

# Energía Solar Fotovoltaica

## Tabla de contenido

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>2</b>
1.2. QUE ES UN SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA SOLAR.....	3
1.3. USO Y PRINCIPALES APLICACIONES.....	3
1.4. VENTAJAS FUNDAMENTALES.....	6
1.5. COMPONENTES DEL SISTEMA.....	7
<b>2. COMPOSICIÓN FÍSICA .....</b>	<b>8</b>
2.1. EFECTO FOTOVOLTAICO .....	8
2.2. TIPOS DE CELDAS: .....	9
<b>3. CURVAS CARACTERÍSTICAS DE LAS CELDAS FOTOVOLTAICAS.....</b>	<b>10</b>
3.1. CURVA DE CORRIENTE VS TENSIÓN (CURVA I-V).....	10
3.2. EFECTO DE FACTORES AMBIENTALES SOBRE LA CARACTERÍSTICA DE SALIDA DEL DISPOSITIVO .....	11
3.3. COMBINACIONES DE CELDAS Y CURVAS RESULTANTES .....	12
3.4. INTERACCIÓN DEL DISPOSITIVO FOTOVOLTAICO CON LA CARGA .....	12
3.5. POTENCIA MÁXIMA DE SALIDA DURANTE EL DÍA .....	12
3.6. INTERACCIÓN CON UNA CARGA RESISTIVA.....	14
3.7. INTERACCIÓN CON UNA BATERÍA .....	14
3.8. INTERACCIÓN CON UN MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA.....	15
<b>4. INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO .....</b>	<b>16</b>
4.1. UBICACIÓN Y ORIENTACIÓN DE LOS MÓDULOS.....	16
4.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA .....	17
4.3. MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN .....	18
4.4. SEGURIDAD EN LA INSTALACIÓN .....	18
4.5. VIDA ÚTIL DE LA INSTALACIÓN.....	19

## 1. Introducción

La quema de combustibles fósiles está provocando el cambio climático. De las reservas de combustibles fósiles económicamente recuperables actualmente, no podemos quemar ni la cuarta parte si queremos que el planeta sobreviva al peligro del cambio climático. Así que para no sobrepasar los límites ecológicos, la humanidad dispone de una limitada cuota de carbono para emitir a la atmósfera en forma de CO<sub>2</sub>. Al ritmo actual de consumo de combustibles fósiles, esa cuota se acabará en unos 30 años, sin olvidar los graves impactos medioambientales que generan la obtención y transporte de estos combustibles.

La energía nuclear, por su parte, ha demostrado ser altamente peligrosa. La mayoría de los países han parado sus programas nucleares por el alto potencial de riesgo que supone su utilización y los importantes problemas que deja sin resolver, como es el almacenamiento a largo plazo de los residuos radiactivos. Todo ello ha provocado un fuerte rechazo por parte de la opinión pública y ha elevado sus costes hasta hacerla inviable desde el punto de vista económico.

Por tanto, es imprescindible y urgente reducir el consumo de energías sucias y sustituirlas por fuentes de energía limpia y renovable, además de mejorar radicalmente la eficiencia de nuestro consumo energético.

Reducir el consumo de energía, a través del ahorro y la eficiencia, es tan necesario como sustituir las fuentes de energía sucias por limpias y renovables. Independientemente de que la energía solar fotovoltaica nos permita convertirnos en generadores de electricidad limpia, siempre debemos buscar una reducción del impacto de nuestro consumo energético sobre el medio ambiente local y global haciendo un uso más eficiente de la energía.



## 1.2. Que es un sistema de generación eléctrica solar

Es una fuente de energía que a través de la utilización de celdas fotovoltaicas convierte en forma directa la energía lumínica en electricidad.

La producción de electricidad mediante paneles solares es especialmente interesante en aquellos puntos de consumo aislados en los que resulta costoso instalar una línea eléctrica. Son también interesantes las instalaciones solares eléctricas conectadas a la red, en las que el propietario vierte toda la electricidad generada a dicha red, vendiéndola al precio de mercado, de la electricidad adquirida.

## 1.3. Uso y Principales aplicaciones

Hay dos formas de utilizar la energía eléctrica generada a partir del efecto fotovoltaico:

- En instalaciones aisladas de la red eléctrica.
- En instalaciones conectadas a la red eléctrica convencional.

Mientras que en las primeras la energía generada se almacena en baterías para así disponer de su uso cuando sea preciso, en las segundas toda la energía generada se envía a la red eléctrica convencional para su distribución donde sea demandada.

