

CURSO

# Electricidad de edificios

Instalaciones de energía fotovoltaica  
en edificios

módulo **6**

unidad **1**

## **Características de la energía solar fotovoltaica**



**GRUPO FONDO FORMACIÓN**

## ELECTRICIDAD DE EDIFICIOS

**EDITA:** Grupo Fondo Formación, A.I.E.

**DIRECCIÓN Y COORDINACIÓN:** Dirección de departamento de Programas. Fons Formació Zona Mediterrània SLL

**COLABORAN:**

Marta Listo Aparicio  
Marcos Alonso Santiago  
Alba Calderón Algaba  
Inmaculada Subirana Milian

**DEPÓSITO LEGAL:** SE-999-07

**Recomendada la impresión en Papel Reciclado**



**Copyright:** © 2007. Grupo Fondo Formación

Todos los derechos reservados.

Esta publicación tiene fines exclusivamente educativos.

Queda prohibida la venta de este material a terceros, así como la reproducción total o parcial de sus contenidos sin autorización expresa de los autores y del Copyright.

El uso del lenguaje que no discrimine ni marque diferencias entre mujeres y hombres forma parte del ideario del Grupo Fondo Formación. Por ello, en la redacción de este material didáctico se ha optado por el uso de términos genéricos, evitando el uso tradicional del lenguaje que emplea el masculino como genérico. En los casos en los que se emplea el masculino genérico clásico, se entenderá que hace referencia siempre a mujeres y hombres.

## Objetivos

- Conocer las diferentes aplicaciones que tiene la energía solar fotovoltaica en la actualidad.
- Entender el concepto de radiación solar, fundamento básico para producir energía mediante paneles solares.
- Plantear y disponer de todos los pasos previos para diseñar una instalación de energía solar fotovoltaica.

## Presentación

En esta unidad haremos mención de todas las características de la energía solar fotovoltaica, partiendo de su fuente energética (el sol), clasificando todas las variantes y todas sus características. También incluimos aquí todo lo que se refiere al cálculo de circuitos eléctricos de energía solar, la base para el diseño de los mismos.

- Contenidos
- Aplicaciones
- Variables relacionadas con la energía solar
- Cálculo de circuitos eléctricos de energía solar

## 1. Aplicaciones de la energía solar

### 1.1 Convertir la energía solar en electricidad

La producción de electricidad a través de la energía del sol adopta diferentes configuraciones en función del tipo de sistema de transformación energética que se utilice. En general pero, los sistemas más utilizados para producir electricidad a través de la radiación solar son:

**Los sistemas solares termoeléctricos:** El sol se utiliza para producir vapor de agua que acciona una turbina y esta, acciona un alternador i obtiene electricidad. Es un ciclo térmico convencional aunque la fuente principal de energía no sean los combustibles fósiles ni la energía nuclear, sino el sol.

**Los sistemas solares fotovoltaicos:** El sol se utiliza para producir directamente electricidad a través de un dispositivo de silicio semiconductor denominado célula fotovoltaica. En esta transformación, no hay elementos mecánicos ni térmicos, todo funciona a nivel atómico.

Los sistemas solares fotovoltaicos son los sistemas que se utilizan para suministrar electricidad cuando el coste de mantenimiento de la instalación de las líneas de suministro general no son rentables, es decir, para instalaciones autónomas. Este sistema de fácil instalación y manipulación presenta numerosas ventajas de confortabilidad y uso si lo comparamos con otros sistemas autónomos de suministro eléctrico.

### 1.2 Electrificación autónoma

Disponer de electricidad es un hecho habitual en la gran mayoría de nuestro territorio, pero actualmente aún encontramos zonas aisladas de la red de distribución. Estos sitios, presentan a menudo, una densidad baja de población, una orografía difícil y un gran interés natural.

En todo el mundo, hay más de 2.000 millones de personas que no tienen acceso a este suministro básico. En estas zonas, la energía solar fotovoltaica a menudo es la forma más económica y viable para producir electricidad.

Las instalaciones que sirven para producir electricidad de una manera autónoma gracias a la energía solar utilizan una tecnología muy madura y comprobada en un gran número de instalaciones repartidas por toda Europa. La gran fiabilidad de estos sistemas y el hecho que aprovechen una fuente energética gratuita son las razones que hacen que este sector este en fuerte crecimiento.

El corazón de la producción eléctrica solar es el **panel fotovoltaico**, hecho de células que están fabricadas a partir de silicio, un material muy abundante en el planeta. Al ser iluminado por el sol, el panel solar genera una pequeña cantidad de electricidad. Su potencia varía en función del número de células que la forman y de la insolación que estén recibiendo.

