

Sistemas solares

La luz solar y el efecto fotovoltaico

El efecto fotovoltaico es el proceso de utilizar la luz solar para producir electricidad de CC de forma silenciosa, limpia y autónoma. El equipo necesario para producir esta electricidad se denomina comúnmente "panel solar", es modular y requiere un mantenimiento mínimo. Combinados con su larga duración, los sistemas solares están ganando popularidad en áreas remotas o cuando se espera que dure una instalación.

Los paneles solares son dispositivos capaces de transformar la radiación de luz en electricidad a través de un proceso de atrapar los fotones y usarlos para estimular semiconductores de tipo P y tipo N para mover electrones libres. Los paneles fotovoltaicos modernos generalmente pueden convertir alrededor del 15-20% de la energía directamente en electricidad. Hay paneles que son más eficientes, pero son muy costosos, fáciles de dañar y, por lo general, no son accesibles en lugares donde las organizaciones humanitarias podrían trabajar.

La luz entra en el dispositivo a través de un revestimiento antirreflectante que minimiza la pérdida de luz por reflejo. Posteriormente, el dispositivo atrapa de manera efectiva la luz que incide en la celda solar al promover su transmisión a las tres capas de conversión de energía que se encuentran debajo.

- Capa de silicio tipo N; Aporta electrones extra (negativos).
- Capa de unión P-N. La capa de absorción, que constituye el núcleo del dispositivo orientando los electrones en una dirección.
- Capa de silicio tipo P; Crea vacante de electrones (positivo).

Se necesitan dos capas de contacto eléctrico adicionales para llevar la corriente eléctrica a una carga externa y de regreso a la celda, completando así un circuito eléctrico.

La mayoría de las células solares tienen un área de unos pocos centímetros cuadrados y están protegidas del medio ambiente por una fina capa de vidrio o plástico transparente. Debido a que una celda solar típica de 10 cm × 10 cm (4 pulgadas × 4 pulgadas) genera solo alrededor de dos vatios de energía eléctrica, las celdas generalmente se combinan en serie para aumentar la tensión o en paralelo para aumentar la intensidad. Un módulo solar o fotovoltaico (PV) generalmente consta de 36 o más células interconectadas laminadas a vidrio dentro de un marco de aluminio.

Uno o más de estos módulos fotovoltaicos se pueden cablear y enmarcar juntos para formar un panel solar, y se pueden combinar múltiples paneles para formar una matriz solar, que juntos suministran energía como una sola unidad.

Un sistema fotovoltaico completo tendría...

- Medidor de electricidad
- Aislador de CA
- Caja de fusibles
- Inversor
- Batería
- Controlador de carga
- Cableado
- Montaje
- Sistema de rastreo

4. Panel solar

solar

1. Célula

2. Modulo solar

3. Panel solar

Degradación de la célula solar

Todas las células solares y, por extensión, los paneles solares, se degradan con el tiempo. Si bien los sistemas solares extraen energía del sol, el sol también descompone lentamente los componentes de las células solares. La mayoría de los paneles solares disponibles comercialmente se degradan a una tasa media del 2% por año de uso. La duración del uso de una instalación debe tenerse en cuenta para fines de planificación y presupuestación. Por ejemplo, un panel solar instalado bajo la luz solar directa que se degrada al 2% anual significa que después de 10 años, los paneles solo serán aproximadamente un 80% más eficientes que en el momento de la instalación. Menos eficiencia significa menos potencia de salida de la matriz, lo que significa períodos de tiempo más largos para cargar las baterías y tiempos de carga menos óptimos a lo largo del día. Las organizaciones humanitarias que planean usar paneles solares durante más de 10 años en una sola ubicación pueden considerar presupuestar el reemplazo de paneles después de 12 a 15 años si la producción general ya no satisface las necesidades de la ubicación.

Arquitectura del sistema

Un sistema fotovoltaico completo puede constar de un módulo solar o de varios, según la potencia necesaria. Si bien las baterías se pueden utilizar como respaldo de cualquier fuente de alimentación principal, los sistemas solares necesitan un sistema de baterías para almacenar la energía producida. Por lo tanto, un sistema solar siempre incluye algún tipo de sistema de batería, ya sea pequeño o grande. Estas baterías están diseñadas específicamente para entregar una corriente limitada durante un largo período de tiempo.

