

Programa de la asignatura:

Tecnologías fotovoltaicas

U3

Introducción a los sistemas
fotovoltaicos



Índice

Presentación de la unidad	3
Competencia específica	5
Propósitos	5
3.1. Sistemas fotovoltaicos autónomos	6
3.1.1. Aplicaciones de los sistemas autónomos	7
3.1.2. Estructura de sistemas autónomos	10
3.2. Sistemas conectados a la red	16
3.2.1. Aplicaciones de los sistemas fotovoltaicos conectados a red	17
3.2.2. Estructura de un sistema fotovoltaico conectado a red	19
Cierre de la unidad	24
Fuentes de consulta	25



Presentación de la unidad



Paneles solares. Retomado de <http://www.inessman.com/>

En esta unidad se estudiarán las diferentes estructuras de sistemas fotovoltaicos, así como algunas de sus aplicaciones. Se abordará brevemente el tema de dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos, ya que esta unidad te será de utilidad como preámbulo a la asignatura de *Diseño de sistemas fotovoltaicos*.

La unidad aborda los sistemas autónomos tales como: de bombeo e iluminación básica y sistemas de interconexión a la red.

Antes de comenzar es preciso mencionar que un sistema fotovoltaico es un conjunto de componentes cuya función es convertir la energía solar en energía eléctrica, la cual es acondicionada para cubrir los requerimientos de una aplicación determinada.

Los sistemas fotovoltaicos cuentan con algunos componentes específicos como son módulos fotovoltaicos, estructura y cimientos del arreglo fotovoltaico, acondicionadores de potencia eléctrica que permiten controlar, almacenar y distribuir la energía eléctrica producida por la tecnología FV a un voltaje específico para su consumo en las cargas eléctricas consideradas.



Los componentes a utilizar en un sistema fotovoltaico dependerán del tipo de aplicación que se le dé al sistema. Una ventaja que tienen los sistemas fotovoltaicos es su bajo costo de mantenimiento a lo largo de su vida útil, la cual es de aproximadamente 20 años para los módulos fotovoltaicos; sin embargo, el costo de la inversión inicial es alta comparada con otras tecnologías, aunque los costos de mantenimiento y operación son muy bajos en comparación con los costos de generación de electricidad (Secretaría de Energía, 2012).

Los sistemas fotovoltaicos se pueden clasificar en función de la aplicación a la cual están destinados y pueden ser sistemas fotovoltaicos autónomos (aislados) y sistemas fotovoltaicos interconectados a la red.

Pues bien, estos son los puntos que se abordan en la presente unidad, adelante.



Competencia específica



Unidad 3

Desarrolla un proyecto de sistema fotovoltaico para resolver problemas energéticos mediante el uso de las tecnologías fotovoltaicas.

Propósitos

1

Identificar los diferentes componentes que forman un sistema fotovoltaico y las diferentes estructuras empleadas para diversas aplicaciones.

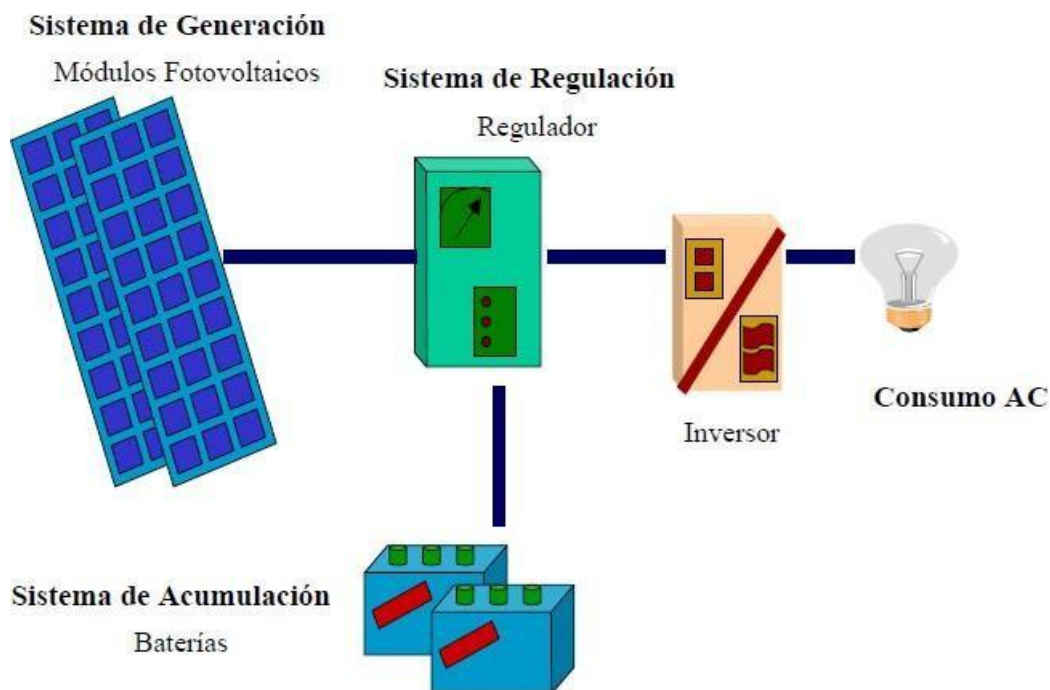
2

Realizar un dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos grosso modo.