Un sistema formado por doce módulos fotovoltaicos de 100 W de potencia nominal proporciona electricidad suficiente para cubrir el consumo de una familia que respete las normas básicas de uso racional de la electricidad (uso de luces y electrodomésticos de bajo consumo, minimizar consumos innecesarios, eliminar los aparatos eléctricos que sirvan para calentar el hogar).

La electricidad que se genera en el campo solar, en horas de insolación, se almacena en unas baterías electroquímicas para poder utilizar la electricidad en el momento que sea oportuno. El regulador de carga controla el proceso de carga y descarga de estos acumuladores.

El mantenimiento de este tipo de instalación consiste normalmente en tareas muy sencillas que hace el usuario:

- Limpiar los módulos (paneles) fotovoltaicos
- Verificar que el funcionamiento del regulador de carga sea el correcto (comprobar el valor de los indicadores y de las alarmas)
- Vigilar el nivel electrolítico de las baterías

El coste de estos equipos varía mucho en función del tipo de montaje que se haga y, sobretodo depende de la dimensión que haga falta, en función del consumo energético a cubrir. A pesar de todo, podemos hablar de un coste que va de algo más de 1000 € para una instalación de fin de semana, hasta los 16.000 € para un hogar que tenga el consumo eléctrico que corresponde a una familia de cuatro personas.

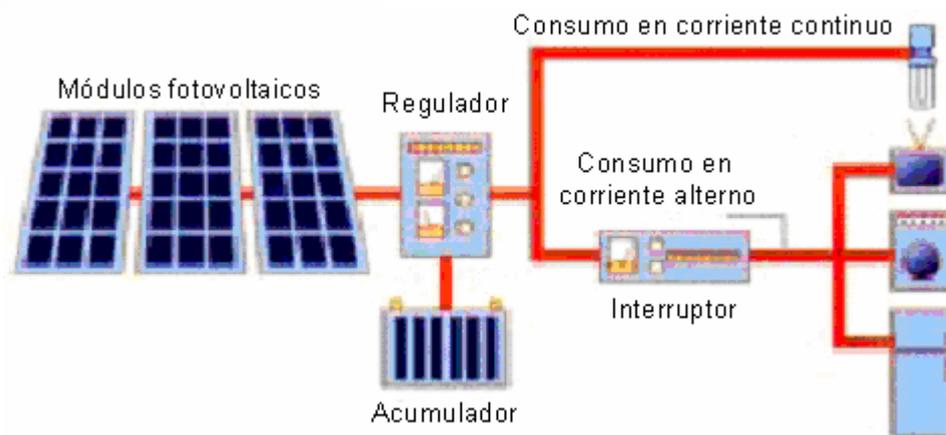


Fig. 1: Esquema desde la captación solar hasta nuestras casas.

### 1.3 Interconexión a la red

La rápida evolución de la tecnología y el mayor grado de concienciación del medio ambiente están abriendo las puertas a un aumento progresivo de las instalaciones solares fotovoltaicas en zonas que ya disponen de suministro eléctrico.

Si la zona donde se hace la instalación solar dispone de red eléctrica, entonces se procede a hacer una interconexión a la red de manera que haya un intercambio energético entre las dos. La electricidad que genera el equipo solar durante el día y que no consume el edificio, se puede enviar a otros consumidores a través de la red (venta de energía).

En los momentos que no hay suficiente insolación para producir electricidad que necesita el hogar para cubrir su consumo, la instalación coge energía eléctrica de la red (compra de energía). En estas instalaciones, se establece una relación de compra-venta de energía eléctrica entre el usuario y la red eléctrica, de manera que a final de mes, se factura o se paga el balance energético.

Las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red eléctrica se pueden clasificar en dos grupos:

- Las centrales fotovoltaicas.
- Los edificios con instalaciones integradas.

El caso de las centrales solares es el que forman un grupo de paneles solares fotovoltaicos colocados estratégicamente en una zona de máxima insolación, con la finalidad de producir energía eléctrica du-

durante las horas de insolación. Toda la energía que generan estas centrales se suministra a la red eléctrica para poder distribuirla por el territorio.

La energía eléctrica que produce una central solar es mezclada, entonces, con la electricidad que generan el resto de centrales eléctricas, sin ninguna diferenciación. En la actualidad, las centrales solares tienen un coste superior que el resto de centrales convencionales, y eso hace que sea difícil su proliferación.

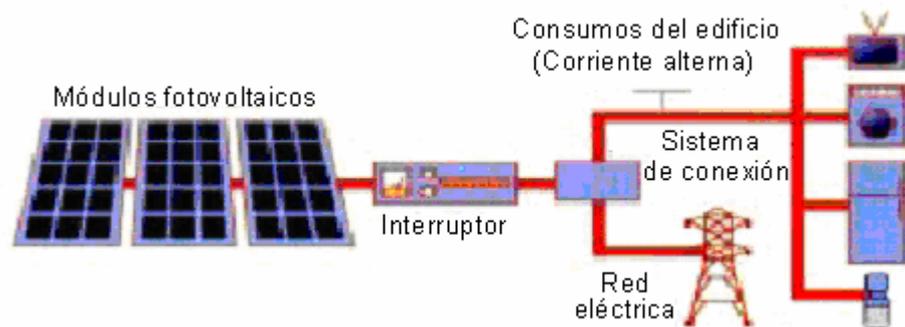


Fig. 2: Esquema desde la captación solar hasta nuestras casas.