Un sistema de energía puede acomodar diferentes cargas eléctricas regulando el voltaje o la corriente proveniente de los paneles solares que van a la batería para evitar la sobrecarga. La mayoría de los paneles de "12 voltios" pueden producir entre 16 y 20 voltios en condiciones óptimas, por lo que si no existe una regulación, las baterías pueden dañarse por sobrecarga. La mayoría de las baterías necesitan entre 14 y 14,5 voltios para cargarse por completo. Como cualquier otro sistema eléctrico, se requiere una evaluación y cableado adecuados.

Un sistema solar suele estar compuesto por:

- Módulo fotovoltaico, panel solar o matriz, incluidos sus múltiples tipos de soportes.
- Un sistema de batería.
- Un regulador solar.

- Cableado y protecciones.

Los sistemas solares pueden adaptarse a casi cualquier necesidad específica porque son de naturaleza modular. Esto hace posible conectar módulos fotovoltaicos directamente a muchos dispositivos, como bombas sumergibles o unidades de congelación independientes, o como conjuntos completos de energía solar capaces de producir energía para oficinas o complejos completos.

Módulos solares

Los módulos solares se clasifican en vatios-pico, representados como potencia pico nominal (Pmax), derivado de multiplicar el voltaje de potencia pico (Vmp) por su corriente de potencia pico (Imp):

$$P_{\max} = V_{\text{mp}} \times I_{\text{mp}}$$

Un panel solar de 100 Wp produce 100 W en condiciones de prueba estándar (STC). Las condiciones de prueba estándar existen solo en laboratorios, aplicando una irradiancia solar a paneles de 1.000W / m² con una temperatura de celda de 25°C. En una instalación real, la producción real de electricidad suele ser mucho menor que la potencia pico, sin embargo, las medidas siguen siendo útiles como referencia cualitativa para comparar tamaños y capacidades, ya que cada panel está clasificado en las mismas condiciones.

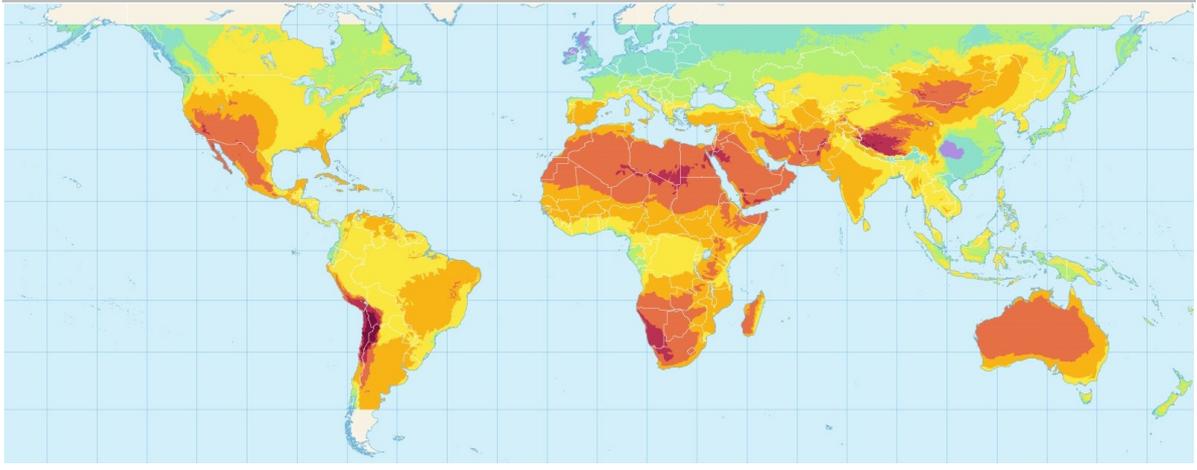
Ejemplo: Etiqueta que acompaña a un panel solar

La cantidad de energía eléctrica producida durante un solo [día] por un módulo solar depende principalmente de:

Irradiancia diaria: La cantidad de energía proporcionada por el sol en un día es el parámetro más importante. Las zonas cercanas al ecuador tienen la mejor irradiancia media; sin embargo, esta regla general puede variar mucho de un lugar a otro y de una estación a otra. El rendimiento medio de un sistema fotovoltaico expresado en kWh / m² / día se puede consultar en el cuadro siguiente.