3.1. Sistemas fotovoltaicos autónomos

Los sistemas fotovoltaicos aislados de la red o autónomos no necesitan sincronizarse con la red eléctrica convencional, estos sistemas pueden alimentar cargas en corriente directa, así como cargas en corriente alterna. En la siguiente figura se muestra la configuración de un sistema de autónomo.



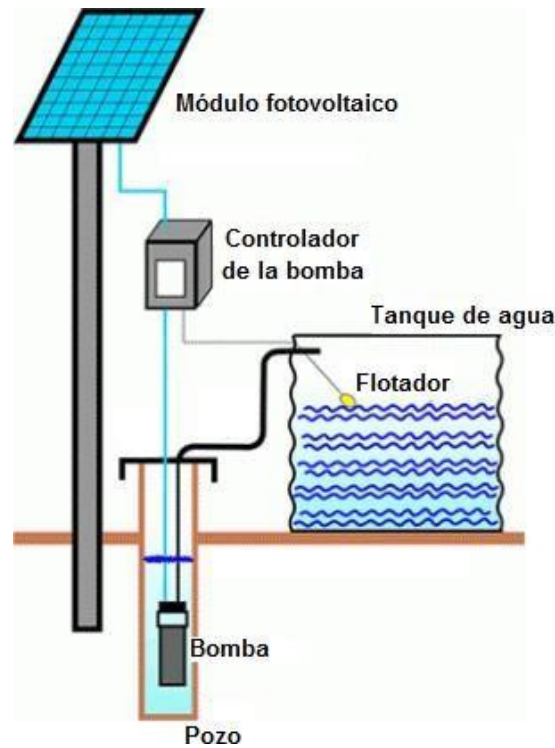
Sistema fotovoltaico autónomo para cargas en corriente alterna. Fuente: modificado de (Jorge Aguilera).

La configuración anterior se puede aplicar en sistemas de iluminación, electrificación rural, entre otros. Las baterías son muy importantes en este tipo de sistemas, ya que el almacenamiento de energía se lleva a cabo en ellas, para contar con energía disponible para poder electrificar las cargas cuando no se cuenta con el recurso solar (por las noches). El controlador de carga es otro elemento importante en un sistema fotovoltaico, ya que es el encargado de proteger las baterías de una posible sobrecarga o sobredescarga. El inversor es el componente encargado de convertir la corriente directa en corriente alterna, cuando las cargas son en CA, si las cargas son en CD el uso del inversor se omite.

Otro tipo de sistemas fotovoltaicos autónomos que se utilizan muy frecuentemente son los sistemas de bombeo, en estos sistemas el almacenamiento de la energía se realiza en



forma de energía hidráulica. Se recomienda omitir el uso de un banco de baterías en este tipo de sistemas, ya que encarecerían el sistema. En la siguiente figura se muestra un sistema autónomo para bombeo de agua.



Estructura de un sistema de bombeo fotovoltaico. Fuente: tomado de <http://climatetechwiki.org/technology/jiqweb-swp>

Los sistemas fotovoltaicos autónomos son característicos de comunidades rurales o zonas aisladas, donde la energía eléctrica de la red no puede llegar por diferentes factores como son: zonas de difícil acceso o el costo de la extensión de la línea eléctrica es muy alta. Los sistemas autónomos no requieren de un dispositivo de medición de energía (medidor bidireccional) como en el caso de los sistemas interconectados, sin embargo, requieren de un sistema de almacenamiento de energía.

3.1.1. Aplicaciones de los sistemas autónomos

Las aplicaciones de los sistemas fotovoltaicos autónomos se pueden dividir en dos grandes ramas que son: aplicaciones espaciales y terrestres (www.mcgraw-hill, 2010).

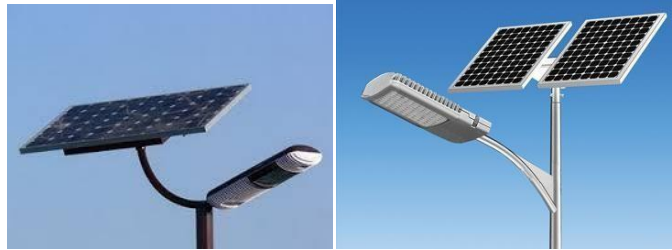
- **Aplicaciones espaciales.** Proporcionan energía eléctrica a elementos como satélites de comunicación, estación espacial, entre otros.