### 1.3.1. Sistemas aislados de la red eléctrica

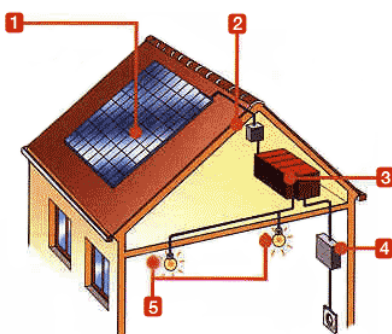


Ilustración 1: Instalación aislada

Estos sistemas se emplean sobre todo en aquellos lugares en los que no se tiene acceso a la red eléctrica y resulta más económico instalar un sistema fotovoltaico que tender una línea entre la red y el punto de consumo. Como los paneles (1) sólo producen energía en las horas de sol y la energía se necesita durante las 24 horas del día, por ellos es necesario un sistema de acumulación (3), con un regulador de carga (2). Durante las horas de luz solar hay que producir más energía de la que se consume por los dispositivos (4-5), para acumularla y poder utilizarla en las horas nocturnas.

El número de paneles a instalar debe calcularse teniendo en cuenta:

- la demanda energética en los meses más desfavorables.
- Las condiciones climáticas de la zona.
- las condiciones técnicas óptimas de orientación e inclinación, dependiendo del lugar de la instalación.

Para optimizar el sistema es necesario calcular correctamente la demanda con el fin de no sobredimensionar la instalación. Conviene utilizar electrodomésticos e iluminación de bajo consumo, para que de esta manera el sistema sea más económico. Actualmente existe una gran variedad de estos productos de bajo consumo.

Las principales aplicaciones de los sistemas aislados de la red eléctrica son:

- *Aplicaciones espaciales:* Desde los orígenes de la aventura espacial los satélites y naves espaciales han utilizado paneles solares fotovoltaicos para alimentar sus equipos electrónicos.

- *Telecomunicaciones:* Existen multitud de equipos de telecomunicaciones situados en zonas de difícil acceso, alejados de la red eléctrica, alimentados por energía solar fotovoltaica. En estos casos, normalmente, la solución solar es la más económica y fiable. Son ejemplos característicos: repetidores de televisión, equipos de radio, antenas de telefonía móvil, etc.

- *Señalización:* La señalización marítima y terrestre es una de las grandes aplicaciones de los sistemas fotovoltaicos. Así son numerosos los ejemplos en balizamiento de aeropuertos, señalización de carreteras y puertos, etc.

- *Bombeo:* Al estar los pozos alejados de la red eléctrica, el bombeo con energía fotovoltaica es una solución muy adecuada. Estas instalaciones se adaptan muy bien a las necesidades ya que en los meses más soleados, que es normalmente cuando más agua se necesita, es cuando más energía se produce. En estos sistemas el almacenamiento de energía suele ser en forma de energía potencial, bombeando el agua a depósitos elevados.

- *Zonas protegidas:* En parajes naturales, donde por motivos de protección ambiental se recomienda no instalar tendidos eléctricos aéreos, en ocasiones, resulta más rentable

utilizar sistemas fotovoltaicos en lugar de tendidos subterráneos o grupos electrógenos que utilizan combustibles fósiles.

- *Electrificación de viviendas aisladas:* La distancia del punto de consumo a la red eléctrica puede hacer, en muchos casos, más rentable esta aplicación debido no solo al coste de instalar el tendido eléctrico sino también a la calidad del suministro eléctrico al evitarse cortes de electricidad, muy frecuentes en lugares aislados.

- *Alumbrado de calles y carreteras:* La posibilidad de utilizar sistemas de iluminación autónomos de fácil instalación y mínima obra civil hace que sea una solución adecuada en muchas ocasiones.

- *Dispositivos de pequeño consumo:* Calculadoras, relojes, etc.

### 1.3.2. Sistemas conectados a la red eléctrica

En los lugares que disponen de electricidad, la conexión a red de los sistemas fotovoltaicos contribuyen a la reducción de emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera. Esta aplicación se ajusta muy bien a la curva de demanda de la electricidad. El momento en que más energía generan los paneles, cuando hay luz solar, es cuando más electricidad se demanda. Al instalar un sistema fotovoltaico conectado a la red, se dispone de una minicentral eléctrica que inyecta kWh verdes a la red para que se consuman allí donde sean demandados, lo que elimina las pérdidas en transporte de electricidad.

Para que estas instalaciones sean técnicamente viables es necesario:

- La existencia de una línea de distribución eléctrica cercana con capacidad para admitir la energía producida por la instalación fotovoltaica.
- La determinación, con la compañía distribuidora, del punto de conexión
- Proyectar un sistema que incluya equipos de generación y transformación de primera calidad, con las protecciones establecidas y debidamente verificados y garantizados por los fabricantes, de acuerdo a la legislación vigente.
- Una instalación realizada por un instalador especializado.