Los edificios con instalaciones integradas ofrecen algunas ventajas que merece tener en cuenta:

- Generan electricidad en el mismo sitio donde se consume.
- Permiten sustituir elementos estructurales por los paneles.
- Integran los paneles solares a la estructura del edificio.
- Difunden un modelo energético más sostenible.

El hecho de poder integrar las células solares en los elementos estructurales del edificio supone ahorros económicos importantes en lo que se refiere a la instalación. Además, teniendo en cuenta que la producción eléctrica se hace en el sitio de consumo, se evitan las pérdidas por transporte y la sobrecarga de las líneas, atendiendo que se trata de edificios integrados a la ciudad, hacen que la sociedad se dé cuenta de las posibilidades de la energía solar para suministrar electricidad de una manera más sostenible desde un punto de vista medioambiental.

## 1.4 Otras aplicaciones

Las posibilidades que ofrece el efecto fotovoltaico (generar electricidad a partir de la radiación solar) han abierto muchas vías de aplicación. Así, hay un gran número de aparatos domésticos que funcionan a partir de la aplicación de células fotovoltaicas para suministrar la energía que necesitamos para funcionar.

La aplicación más conocida de las células fotovoltaicas solares es, sin duda, el uso que se hace para los satélites de comunicación. Y, de hecho, hay en el mercado muchas importantes aplicaciones cotidianas, como, las calculadoras, los relojes, los accesorios para caravanning, juguetes....

Uno de los usos de los paneles fotovoltaicos no muy conocido son las farolas solares. En realidad, una farola solar es una instalación solar completa, de pequeña escala, integrada en el soporte que presta un fanal para iluminar la vía pública.

## 2. Variables relacionadas con la energía solar

### 2.1 Espectro luminoso

La luz, sea ésta de origen solar, o generada por un foco incandescente o fluorescente, está formada por un conjunto de radiaciones electromagnéticas de muy alta frecuencia, que están agrupadas dentro de un cierto rango, llamado **espectro luminoso**.

Las ondas de baja frecuencia del espectro solar (infrarrojo) proporcionan calor, las de alta frecuencia (ultravioleta) hacen posible el proceso de fotosíntesis o el bronceado de la piel. Entre esos dos extremos están las frecuencias que forman la parte visible de la luz solar. La intensidad de la radiación luminosa varía con la frecuencia. La Fig 3 muestra, en forma no detallada, la composición del espectro luminoso.

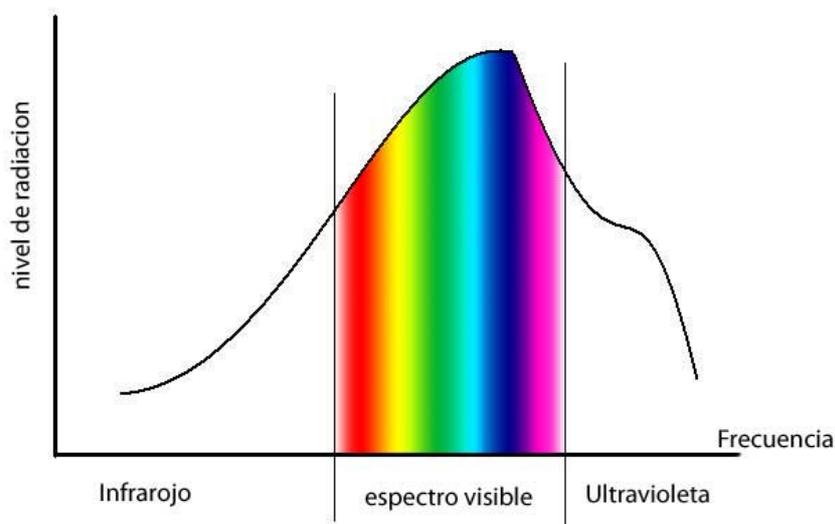


Fig. 3: Espectro luminoso.

El “color” de la luz solar depende de la composición del espectro de frecuencias. Los fabricantes de focos luminosos, conscientes de este fenómeno, tratan de dar a éstos un espectro de radiación luminosa similar al de la luz solar que llega a la Tierra cuando el sol alcanza la posición del cenit (luz blanca). La intensidad y frecuencias del espectro luminoso generado por el sol sufre alteraciones cuando la luz atraviesa la atmósfera.