Suma diaria media a largo plazo

Suma anual media a largo plazo



Sombra, neblina y tiempo nublado: cualquier obstáculo que bloquee la luz solar disminuirá la producción de energía del módulo. Además, si un panel solar está parcialmente en sombra, la producción de electricidad puede detenerse ya que las celdas en sombra consumirán la energía producida por el resto del panel. En algunos casos, un fenómeno llamado “calentamiento de puntos calientes” ocurre cuando las partes en sombra de un solo panel se calientan rápidamente a medida que consumen electricidad de una parte sin sombra y pueden destruir rápidamente el panel. Esto puede evitarse mediante el uso de diodos de derivación que se incluyen comúnmente en los módulos fotovoltaicos, pero se recomienda encarecidamente verificar esta característica.

Orientación del panel: un panel mal orientado, por ejemplo, orientado hacia el norte en el hemisferio norte, producirá mucha menos energía de la que está clasificada para el panel, o incluso ninguna energía en absoluto.

Temperatura: La temperatura por encima de 25 o C también puede disminuir la cantidad de energía producida por un panel solar.

Horas de luz solar: Los paneles solares producen más electricidad cuando los rayos verticales de la luz solar están más juntos, proporcionando más energía por cm cuadrado. Como resultado, los paneles solares producirán menos electricidad cuando el sol esté cerca del horizonte que cuando el sol esté directamente sobre nuestras cabezas. En términos prácticos, un panel solar cerca del ecuador que está afuera durante un día de 12 horas solo producirá el equivalente a 6 horas de electricidad pico, y esto solo en condiciones óptimas. Los cambios de estación o el mal tiempo reducirán aún más esta producción.

Como resultado de los factores antes mencionados, la producción real de electricidad de un sistema solar puede ser difícil de evaluar. Un método sencillo es dimensionar la instalación para que produzca el 30% de las necesidades energéticas diarias durante el peor mes.

Montaje de paneles y matrices

Los módulos WPV combinados para crear paneles solares y los paneles solares combinados montados juntos para crear paneles solares son posibles utilizando cajas de conexiones estándar, tipo MC3 / MC4, que son impermeables y fáciles de conectar. Al igual que las baterías, los conjuntos de paneles solo deben usar módulos solares con las mismas características, el mismo modelo y, en la medida de lo posible, el mismo historial.

Montajes

Los seguidores solares, dispositivos que orientan los paneles hacia el sol, son complejos, costosos y no se recomiendan fuera de usos industriales o latitudes altas donde el sol se mueve considerablemente. Algunos soportes están diseñados para permitir el ajuste estacional, lo que ofrece la posibilidad de cambiar manualmente entre dos posiciones durante el año, lo que debería ser más que suficiente para la mayoría de las instalaciones.

Básicamente, hay dos tipos de soportes solares disponibles: Soportes de suelo y techo. Los paneles solares montados en el suelo son más fáciles de instalar y mantener que los sistemas montados en el techo. Los sistemas montados en el techo son difíciles o imposibles de ajustar y pueden causar daños estructurales debido al peso y la presión del viento. Sin embargo, los soportes de suelo tienen sus propios problemas; ocupan espacio utilizable, son más propensos a la sombra y corren el riesgo de daños accidentales de automóviles y personas. Las decisiones de montaje deben tomarse según la ubicación y la infraestructura disponible.

Sistemas de batería

Las baterías solares son cruciales para ayudar a mantener en funcionamiento los sistemas solares. Sin almacenamiento de batería, la electricidad solo estará disponible mientras los paneles solares la estén produciendo. Dado que los paneles solo producen energía durante el día, mientras que el consumo puede ocurrir en cualquier momento, un banco de energía estable es esencial para almacenar esta energía. Consulte más información en el apartado sobre [baterías](#).

Regulador solar

Los controladores de carga, comúnmente conocidos como reguladores solares, son unidades electrónicas diseñadas para controlar el flujo de corriente, tanto la corriente que carga las baterías de los paneles como la corriente que viene de las baterías a las oficinas o recintos.