En las instalaciones conectadas a red, el tamaño de la instalación no depende del consumo de electricidad de la vivienda o edificio, lo que simplifica enormemente su diseño. Para dimensionar la instalación es necesario conocer la inversión inicial, el espacio

disponible y la rentabilidad que se quiere obtener ya que el consumo de electricidad es independiente de la energía generada por los paneles fotovoltaicos. El usuario sigue comprando la electricidad que consume a la distribuidora al precio establecido y además es propietario de una instalación generadora de electricidad que puede facturar los kWh producidos a un precio superior.

Las principales aplicaciones de los sistemas conectados a la red eléctrica son en tejados de viviendas. Son sistemas modulares de fácil instalación donde se aprovecha la superficie de tejado existente para sobreponer los módulos fotovoltaicos. El peso de los paneles sobre el tejado no supone una sobrecarga para la mayoría de los tejados existentes.

Tanto para aplicaciones aisladas de la red eléctrica, como para las conectadas a ella es necesario cuidar la incorporación de los sistemas fotovoltaicos al entorno, rural o urbano. Pero es en las aplicaciones urbanas conectadas red, en las que se unen exigencias urbanísticas a las motivaciones medioambientales, donde la integración tiene más relevancia. La demanda de energía del sector terciario en la Unión Europea está creciendo de forma significativa, por lo que la integración de sistemas fotovoltaicos en edificios, con aportaciones energéticas en las horas punta, contribuye reducir la producción diurna de energía convencional.

#### 1.4. Ventajas fundamentales

- No consume combustible
- No produce polución ni contaminación ambiental
- Es silencioso
- Tiene una vida útil superior a 20 años
- Es resistente a condiciones climáticas extremas: (granizo, viento, temperatura y humedad)
- No posee partes mecánicas, por lo tanto no requiere mantenimiento, excepto limpieza del panel
- Permite aumentar la potencia instalada mediante la incorporación de nuevos módulos.

## 1.5. Componentes del sistema

Corriente continua:

- Paneles o módulos de celdas fotovoltaicas
- El soporte para los mismos
- Regulador de carga de baterías y el Banco de baterías

Corriente alterna:

Es necesario instalar además entre las baterías y el consumo un Inversor de corriente de capacidad adecuada (el Inversor convierte la corriente continua o DC del modulo o generador solar en corriente alterna o AC. Dicha corriente alterna es utilizada típicamente por la mayoría de los equipos eléctricos domésticos).

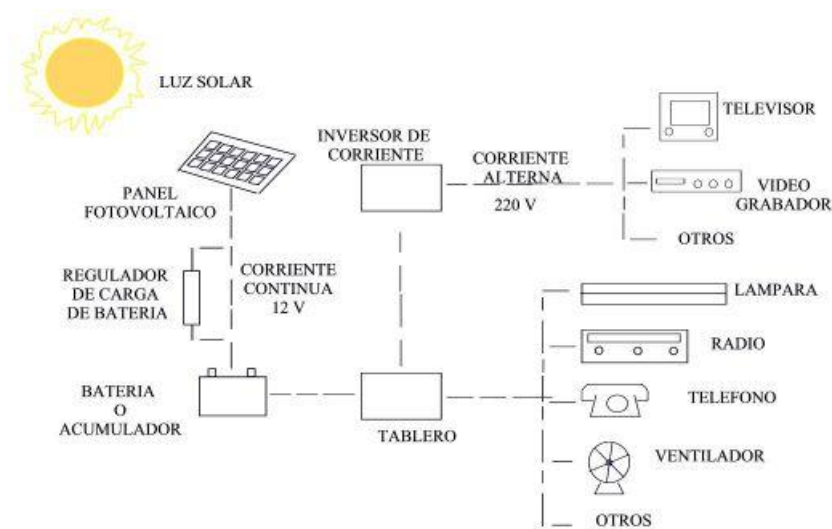


Ilustración 2: Esquema instalación aislada

## 2. Composición Física

### 2.1. Efecto fotovoltaico

Los módulos se componen de celdas solares de silicio (o fotovoltaicas). Estas son semiconductoras eléctricas debido a que el silicio es un material de características intermedias entre un conductor y un aislante.