Ello se debe a la absorción, reflexión y dispersión que toma lugar dentro de ésta. Los gases presentes en la capa atmosférica actúan como filtros para ciertas frecuencias, que ven disminuidas su intensidad o son absorbidas totalmente. El proceso fotovoltaico responde a un limitado rango de frecuencias dentro del espectro visible, de manera que es importante definir el espectro de radiación de la fuente luminosa que se utiliza para evaluar la celda fotovoltaica. Esto se hace especificando un parámetro denominado **masa del aire**.

## 2.2 Masa del aire

La posición relativa del sol respecto a la horizontal del lugar determina el valor de la masa de aire. Cuando los rayos solares caen formando un ángulo de  $90^\circ$  respecto a la horizontal, se dice que el sol ha alcanzado su cenit.

Para esta posición la radiación directa del sol atraviesa una distancia mínima a través de la atmósfera. Cuando el sol está más cercano al

horizonte, esta distancia se incrementa, es decir, la “masa de aire” es mayor. La Fig. 4 ilustra esta situación.

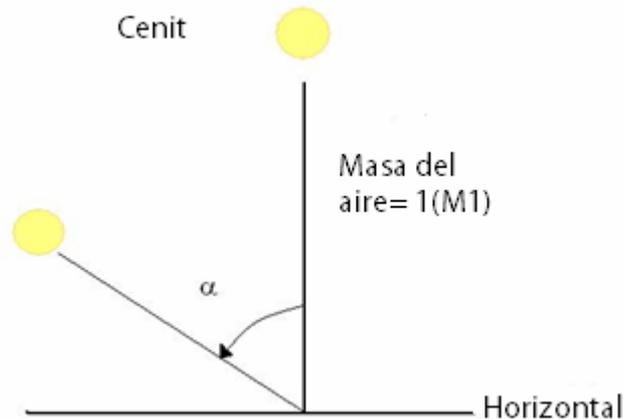


Fig. 4: Masa del aire

A la posición del cenit se le asigna una masa de aire igual a 1 (M1). Cualquier otra distancia tendrá una masa de aire que puede calcularse usando la expresión:

$$\text{Masa del Aire} = 1 / \cos \alpha$$

Donde  $\alpha$  es el ángulo formado entre la posición de cenit y la posición del sol en ese momento, y  $\cos \alpha$  es el valor del coseno de ese ángulo, el que varía entre 1 y 0 cuando el ángulo varía entre 0 y 90°. Para valores de  $\alpha$  mayores que cero, el valor del  $\cos \alpha$  es siempre menor que la unidad, de manera que el valor de la masa de aire se incrementa.

Valores para la masa de aire mayores que la unidad indican que la radiación directa debe atravesar una distancia mayor dentro de la atmósfera. El ángulo de inclinación respecto a la posición del cenit (vertical) puede ser calculado de la expresión anterior.

Se deduce así que una masa de aire de valor 1,5 corresponde a un ángulo  $\alpha$  de unos 48°. Algunos autores asignan, arbitrariamente, el valor  $M=0$  para el espectro luminoso fuera de la atmósfera. Este valor carece de sentido matemático.

 ejemplo

Vamos a calcular cuál será la masa de aire si la posición del sol y la posición del cenit forman 30°.

Aplicamos la formula: Masa de Aire =  $1 / \cos \alpha$

Masa de aire =  $1/\cos 30^\circ = 1,555M$

## 2.3 Variación del espectro luminoso

Al incrementarse la distancia, la absorción, reflexión y dispersión de la luz solar también se incrementan, cambiando el rango de frecuencias que integran el espectro luminoso, así como la intensidad del mismo.

Esto explica las variaciones de intensidad y color de la luz solar durante la salida y puesta del sol. La fuente luminosa usada para medir la potencia de salida de un panel FV tiene un espectro luminoso correspondiente a una masa de 1,5 (M1,5), el que ha sido adoptado como estándar. La intensidad es muy cercana a  $1\text{KW}/\text{m}^2$ .

## 2.4 Insolación

La cantidad total de radiación solar (directa y reflejada) que se recibe en un punto determinado del planeta, sobre una superficie de  $1\text{ m}^2$ , para un determinado ángulo de inclinación entre la superficie colectora y la horizontal del lugar, recibe el nombre de **insolación**. El término deriva de la palabra inglesa *insolation*, que a su vez, representa un acronismo derivado de otras tres palabras del mismo idioma: *incident solar radiation* (radiación solar incidente).

El valor de la insolación en una dada locación debe reflejar el *valor promedio* de la misma. Para obtenerlo, se necesita tener en cuenta las variaciones cíclicas estacionales, conduciendo mediciones de la radiación solar diaria durante 10 ó más años. En los Estados Unidos de Norteamérica, esta tarea es llevada a cabo por el National Renewable Energy Laboratory (NREL) con sede en Golden, Colorado, desde 1961.