Los reguladores solares controlan la carga y descarga de las baterías desconectando los paneles cuando las baterías están completamente cargadas y cortando la energía a la carga cuando la batería está demasiado baja. Otra función importante de los reguladores solares es optimizar la producción de energía de los paneles convirtiendo la salida de voltaje más alta proveniente de los paneles al voltaje de entrada más bajo que necesitan las baterías. El regulador funciona como un centro de la instalación, y la obtención de la máxima potencia depende de su correcto funcionamiento.

Hay dos tipos de reguladores solares.

Seguimiento del punto de máxima potencia:

Seguimiento del punto de máxima potencia:

El seguimiento del punto de máxima potencia detecta la tensión y la intensidad de salida del panel solar en tiempo real y rastrea continuamente la potencia máxima ($P = U * I$), regulando la tensión de salida correspondientemente para que el sistema siempre pueda cargar la batería con la potencia máxima. Este tipo de seguimiento de energía permite una mejor producción de energía con nubosidad y temperaturas variables. Si bien es más caro desde el principio, el controlador de carga mediante seguimiento del punto de máxima potencia proporcionará más energía (y potencialmente reducirá el tamaño del módulo fotovoltaico) y ampliará la vida útil de las baterías conectadas a él. Ciertos controladores incluso permiten la conexión a dispositivos inteligentes para control y vigilancia remotos.

Método de carga de la batería	Seguimiento del punto de máxima potencia de varias etapas
Tasa de conversión solar a eléctrica	99%
Tasa de amperios	30A-100A
Escalabilidad/Rango	>2KW Gran sistema de energía
Precio promedio	120\$

Ventajas

- El algoritmo de seguimiento del punto de máxima potencia aumenta la tasa de conversión de energía hasta en un 99%.
- La carga en 4 etapas es mejor para las baterías.
- Escalable para grandes sistemas de energía fuera de la red.
- Disponible para sistemas solares de hasta 100 amperios.
- Disponible para entrada solar hasta 200V.
- Ofrece flexibilidad cuando sea necesario el crecimiento del sistema.
- Equipado con múltiples dispositivos de protección.

Desventajas

- Alto coste, generalmente el doble de la modulación de ancho de pulso.
- Tamaño más grande que un regulador de modulación de ancho de pulso.

Modulación de ancho de pulso:

Modulación de ancho de pulso:

Los controladores de carga de modulación de ancho de pulso pueden considerarse un interruptor eléctrico entre el panel solar y los paquetes de baterías, programados para permitir solo una corriente predeterminada en la batería. El controlador reduce lentamente la cantidad de energía que entra en la batería a medida que las baterías se acercan a su capacidad máxima. Los controladores de carga de modulación de ancho de pulso no ajustan el voltaje, lo que significa que las baterías y los paneles deben tener voltajes compatibles para funcionar correctamente. Esto hace que este tipo de controlador de carga sea adecuado para aplicaciones solares más pequeñas o para instalaciones que cuentan con paneles de voltaje más bajo y bancos de baterías de tamaño limitado. La modulación de ancho de pulso son una opción más asequible, pero darán como resultado una menor producción de energía a partir de la fotovoltaica.

Método de carga de la batería	3 etapas Modulación de ancho de pulso
Tasa de conversión solar a eléctrica	75%-80%
Tasa de amperios	20A-60A
Escalabilidad/Rango	<2KW Pequeño sistema solar
Precio promedio	65\$

Ventajas

- Los reguladores de modulación de ancho de pulso tienen una trayectoria más larga y probada.
- Los reguladores de modulación de ancho de pulso tienen una estructura más simple y son más rentables.
- Fácil implantación.

Desventajas

- Tasa de conversión baja.
- La tensión de entrada debe coincidir con el voltaje del banco de baterías.
- Menos escalabilidad para el crecimiento del sistema.
- Salida más baja.
- Menos protección.

Instalación del panel

Se debe identificar la ubicación de almacenamiento de las baterías conectadas a los paneles solares antes de establecer el tamaño y comprar un equipo. El espacio no solo debe ser lo suficientemente grande para montar los paneles requeridos, sino que la distancia y la longitud del cable desde la ubicación de almacenamiento de la batería afectarán los requisitos de energía calculados. Consulte el apartado sobre [instalación de baterías](#).