Presentado normalmente como arena, mediante métodos adecuados, se obtiene el silicio en su forma pura. El cristal de silicio puro no posee electrones libres y por lo tanto resulta un mal conductor eléctrico. Para cambiar esto se le agregan porcentajes de otros elementos. Este proceso se denomina dopado. Mediante el dopado de silicio con fósforo se obtiene un material con electrones libres o material con portadores de carga negativa (silicio tipo N). Realizando el mismo proceso, pero agregando Boro en lugar de fósforo, se obtiene un material de características inversas; esto es déficit de electrones o material con cargas positivas libres o huecos (silicio tipo P). Cada celda solar se compone de una delgada capa de material tipo N y otra de mayor espesor de material tipo P (Ver Ilustración 3).

Ambas capas separadas son eléctricamente neutras, pero al ser unidas, justamente en la unión (P-N), se genera un campo eléctrico debido a los electrones libres del silicio tipo N que ocupan los huecos de la estructura del silicio tipo P.

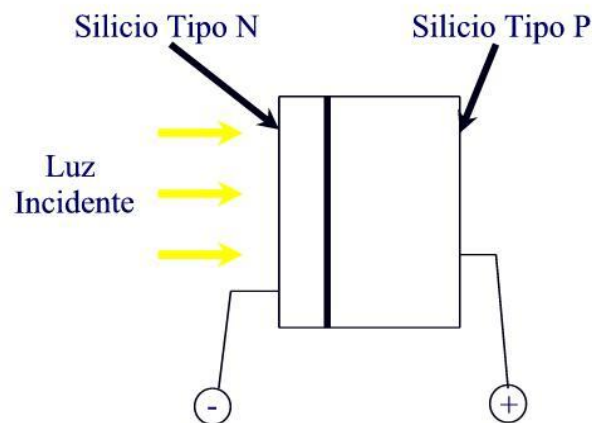


Ilustración 3: Esquema funcionamiento



Al incidir la luz sobre la celda fotovoltaica, los fotones que la integran chocan con los electrones de la estructura del silicio dándoles energía y transformándolos en conductores. Debido al campo eléctrico generado en la unión (P-N), los electrones son orientados, fluyendo de la capa "P" a la capa "N". Mediante un conductor externo, se conecta la capa negativa a la positiva, generándose así un flujo de electrones (corriente eléctrica) en la conexión. Mientras la luz siga incidiendo en la celda, el flujo de electrones se mantendrá. La intensidad de la corriente generada, variará proporcionalmente según la intensidad de luz incidente. Cada módulo fotovoltaico se conforma de una determinada cantidad de celdas conectadas en serie. Como vimos anteriormente, al unirse la capa negativa de una celda a la positiva de la siguiente, los electrones fluyen a través de los conductores de una celda a la otra. Este flujo se repite hasta llegar a la última celda del módulo, de la cual fluyen hacia el acumulador o batería. Cada electrón que abandona el módulo es reemplazado por otro que regresa del acumulador o batería. El cable de la interconexión entre módulo y batería contiene el flujo, de manera tal que cuando un electrón abandona la última celda del módulo y se dirige hacia la batería, otro electrón ingresa a la primera celda desde la batería. Es por esto que se considera inagotable a un dispositivo fotovoltaico. Produce energía eléctrica como respuesta a la energía lumínica que ingresa en el mismo. Cabe aclarar que una celda fotovoltaica no puede almacenar energía eléctrica.

## 2.2. Tipos de Celdas:

Existen tres tipos de celdas; dependiendo su diferenciación según el método de fabricación.

### - Silicio Monocristalino:

Estas celdas se obtienen a partir de barras cilíndricas de silicio Monocristalino producidas en hornos especiales. Las celdas se obtienen por cortado de las barras en forma de obleas cuadradas delgadas (0,4-0,5 mm de espesor). Su eficiencia en conversión de luz solar en electricidad es superior al 12%.

En este caso el silicio que compone las células de los módulos es un único cristal. La red cristalina es la misma en todo el material y tiene muy pocas imperfecciones. El proceso de cristalización es complicado y costoso, pero, sin embargo, es el que proporciona la mayor eficiencia de conversión de luz en energía eléctrica.

#### - Silicio Policristalino:

Estas celdas se obtienen a partir de bloques de silicio obtenidos por fusión de trozos de silicio puro en moldes especiales. En los moldes, el silicio se enfría lentamente, solidificándose. En este proceso, los átomos no se organizan en un único cristal. Se forma una estructura policristalina con superficies de separación entre los cristales, por tanto, el proceso de cristalización no es tan cuidadoso y la red cristalina no es la misma en todo el material. Este proceso es más barato que el anterior pero se obtiene rendimientos ligeramente inferiores. Su eficiencia en conversión de luz solar en electricidad es algo menor a las de silicio Monocristalino.

#### - Silicio Amorfo:

Estas celdas se obtienen mediante la deposición de capas muy delgadas de silicio sobre superficies de vidrio o metal. Su eficiencia en conversión de luz solar en electricidad varía entre un 5 y un 7%.