Las mediciones de insolación diaria se toman usando colectores fijos, con distintos ángulos de inclinación con respecto a la horizontal, así como colectores móviles (los que siguen la trayectoria del sol auto-

máticamente). El Centro de Estudios para la Energía Solar (Censolar) publica datos para la insolación media, en un plano horizontal, para una multitud de países en el mundo.

## 2.5 Unidades de medida

Se usan diferentes unidades para expresar el valor de la insolación de un lugar. La más conveniente para nuestra aplicación es el Kilo-wat/hora por metro cuadrado (KWh/m<sup>2</sup>), o su valor equivalente en miliwat/hora por centímetro cuadrado (mWh/cm<sup>2</sup>).

Si la energía del sol se utilizare para calentar agua, resulta más conveniente usar como unidad las calorías por metro cuadrado (Cal/m<sup>2</sup>) o los Btu/f<sup>2</sup> (*British thermal units* por pie cuadrado). La reducción de una cantidad a la otra puede hacerse recordando que 1KWh/m<sup>2</sup>= 860 Cal/m<sup>2</sup> = 317.02 Btu/f<sup>2</sup>.

### ejemplo

Vamos a convertir utilizando factores de conversión 35.000 cal/cm<sup>2</sup> a J/m<sup>2</sup>, teniendo en cuenta que 1 cal = 4,18 J y que 1m<sup>2</sup> son 10.000 cm<sup>2</sup>; El modo de proceder es:

$$35 \text{ cal/cm}^2 \cdot \frac{4,18 \text{ J}}{1 \text{ cal}} \cdot \frac{10.000 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2} = 1463000 \text{ J/m}^2$$
$$= 1.463 \text{ KJ/m}^2$$

## 2.6 Variación de la insolación

Si la superficie colectora mantiene un ángulo de inclinación fijo, el valor de la insolación en una determinada localización depende de las condiciones atmosféricas y la posición del sol respecto del horizonte. La presencia de nubes incrementa la absorción, reflexión y dispersión de la radiación solar.

Las zonas desérticas, dada la carencia de nubes, tienen los mayores valores de insolación en el planeta. La posición del sol respecto a la horizontal cambia durante el día y con las estaciones. El valor de la insolación al amanecer y al atardecer, así como en el invierno, es menor que el del mediodía o el verano.

## 2.7 Irradiación del sol

Irradiación es el valor de la potencia luminosa. Los fabricantes de paneles fotovoltaicos (FVs) determinan la máxima potencia eléctrica de salida usando una fuente con una potencia luminosa de  $1 \text{ KW/m}^2$ . Este valor, conocido con el nombre de SOL, se ha convertido en un estándar para la industria, facilitando la comparación de paneles de distintos orígenes. Recordando que  $1 \text{ m}^2 = 10.000 \text{ cm}^2$ , y que  $1 \text{ KW} = 1.000 \text{ W}$ , se tiene que:

$$1 \text{ SOL} = 1 \text{ KW/m}^2 = 100 \text{ milliwattios/cm}^2$$

Las dos cantidades son usadas, indistintamente, en las especificaciones de paneles FVs.

## 2.8 Día solar promedio

El valor de la irradiación varía al variar la masa de aire, la cual cambia constantemente desde el amanecer al anochecer. Para simplificar el cálculo de la energía eléctrica generada diariamente por un panel FV, se acostumbra a definir el día solar promedio.

Este valor es el número de horas, del total de horas entre el amanecer y el anochecer, durante el cual el sol irradia con una potencia luminosa de SOL.

Supongamos, como ejemplo, que el promedio de insolación diaria en una localización es de  $5 \text{ KWh/m}^2$ . Si este valor es dividido por un SOL, se obtiene el valor (en horas) del día solar promedio para esa localización y esa inclinación.

En nuestro ejemplo:

$$\text{DIA SOLAR} = \frac{5 \text{ KWh/m}^2}{1 \text{ KW/m}^2} = 5 \text{ horas}$$

Recordando que los paneles son evaluados usando una intensidad luminosa de un SOL, la duración del día solar promedio representa la cantidad de horas, del total de horas de luz diaria, en que el panel es capaz de generar la potencia máxima de salida especificada por el fabricante.

## 2.9 Presentación de los datos

El NREL publica, en forma periódica, los valores de insolación promedio, para una determinada localización, usando colectores fijos con cinco ángulos de inclinación: horizontal: ( $0^\circ$ ), latitud del lugar menos  $15^\circ$ , latitud, latitud más  $15^\circ$ , y vertical ( $90^\circ$ ). Estos datos son complementados con mediciones tomadas usando superficies colectoras móviles, las que son montadas en aparatos que, automáticamente, siguen la trayectoria del sol.

