezas pueden ser más seguidos de 2 a 3 meses de forma genérica, pero dependerá del entorno.

Ilustración 29

Ciclos de plan de mantenimiento

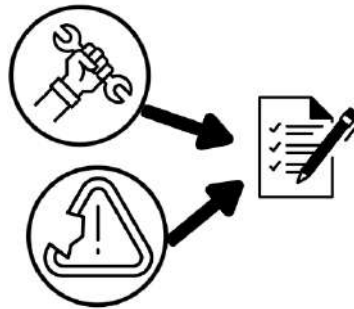


Nota. Creación propia.

Es esencial que el usuario lleve un debido registro y documentación de cada uno de los mantenimientos y reparaciones realizadas para prevenir futuras fallas y tener un histórico del sistema.

Ilustración 30

Registro y documentación del mantenimiento del sistema fotovoltaico



Nota. Creación propia.

Conclusiones

El estudio detallado de los componentes que conforman un sistema fotovoltaico permite establecer una base sólida para su diseño, instalación y mantenimiento. La correcta selección de paneles solares, inversores, baterías y dispositivos de protección no solo garantiza la eficiencia energética del sistema, sino también su seguridad y durabilidad en el tiempo. La comprensión de parámetros eléctricos como la potencia máxima, el voltaje de operación y la corriente de cortocircuito es esencial para dimensionar adecuadamente los equipos y evitar fallos operativos.

Además, la implementación de sistemas de monitoreo y mantenimiento periódico contribuye significativamente a la optimización del rendimiento y a la detección temprana de anomalías.

La vida útil de los componentes, especialmente paneles e inversores, puede extenderse mediante prácticas adecuadas de limpieza, revisión de conexiones y actualización de firmware.

Por otro lado, el tipo de baterías seleccionadas influye directamente en la autonomía del sistema y en su capacidad de almacenamiento, siendo necesario considerar aspectos como el ciclo de vida, la profundidad de descarga y el sistema de gestión (BMS).

En conclusión, el conocimiento técnico de cada elemento del sistema fotovoltaico es indispensable para lograr instalaciones eficientes, seguras y sostenibles. Este anexo proporciona una visión integral que facilita la toma de decisiones informadas y el desarrollo de proyectos de energía solar con alto nivel de confiabilidad y desempeño.

Referencias Bibliográficas

- [1] Aplicaciones Tecnológicas. (2024). *Como funciona un protector contra sobretensiones transitorias*. Obtenido de <https://at3w.com/blog/como-functiona-un-protector-contrasobretensiones-transitorias/>
- [2] AutoSolar. (s.f.). *Batera Gel 12V 300ah*. Obtenido de <https://autosolar.co/baterias-gel-12v/bateria-gel-12v-300ah-tensite>
- [3] AutoSolar. (s.f.). *Conexion en serie y en paralelo de paneles solares*. Obtenido de [https://autosolar.pe/aspectos-tecnicos/conexion-en-serie-y-en-paralelo-de-paneles-solares#:~:text=¿En%20qué%20consiste%20la%20conexión,suma%20la%20intensidad%20\(A\).](https://autosolar.pe/aspectos-tecnicos/conexion-en-serie-y-en-paralelo-de-paneles-solares#:~:text=¿En%20qué%20consiste%20la%20conexión,suma%20la%20intensidad%20(A).)
- [4] AutoSolar. (s.f.). *Diferencias entre inversores de onda senoidal pura y modificada*. Obtenido de <https://autosolar.co/aspectos-tecnicos/diferencias-entre-inversores-de-onda->

senoidal- pura-y-modificada?srsId=AfmBOoqAWxkq1sdzWe-Mt0efJEGETGDtFExjHdOJ7uFdQIAzbwT5Oe96

- [5] AutoSolar. (s.f.). *Inversores Solares*. Obtenido de <https://autosolar.co/inversores-solares>
- Connecting Buyers. (s.f.). *Interruptor de aislamiento*. Obtenido de https://es.made-in-china.com/co_shonccy/product_63A-3p-IP66-AC-Isolator-Switches-Disconnect-for-Solar-Power-System-with-Rotating-Belt-Lock_ysnriheey.html
- [6] Damassets fluke. (s.f.). Obtenido de <https://dam-assets.fluke.com/s3fs-public/279fc-1.jpg>
- EDP. (2024). *¿Que vida util tienen las placas solares?* Obtenido de <https://www.edpenergia.es/es/blog/energia-fotovoltaica/vida-util-placas-solares/>
- [7] Electronic Components. (s.f.). *Tipos de aislamientos de cables*. Obtenido de <https://www.tme.eu/es/news/library-articles/page/60828/tipos-de-aislamiento-de-cables-electricos/>
- [8] *Interruptor de desconexión*. (s.f.). Obtenido de https://qiniu.digood-assets-fallback.work/752/image_1657672982_Application-Of-DC-Disconnect-Switch.jpg?imageView2/1/format/webp
- [9] OTOVO. (s.f.). *Placas solares*. Obtenido de <https://www.otovo.es/blog/placas-solares/baterias-para-placas-solares/>
- [10] SMART SPAIN. (2022). *Panel solar monocristalino o policristalino*. Obtenido de <https://smartspain.es/panel-solar-monocristalino-policristalino/>
- [11] SUNFIELDS. (s.f.). *¿Cuáles son las Especificaciones Técnicas Fundamentales de una Batería para Instalaciones Fotovoltaicas?* Obtenido de <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/equipos-fotovoltaicos-baterias-solares-parte->

iii/?srsltid=AfmBOopyyfVsbUfxbZKPZgG2jvnzmmHCFEf0XH5w5ZWw6ETCXS7xms

Ag

- [12] SUNFIELDS. (2024). *Monocristalino o Policristalino: Diferencias, pros y contras*. Obtenido de <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/monocristalino-vs-policristalino-diferencias-pros-y-contras/>
- [13] Sungold. (s.f.). Obtenido de <https://www.sungoldsolar.com/>
- [14] Tenste. (s.f.). *EM710-PH*. Obtenido de https://cdn.autosolar.co/pdf/ficha_tecnica_EM710-PH.pdf