### 3. Curvas Características de las Celdas Fotovoltaicas

#### 3.1. Curva de corriente vs tensión (curva I-V)

La representación típica de la característica de salida de un dispositivo fotovoltaico (celda, módulo, sistema) se denomina curva corriente tensión.

La corriente de salida se mantiene prácticamente constante dentro del rango de tensión de operación y, por lo tanto el dispositivo se puede considerar como una fuente de corriente constante en este rango. La corriente y tensión a la cual opera el dispositivo fotovoltaico están determinadas por la radiación solar incidente, por la temperatura ambiente, y por las características de la carga conectadas al mismo.

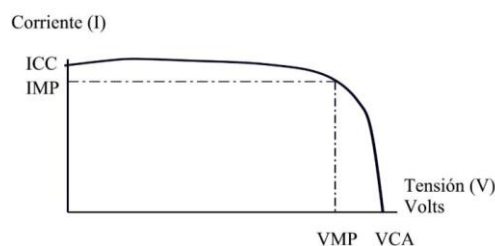


Ilustración 4: Curva I-V

Los valores trascendentes de esta curva son:

**Corriente de cortocircuito ( $I_{cc}$ ):** Máxima corriente que puede entregar un dispositivo bajo condiciones determinadas de radiación y temperatura correspondiendo a tensión nula y consecuentemente a potencia nula.

**Tensión de circuito abierto ( $V_{ca}$ ):** Máxima tensión que puede entregar un dispositivo bajo condiciones determinadas de radiación y temperatura correspondiendo a circulación de corriente nula y consecuentemente a potencia nula.

**Potencia Pico ( $P_{mp}$ ):** Es el máximo valor de potencia que puede entregar el dispositivo. Corresponde al punto de la curva en el cual el producto  $V \times I$  es máximo.

**Corriente a máxima potencia ( $I_{mp}$ ):** Corriente que entrega el dispositivo a potencia máxima bajo condiciones determinadas de radiación y temperatura. Se la utiliza como corriente nominal del mismo.

**Tensión a máxima potencia ( $V_{mp}$ ):** tensión que entrega el dispositivo a potencia máxima bajo condiciones determinadas de radiación y Temp. Se la utiliza como tensión nominal del mismo.

## 3.2. Efecto de factores ambientales sobre la característica de salida del dispositivo

### 3.2.1. Efecto de la intensidad de radiación solar

El resultado de un cambio en la intensidad de radiación es una variación en la corriente de salida para cualquier valor de tensión. La corriente varía con la radiación en forma directamente proporcional. La tensión se mantiene prácticamente constante.

### 3.2.2. Efecto de la temperatura

El principal efecto provocado por el aumento de la temperatura del módulo es una reducción de la tensión en forma directamente proporcional. Existe un efecto secundario dado por un pequeño incremento de la corriente para valores bajos de tensión.

Es por ello que para lugares con temperaturas ambientes muy altas son aptos módulos

que poseen mayor cantidad de celdas en serie para que los mismos tengan la suficiente tensión de salida para cargar baterías.

### **3.3. Combinaciones de celdas y curvas resultantes**

La tensión en el punto de máxima potencia de salida para una celda es de aproximadamente 0,5 Volts a pleno sol. La corriente que entrega una celda es proporcional a la superficie de la misma y a la intensidad de la luz. Es por ello que para lograr módulos con corrientes de salida menores se utilizan en su fabricación tercios, cuartos, medios, etc. de celdas.

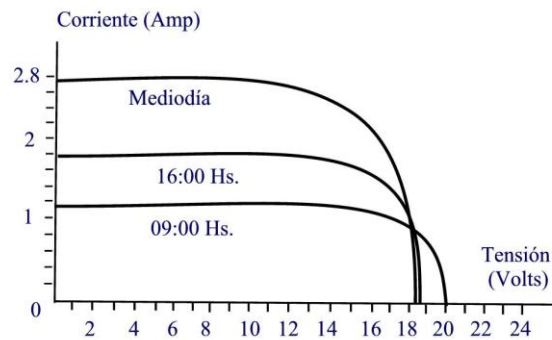
Un módulo fotovoltaico es un conjunto de celdas conectadas en serie (se suman sus tensiones) que forman una unidad con suficiente tensión para poder cargar una batería de 12 volts de tensión nominal (Esta batería necesita entre 14 y 15 Volts para poder cargarse plenamente). Para lograr esta tensión se necesitan entre 30 y 36 celdas de silicio Monocristalino conectadas en serie.