La información mensual proporciona, además, los valores de insolación máxima y mínima registrados para ese período. Complementando los datos de insolación, se tienen datos meteorológicos de la máxima y mínima temperatura, por ciento de humedad relativa, y velocidad promedio del viento para la locación.

Un dato importante, el de los días consecutivos promedio sin sol, no forma parte de la información, a pesar de su importancia en la determinación de la reserva de energía (banco de baterías), como veremos más adelante.

El ángulo de inclinación de la superficie colectora es el que ésta forma con la horizontal.

Con las estaciones, la altura del sol respecto a la horizontal cambia al alcanzar el cenit. La diferencia de altura respecto a la horizontal varía con la latitud del lugar. Para las locaciones donde el cambio de altura es apreciable, la variación del ángulo de inclinación permite que los rayos solares incidan casi perpendicularmente sobre la superficie colectora durante todo el año, lo que incrementa el nivel de energía que puede ser transformada.

### 2.9 Latitud

El ángulo deberá incrementarse cuando la altura del sol sobre el cenit es la menor. En estas locaciones, la duración del día solar promedio, para una misma estación, varía en función del ángulo de inclinación.

Una forma universal de presentar los valores de insolación es usar, como referencia, un ángulo de inclinación para la superficie colectora que es igual al de la latitud del lugar. Los valores así obtenidos son complementados con mediciones hechas con ángulos de inclinación que varían  $\pm 15^\circ$  respecto al valor de referencia.

## 3. Características y cálculo de circuitos eléctricos de energía solar

### 3.1 La carga eléctrica

Un sistema FV (fotovoltaico) consiste en la integración de varios componentes, cada uno de ellos cumpliendo con una o más funciones específicas, a fin de que éste pueda suplir la demanda de energía eléctrica *impuesta por el tipo de carga*, usando como combustible la energía solar.

La definición anterior deja claramente establecido que la carga eléctrica determina el tipo de componentes que deberán utilizarse en el sistema. La completa definición de la carga debe tener en cuenta tres características que la definen: el tipo, el valor energético y el régimen de uso.

### 3.2 Tipos de carga

Existen tres tipos de cargas: CC, CA, y mixta (CC y CA). Cuando la carga tiene aparatos de CA, se necesitará incorporar al sistema un inversor. Este componente transforma el voltaje de CC proporcionado por los paneles en un voltaje de CA. Las pérdidas de energía en estos sistemas son mayores que la de los de CC.

### 3.3 Valor energético

El valor energético representa el total de energía que consumirá la carga dentro de un período determinado, generalmente un día. Para sistemas pequeños este valor estará dado en Wh/día. Para sistemas de mayor consumo en KWh/día.

### 3.4 Régimen de uso

El régimen de uso responde a dos características: cuándo se usa la energía generada y la rapidez de su uso. Dependiendo de cuándo se usa la energía, se tendrá un régimen diurno, nocturno o mixto. La rapidez del consumo (energía por unidad de tiempo), determina el valor de la potencia máxima requerida por la carga.

### Régimen nocturno

Para comprender estos conceptos daremos algunos ejemplos. Si el régimen de uso es exclusivamente nocturno, el sistema deberá almacenar energía durante el día. Esta necesidad se traduce en la incorporación de un banco de baterías, del cual se extraerá la energía demandada por la carga durante la noche.

La presencia del banco de acumulación fuerza el uso de un control de carga y otros elementos auxiliares, como se verá a continuación.

### Régimen diurno

Si el uso es exclusivamente diurno, como es común en equipos de bombeo, no se necesitará un banco de baterías. En este caso el sistema deberá ser capaz de entregar la máxima potencia requerida por el motor eléctrico de la bomba.

Sin embargo, a fin de extender al máximo las horas de operación del bombeador, se introducen dos componentes en el sistema: un seguidor automático en la sección colectora, el que alarga la duración del día solar promedio, y un componente especial que permite el arranque del motor de bombeo a horas más tempranas, del lado de la carga.

### Régimen mixto

Si el régimen de la carga es mixto (diurno y nocturno), parte de la energía a generarse deberá cargar el banco de baterías y el resto deberá satisfacer la carga diurna. Ello implica que la parte generadora deberá satisfacer dos requisitos durante la duración del día solar.

## 3.5 Transitorios

Por último, en sistemas que deben alimentar motores eléctricos (heladeras, herramientas eléctricas, motores de bombeo, etc), el régimen de carga no es constante, dado que el arranque de motores eléctricos demanda mayor corriente que cuando éstos giran a velocidad fija.

Este pico de corriente (transitorio de arranque) debe ser contemplado al seleccionar el fusible de protección y el cable que alimenta este tipo de carga.