Una buena ubicación para instalar un panel solar tendrá las siguientes características:

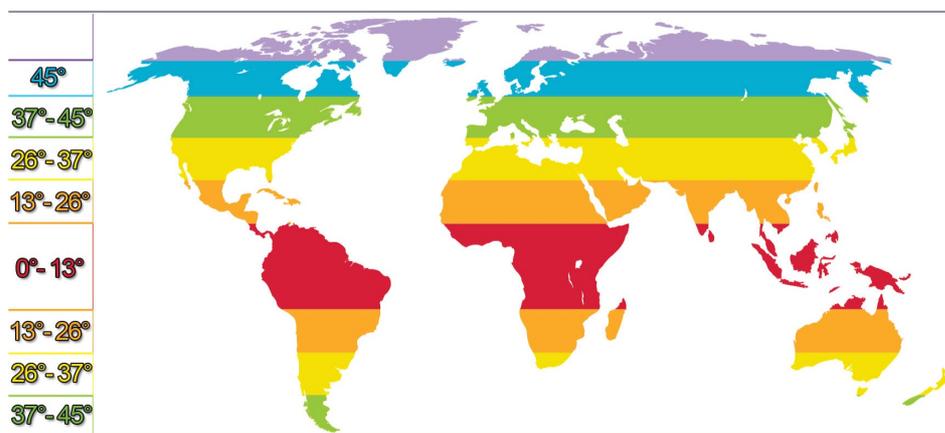
- Estar dentro de un recinto y no ser visible desde el exterior. Lo ideal es que los paneles solares montados en el suelo estén protegidos por una pared o cerca, por lo que es importante disponer de suficiente espacio en el suelo.
- Estar lo más cerca posible del sistema de baterías.
- Mantenerse alejado de la sombra, como árboles o edificios.

A veces es difícil evitar por completo las zonas en sombra. La prioridad debe ser evitar la sombra durante las horas de más sol del día (generalmente de 10 a 16 h). Recuerde que la posición y el tamaño de las sombras cambian con las estaciones.

Posición del panel solar

Para optimizar la producción de energía, los paneles solares deben orientarse cuidadosamente para aprovechar al máximo la exposición a la luz solar. Las consideraciones relativas a la posición del panel solar son:

- **Orientación** - la orientación es el ángulo del panel solar en relación con el eje norte-sur. Los paneles solares deben estar orientados al sur en el hemisferio norte y al norte en el hemisferio sur.
- **Inclinación** - la inclinación es el ángulo del panel solar en relación con el plano horizontal. La inclinación es más difícil de optimizar. La latitud se puede utilizar como una aproximación del ángulo de inclinación óptimo, como se indica en la guía a continuación para paneles con ángulos fijos. Sin embargo, incluso en el ecuador, los paneles deben tener un ángulo de inclinación mínimo de 5 a 10 ° para evitar la acumulación de agua y polvo en el panel.



Conexión

La salida de los paneles solares está conectada al regulador solar, mientras que la salida del regulador solar está conectada a las baterías. El marco de montaje del panel solar está conectado a tierra, y se recomienda especialmente una conexión a tierra para el regulador y el protector contra sobretensiones.

Dependiendo de la potencia o energía requerida, los paneles pueden seguir tres esquemas diferentes que darán resultados de potencia e intensidad diferentes. Los módulos conectados en serie, en paralelo o una combinación de ambos darán diferentes potencias y salidas de

energía.

Tamaño de la instalación

Módulos fotovoltaicos

A continuación se muestra un método sencillo para establecer el tamaño de las instalaciones para que produzcan el 30% de las necesidades energéticas diarias durante los peores meses del año:

Para cubrir el 30% de las necesidades energéticas de una instalación, ¿cuántos paneles solares se necesitarán para:

- Una necesidad de energía planificada de 12.880Wh
- Una producción diaria promedio anual es de 4,32 kWh por 1 kWp
- Durante el peor mes, una producción diaria promedio de 2,62 kWh por 1 kWp