### **3.4. Interacción del dispositivo fotovoltaico con la carga**

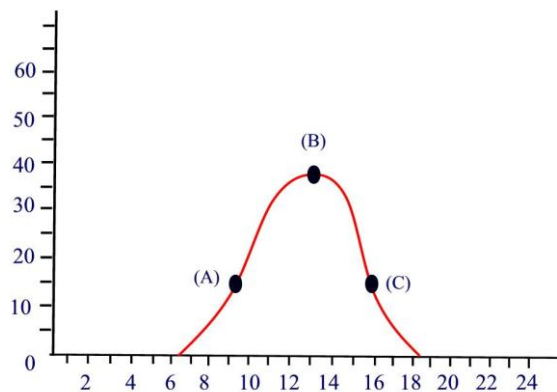
La curva I-V corregida para las condiciones ambientales reinantes, es solo parte de la información necesaria para saber cuál será la característica de salida de un módulo. La otra información imprescindible es la característica operativa de la carga a conectar. Es la carga la que determina el punto de trabajo en la curva I-V.

### **3.5. Potencia máxima de salida durante el día**

La característica I - V del módulo varía con las condiciones ambientales (radiación, temperatura) Ello quiere decir que habrá una familia de curvas I-V que nos mostrarán las características de salida del módulo durante el día y una época del año.

**Ilustración 5: Funcionamiento diario**

La curva de potencia máxima de un módulo en función de la hora del día tiene la forma indicada en la siguiente grafica.

**Ilustración 6: Curva de potencia diaria**

La cantidad de energía que el módulo es capaz de entregar durante el día está representada por el área comprendida bajo la curva de la grafica anterior y se mide en Watts hora/día. Se observa que no es posible hablar de un valor constante de energía entregada por el módulo en Watts hora ya que varía dependiendo de la hora del día. Será necesario entonces trabajar con valores de cantidad de energía diarios entregados. (Watts hora/día).

### 3.6. Interacción con una carga resistiva

En el ejemplo más simple, si se conectan los bornes de un módulo a los de una lámpara incandescente (que se comporta como una resistencia eléctrica) el punto de operación del módulo será el de la intersección de su curva característica con una recta que representa gráficamente la expresión  $I = V / R$  Siendo  $R$  la resistencia de la carga a conectar.

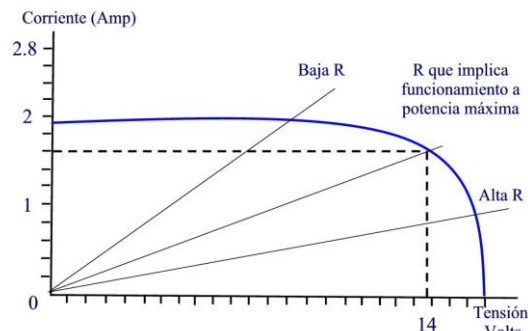


Ilustración 7: Interacción con carga resistiva

### 3.7. Interacción con una batería

Una batería tiene una tensión que depende de su estado de carga, antigüedad, temperatura, régimen de carga y descarga, etc. Esta tensión se la impone a todos los elementos que están conectados a ella, incluyendo el módulo fotovoltaico.

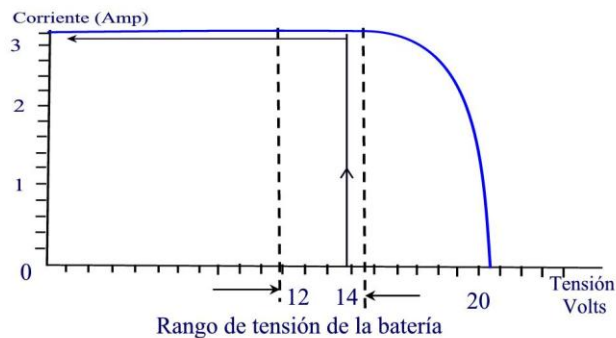


Ilustración 8: Interacción con una batería

Es incorrecto pensar que un módulo que tiene una tensión máxima de salida de 20 volts llevará a una batería de 12 volts a 20 volts y la dañará. Es la batería la que determina el punto de operación del módulo. La batería varía su rango de tensión entre 12 y 14 volts. Dado que la salida del módulo fotovoltaico se ve influenciada por las variaciones de radiación y de temperatura a lo largo del día, esto se traducirá en una corriente variable que ingresa a la batería.

### 3.8. Interacción con un motor de corriente continua

Un motor de corriente continua tiene también una curva I-V. La intersección de ella con la curva I-V del módulo determina el punto de operación.