### 3.6 Comienzo del diseño

El análisis detallado de la carga representa el primer paso en la secuencia de diseño, ya que deben conocerse los numerosos detalles que afectan el valor y el régimen de uso de la energía del sistema en consideración. La mayor dificultad en el diseño es la determinación correcta del valor energético a generarse y acumularse, si existe un banco de baterías. Cuando estos valores son óptimos, el sistema resultante tendrá el menor costo y el mayor grado de fiabilidad posibles.

### 3.7 Sistema Fv para uso domestico

La aplicación más común para un sistema FV es la generación de energía eléctrica para uso doméstico. Por ello analizaremos, a continuación, un sistema de este tipo, con régimen nocturno o mixto. El análisis, por el momento, es sólo cualitativo, ya que nuestro interés es el de identificar los diferentes bloques que forman parte de este sistema.

Usaremos como referencia el circuito de la Figura 5. En ella, cada bloque funcional está separado por una línea transversal. Un bloque que no es obvio es el Cableado de interconexión, el que está distribuido en todo el sistema.

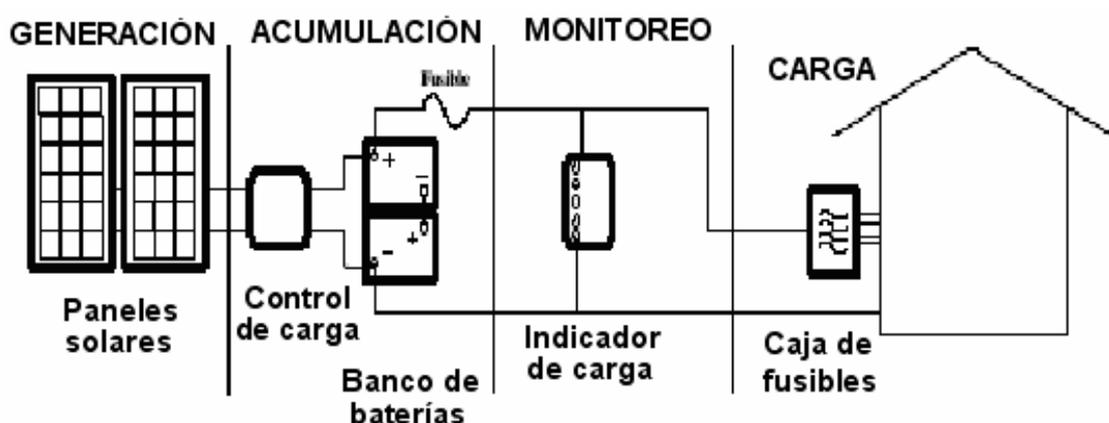


Fig. 5: Cableado de interconexión.

#### Bloque de generación

Los paneles FVs forman el bloque de Generación. El número de ellos depende de varios factores. Entre ellos, los más obvios, son:

- la insolación del lugar, el valor energético de la carga
- la máxima potencia de salida por panel.

Su acción es equivalente al de un generador de CC alimentado por la luz solar.

La mayor parte de la energía eléctrica que generan es acumulada en las baterías. Decimos la mayor parte ya que es imposible acumular toda la energía generada, debido a las pérdidas asociadas con el proceso de carga.

Es importante recordar que si los paneles permanecen parcialmente sombreados durante una parte del día, su capacidad generadora sufre sensiblemente, ya que la parte sombreada equivale a conectar un alto valor de resistencia en serie con el generador.

### Bloque de acumulación

El bloque de Acumulación contiene tres componentes: el banco de baterías, el control de carga y el fusible de protección. El banco de acumulación usa, casi con exclusividad, un tipo especial de batería llamada *batería solar*. Estas se ofrecen en versiones de 6 y 12V. El diagrama de la Figura 6 muestra dos baterías de 6V conectadas en serie, en un sistema de 12V nominales.

El control de carga cumple dos funciones:

- garantiza un régimen de carga adecuado para las baterías
- evita la descarga de las mismas a través de los paneles durante la noche, cuando el voltaje de salida es nulo.

Su función es análoga a la del sistema de carga de batería en un automotor. Si no se usara un control el régimen de carga podría sobrecargar las baterías.

Esta condición, como veremos al tratar el tema, acorta la vida útil de las mismas. Muchos fabricantes de controles de carga adicionan, en algunos modelos, funciones auxiliares dentro del producto. La más común es la de monitoreo del proceso de carga.

El fusible de baterías es incorporado al sistema como un elemento de seguridad. Aún cuando el banco consista de una sola unidad, un cortocircuito accidental entre los bornes de salida significa que la corriente que circula por la batería alcanzará valores de *miles de amperes*, por varios segundos, acelerando la reacción química y disi-

pación de calor dentro de la misma. Los gases generados no escapan en su totalidad, llegando a producir una violenta explosión.

Como las baterías utilizan electrolitos altamente corrosivos, las consecuencias pueden ser trágicas. Cortocircuitos que no terminan en explosiones acortan la vida útil de las baterías y pueden dañar el aislamiento de los cables de conexión (excesivas pérdidas de calor).