La producción de energía total real necesaria por día es:

$$12,88 \times 0,3 = 3,87 \text{ kWh}$$

Ejemplo: Con una producción diaria promedio de 2.62 kWh por 1 kWp de módulo, la necesidad diaria total es:

$$3,87 / 2,62 = 1,48 \text{ kWp}$$

El número real de paneles solares necesarios dependerá de la potencia máxima de cada panel individual. La configuración podría ser:

12 paneles x 130Wp
(1,56kWp)

9 paneles x 180Wp
(1,62kWc)

6 paneles x 260Wp
(1,56kWc)

Como hay una producción diaria media anual de 4,32 kWh por 1 kWp, la instalación de 1,48 kWp producirá $4,32 \times 1,48 = 6,39$ kWh por día de media anual, lo que se suma al aumento general de ahorro de costes de energía.

Regulador

El tamaño del regulador solar debe establecerse de acuerdo con el número y tipo de módulos solares utilizados. Para determinar el tamaño del regulador debe tenerse en cuenta:

- El voltaje debe ser el más alto posible de acuerdo con el número de módulos solares en los sistemas.
- La corriente máxima debe ser igual a la corriente de cortocircuito de su matriz solar. La corriente de cortocircuito para un panel individual se puede encontrar en la etiqueta de

identificación del panel o en el manual del fabricante. Para calcular la corriente de cortocircuito de una matriz completa, combine las corrientes de cortocircuito de todos los paneles conectados en paralelo.

Baterías

Puede encontrar información sobre el tamaño de las baterías en el apartado sobre [instalación de un sistema de baterías](#).

Cables y protección

Puede encontrar información sobre las longitudes y calibres de los cables en el apartado sobre [instalaciones eléctricas](#).

Seguridad y protección

Los paneles fotovoltaicos producen electricidad como un generador normal. Aunque el método de producción puede ser diferente, y dependiendo del tamaño de la matriz, la potencia total es menor que la de un generador, las matrices solares pueden producir cantidades dañinas de electricidad.

Manipulación

Cuando las personas deban manipular paneles solares fotovoltaicos, deben usar [ropa de protección](#) y el equipo adecuados en todo momento.

Más importante aún, los paneles solares fotovoltaicos producen una corriente eléctrica, ¡incluso cuando no están conectados a ningún otro dispositivo! Siempre que un panel esté parcialmente expuesto a la luz, producirá algún tipo de corriente y puede representar un riesgo. Un panel que produzca electricidad no hará ruido ni vibrará, y es posible que ni siquiera esté caliente al tacto. Por lo general, los paneles solares fotovoltaicos no tienen ningún tipo de indicador de que estén produciendo electricidad. Por esta razón, los paneles solares fotovoltaicos tienden a parecer seguros al tacto, incluso cuando no lo son.

Al instalar, quitar o simplemente ajustar los paneles solares, deben estar completamente cubiertos. Si es posible, también se puede trabajar por la noche. Al transportar o manipular paneles solares, los manipuladores deben tener en cuenta todas las salidas de los conectores eléctricos en el lateral, evitando hacer contacto accidental con ellos. Considere que todos los cables que provienen de un panel solar son lo mismo que un cable vivo que proviene de una red eléctrica o un generador activo.

Seguridad

Los paneles solares fotovoltaicos siempre deben estar en un lugar seguro, al igual que los generadores y las baterías. La orientación de los edificios y la vegetación puede dificultar esta tarea, pero los planificadores deben considerar el control de acceso.

- Si es posible, instale paneles en los techos de los edificios y en áreas donde las personas no visitan con frecuencia; evite las terrazas en los techos o las zonas de descanso.
- Instale paneles solares dentro de los espacios compuestos, dentro de la seguridad de una pared perimetral siempre que sea posible. Incluso si los arreglos están dentro de una pared compuesta, debe haber algún tipo de señalización y cercas de barrera para evitar que los visitantes o la mano de obra ocasional accedan a la zona.
- Si los paneles solares se instalan en lugares abiertos o remotos, será necesario construir

una valla o muro de seguridad separado alrededor del exterior. El equipo es caro, pero se puede dañar a las personas y los animales que pasan. Las personas que no estén familiarizadas con los paneles solares pueden acercarse por curiosidad, por lo que la señalización debe colocarse en el idioma local apropiado.