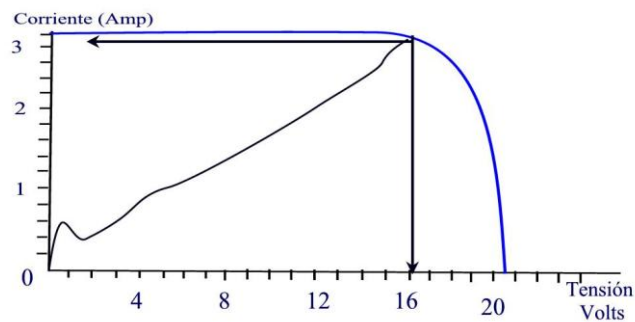


Ilustración 9: Interacción con motor de corriente continua

Cuando se conecta un motor directamente al sistema fotovoltaico, sin batería ni controles de por medio se disminuyen los componentes involucrados y por lo tanto aumenta la confiabilidad.

Pero como muestra la grafica anterior, no se aprovechará la energía generada en las primeras horas de la mañana y al atardecer.

## 4. Instalación y Mantenimiento

### 4.1. Ubicación y orientación de los módulos

Aunque los módulos fotovoltaicos pueden instalarse perfectamente en la mayoría de los edificios existentes, la mejor y más fácil integración arquitectónica se logra si se incluyen en el proyecto de un edificio de nueva construcción, circunstancia que debe exigirse al arquitecto diseñador de la casa, si estamos interesados en ello.

En general, se habla de tejados fotovoltaicos aunque a menudo el generador fotovoltaico también se puede encontrar en un patio, en una terraza, o en una fachada. En cualquiera de los casos, la integración de generadores fotovoltaicos en edificios facilita y abarata su instalación, puede mejorar el aislamiento del edificio y ahorra costes de construcción, ya que los módulos sustituyen a algunos elementos constructivos: revestimiento de fachadas y tejados, tejas, ventanas, etc.

De forma más avanzada, las células fotovoltaicas se pueden integrar en los elementos arquitectónicos como módulos multifuncionales, que unen las cualidades de elemento constructivo, estética, generación de electricidad solar, producción de energía térmica y control de la luz diurna.

La integración de módulos fotovoltaicos en la edificación siempre debería tener en cuenta adicionalmente los criterios de la arquitectura bioclimática y atender a las características particulares de cada climatología, de manera que se asegure que la temperatura de los módulos no se incremente sustancialmente, lo que disminuiría su eficacia, así como para evitar que se produzcan acumulaciones de calor en el edificio que pudieran forzar un significativo aumento del consumo de energía para refrigeración.

Si en el edificio existe una comunidad de propietarios, la instalación la puede realizar la propia comunidad (para uso común o de los propietarios individuales) o realizarla alguno de los propietarios para su propio uso, contando con el acuerdo de la comunidad.

La superficie que ocupa este tipo de instalación depende de la potencia que se quiera instalar y del tipo de módulos que se utilice, pero en general se considera que se debe contar con que cada kWp de módulos ocupa una superficie de unos 7-10 m<sup>2</sup>. Por tanto, es fácil encontrar superficie disponible en la mayoría de los edificios. El peso de los módulos puede variar en función del tipo que se utiliza, pero en general se deben considerar unos 15



kg/m<sup>2</sup>; en su caso, la estructura de soporte de los módulos podría pesar otros 10 kg/m<sup>2</sup>. Los efectos del viento podrían suponer en algunos casos una carga adicional.

Incluso en caso de instalarse en tejados y terrazas, el peso de los módulos no suele representar ningún problema, pero siempre es recomendable consultar la normativa vigente de edificación, aunque raramente habría que reforzar las estructuras. En el caso de edificios nuevos o de reformas importantes, el generador fotovoltaico se puede integrar en el edificio, facilitando su instalación, optimizando su rendimiento y abaratando su coste.

#### **4.2. Ubicación geográfica**

Los módulos fotovoltaicos generan electricidad durante todo el año, mientras llegue radiación solar. Normalmente en verano se genera más electricidad debido a la mayor duración del tiempo soleado, aunque la inclinación de los módulos también es importante. En los días nublados también se genera electricidad, aunque el rendimiento energético se reduce proporcionalmente a la reducción de la intensidad de la radiación. Incluso existen células fotovoltaicas diseñadas para funcionar en el interior de edificios (como las que incorporan algunas calculadoras y distintos aparatos), optimizadas para intensidades más bajas.

Los sistemas fotovoltaicos generan electricidad a partir de la intensidad de la radiación solar, no del calor. Por lo tanto, el frío no representa ningún problema para el aprovechamiento fotovoltaico. De hecho, como la mayoría de los dispositivos electrónicos, los generadores fotovoltaicos funcionan más eficientemente a más bajas temperaturas (dentro de unos límites).