### Bloque de monitoreo

La inclusión de este bloque como parte del sistema básico ha sido hecha para demostrar la importancia de saber, en cualquier momento, si las baterías poseen una carga adecuada.

Desde un punto de vista práctico la presencia de un componente actuando como monitor del estado de carga puede no ser necesaria, pero su función sí lo es.

De no tenerse un componente dedicado a monitorear el estado de carga de las baterías, la ejecución del plan de mantenimiento constituye el mecanismo que permitirá extender al máximo la vida útil del banco de acumulación.

### Bloque de carga

El bloque denominado Carga representa los circuitos de entrada y de dentro de la casa. La caja de fusibles permite la separación de las áreas de consumo. Esto facilita la desconexión de una sección en caso de necesitarse reparar o ampliar esa parte del circuito. Esta opción es muy ventajosa cuando esa sección sufre un cortocircuito, ya que puede contarse con energía eléctrica en otra sección de la casa.

Otra ventaja es que la corriente de cortocircuito de un sector es siempre menor que la del total de la carga. Esta división de la corriente de carga, como veremos al abordar los detalles de diseño, abarata el costo de la instalación hogareña.

### Bloque de cableado

El bloque de Cableado es considerado uno de los bloques básicos del sistema porque el dimensionado del mismo tiene un rol muy importante en la reducción de pérdidas de energía en el sistema. Deberá recordarse que para un mismo nivel de consumo, la corriente es mayor si el sistema es de bajo voltaje. Un mayor amperaje significa un incremento de las pérdidas de voltaje y disipación.

La selección del conductor a usarse debe ser hecha teniendo en cuenta varios factores. Los más importantes son: la capacidad del cable de manejar la corriente máxima que debe circular por el mismo, el tipo de aislante, el tipo de conductor (sólido o multialambre) y, por último, el material con que está hecho el conductor.

### Balance del sistema

El concepto fundamental de diseño de un sistema FV es el obtener un balance entre la energía generada y la consumida por la carga, más las pérdidas del sistema. Este equilibrio deberá preservarse para la condición de trabajo más desfavorable que se anticipe.

## ? autoevaluación

1. ¿Cuáles son los dos sistemas para producir electricidad a través de la radiación solar?

2. ¿Si en una localización el promedio de insolación diaria es de 7 KWh/m<sup>2</sup>, cual es el valor del día solar, en horas, en esa localización?

3. ¿Qué tres tipos de carga existen en una instalación solar fotovoltaica?

4. Tenemos 2 KWh/m<sup>2</sup>:

- Conviértelo a Cal/ m<sup>2</sup>
- Di cuanto vale también en Btu/f<sup>2</sup>



## respuestas autoevaluación

**1. ¿Cuáles son los dos sistemas para producir electricidad a través de la radiación solar?**

- Los sistemas solares termoeléctricos.
- Y los sistemas solares fotovoltaicos.

**2. ¿Si en una localización el promedio de insolación diaria es de 7 KWh/m<sup>2</sup>, cual es el valor del día solar, en horas, en esa localización?**

$$\text{DIA SOLAR} = \frac{7 \text{ KWh/m}^2}{1 \text{ KW/m}^2} = 7 \text{ horas}$$

**3. ¿Qué tres tipos de carga existen en una instalación solar fotovoltaica?**

- CC (Corriente continua)
- CA (Corriente alterna)
- Mixta (combinación de ambas)

**4. Tenemos 2 KWh/m<sup>2</sup>:**

- **Conviértelo a Cal/ m<sup>2</sup>**

Podemos hacerlo mediante factores de conversión o mediante una regla de tres:

$$1720 \text{ Cal/m}^2$$

- **Di cuanto vale también en Btu/f<sup>2</sup>**

$$634.04 \text{ Btu/f}^2$$

## Glosario de términos

---

**Frecuencia:** Número de veces que se repite el mismo ciclo de la onda por unidad de tiempo.

**Cenit:** Punto de la esfera celeste situado en la vertical del observador.

**CC:** Corriente continua.

**CA:** Corriente alterna.

**Cortocircuito:** Circuito que se produce accidentalmente por contacto entre dos conductores y suele ocasionar una descarga.



**GRUPO FONDO FORMACIÓN**

*FONS  FORMACIÓ*

*FONDO  FORMACION*  
*evskadi*



**Fondo de Formación y  
Gestión Empresarial, SAL**



Fundación Andaluza Fondo de Formación y Empleo  
**CONSEJERÍA DE EMPLEO**



**FUNDACIÓN METAL**  
ASTURIAS



FUNDACIÓN GALEGA DO METAL  
**FORMEGA**  
FORMACIÓN - CUALIFICACIÓN - EMPREGO

*FONDO  FORMACION*  
**Fondo Formación Centro, S.L.L.**