En toda la geografía española se dan condiciones suficientes para la generación de electricidad fotovoltaica, aunque las zonas más soleadas son más favorables aún. Es paradójico que en países menos soleados que el nuestro, como Alemania, Austria, Holanda, Suiza... no se plantean la duda de si tendrán sol suficiente, y los tejados fotovoltaicos están mucho más extendidos que aquí, como demuestra el éxito del programa "100.000 tejados solares" de Alemania, un programa que comenzó en 1999 y que se completó en junio de 2003, antes de la finalización del plazo, instalando 300MW.

### 4.3. Mantenimiento de la instalación

El mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos conectados a la red es mínimo, y de carácter preventivo; no tiene partes móviles sometidas a desgaste, ni requiere cambio de piezas ni lubricación. Entre otras cuestiones, se considera recomendable realizar revisiones periódicas de las instalaciones, para asegurar que todos los componentes funcionan correctamente. Dos aspectos a tener en cuenta son, por un lado, asegurar que ningún obstáculo haga sombra sobre los módulos; y por el otro, mantener limpios los módulos fotovoltaicos, concretamente las caras expuestas al sol. Normalmente la lluvia ya se encarga de hacerlo, pero es importante asegurarlo. Las "pérdidas" (lo que se deja de generar) producidas por la suciedad pueden llegar a ser de un 5%, y se pueden evitar con una limpieza con agua (sin agentes abrasivos ni instrumentos metálicos). Es recomendable a la hora de limpiar los paneles, sobre todo en verano, que se haga fuera de las horas centrales del día, para evitar cambios bruscos de temperatura entre el agua y el panel. Es difícil pensar en una fuente de energía con un mantenimiento tan sencillo. Hay un aspecto sobre el que conviene alertar: la proximidad de chimeneas y, por tanto, la posible deposición de hollín sobre los paneles, que naturalmente disminuye el rendimiento

La experiencia demuestra que los sistemas fotovoltaicos conectados a la red tienen muy pocas posibilidades de avería, especialmente si la instalación se ha realizado correctamente y si se realiza un mantenimiento preventivo. Básicamente las posibles reparaciones que puedan ser necesarias son las mismas que cualquier aparato o sistema eléctrico, y que están al alcance de cualquier electricista. En muchos casos se pueden prevenir las averías, mediante la instalación de elementos de protección como los interruptores magnetotérmicos.

### 4.4. Seguridad en la instalación

En los sistemas fotovoltaicos conectados a la red resulta de aplicación el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Como en cualquier otro tipo de instalación eléctrica de baja tensión, existe la posibilidad de descarga eléctrica y/o cortocircuito. Aunque el riesgo es muy bajo, para evitarlo existen los dispositivos de protección que se montan en las instalaciones normales: magnetotérmicos, diferenciales, derivaciones a tierra, aislantes, etc. Los tejados fotovoltaicos no deben suponer un riesgo añadido, ni para las personas ocupantes del edificio, ni para la red eléctrica, ni para los equipos.

Para conseguirlo, hay que tener en cuenta algunas medidas a adoptar, entre las que conviene destacar la importancia de la conexión a tierra de todos los elementos metálicos,

como medida importante para la seguridad de las personas y porque muchas de las instalaciones existentes en la actualidad descuidan este aspecto. Asimismo, es importante proteger los equipos con las medidas adecuadas. Por otro lado los generadores fotovoltaicos conectados a la red no conllevan la exigencia de instalar pararrayos, aunque como en cualquier otra instalación eléctrica ésta puede dañarse por la acción de los rayos. En este sentido, la instalación de conductores a tierra en los elementos externos puede contribuir a paliar el efecto electrostático de los rayos.

#### **4.5. Vida útil de la instalación**

Las instalaciones más antiguas, de los años 60-70, aún están operativas. Una de las instalaciones más antiguas de Cataluña es la de Els Metges, Cassà de la Selva, en Girona. Se instaló en 1974 y aún continúa produciendo energía. Son paneles de 33 Wp y que costaron aproximadamente unas 11,3 €/Wp.

Normalmente se considera que la vida de los módulos fotovoltaicos es de unos 25-30 años; de hecho, a menudo se encuentran en el mercado módulos con garantías de 10, 15 y 20 años. Sin embargo, la experiencia demuestra que en realidad estos componentes nunca (hasta ahora) dejan de generar electricidad, aunque con la edad las células fotovoltaicas reducen algo (muy poco) su rendimiento energético. Recuérdese que en general se trata de equipos fabricados para resistir todas las inclemencias del tiempo y que las células están hechas de silicio que es como una piedra.