- **Aplicaciones terrestres.** Los sistemas autónomos pueden alimentar tanto cargas en corriente directa como en corriente alterna, algunas de las áreas donde se utilizan estos sistemas son:
 - Telecomunicaciones. En el área de telecomunicaciones la tecnología fotovoltaica, ha sido utilizada en telefonía rural, radiocomunicaciones, repetidoras de telefonía, televisión, etc.
 - Electrificación. Son los sistemas que se instalan en zonas donde no hay acceso a la red eléctrica comercial. Este tipo de sistemas se utilizan para proporcionar energía eléctrica a pequeñas comunidades aisladas, para alimentar cargas pequeñas como son focos, y equipos de primera necesidad.
 - Señalización. Son sistemas aplicados en señalización marítima, señales de tráfico, etc.
 - Alumbrado público. En un inicio este tipo de sistemas se utilizaban solo en comunidades aisladas para iluminar las calles, o zonas de convivencia, sin embargo, hoy en día este tipo de sistemas también se utilizan en zonas urbanas para iluminar avenidas, calles, centros de recreación, entre otros.

Como se puede observar en las siguientes imágenes, el uso de estos sistemas ha llevado a crear sistemas con diseño y a utilizar la tecnología de LED. El uso de estos sistemas fotovoltaicos utilizando lámparas de LED es una opción económicamente viable y con menos impactos al ambiente, además de que los fabricantes e instaladores, han integrado diseño visual a los sistemas para que estén en armonía en el entorno donde se instalen.





Luminarias fotovoltaicas con diseño.

- **Bombeo de agua.** Los sistemas de bombeo de agua son instalaciones para el sector agropecuario, granjas, ranchos, etc. donde se requiera la extracción de agua para riego o uso final del usuario. En la siguiente figura se muestra una fotografía de un sistema de bombeo.



Sistema de bombeo fotovoltaico. Fuente: tomado de http://www.eraingenieria.com/portal/lang_es-ES/tabid_7113/default.aspx

- **Telemetría.** En este tipo de aplicaciones, los sistemas fotovoltaicos autónomos permiten realizar mediciones sobre variables físicas y transmitir la información a una central, por ejemplo, estaciones meteorológicas, control de pluviometría de la cuenca de un río, etc.
- **Redes de VSAT.** Una red VSAT por sus siglas en inglés (Very Small Aperture Terminal), son redes de comunicación de datos vía satélite para intercambio de información punto-punto o, punto-multipunto o interactiva de redes privadas.
- **Otras aplicaciones.** La tecnología solar fotovoltaica ha sido utilizada en varias áreas para beneficio del ser humano, el uso de los sistemas autónomos ha ido creciendo y se aplica en la vida cotidiana de diferentes maneras, ya sea para la iluminación, transporte, así como comunicación.

En este apartado de la unidad se presentaron las diferentes aplicaciones que puede tener la tecnología fotovoltaica. Actualmente los sistemas fotovoltaicos están teniendo una gran



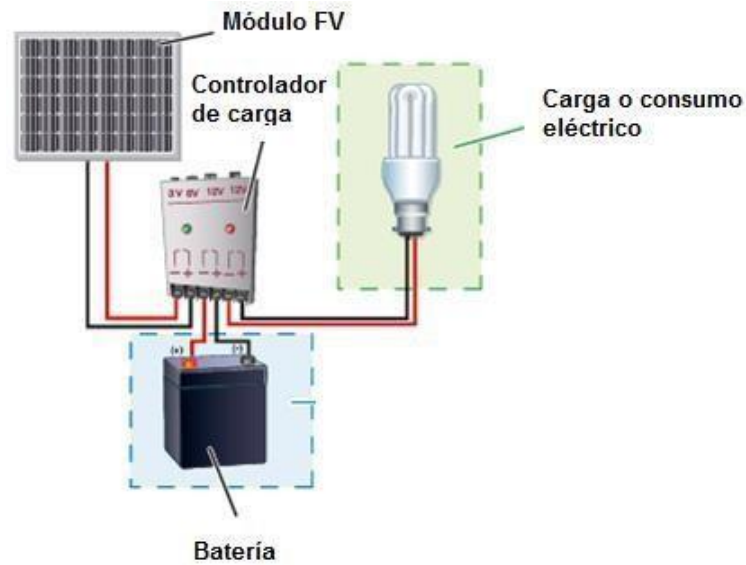
aceptación a nivel mundial con usos muy diversos, por lo que como ingeniero en energías renovables debes conocer la tendencia de innovación y confiabilidad que tienen los SFV, para ofrecer soluciones de calidad que dejen satisfechos a tus clientes.

3.1.2. Estructura de sistemas autónomos

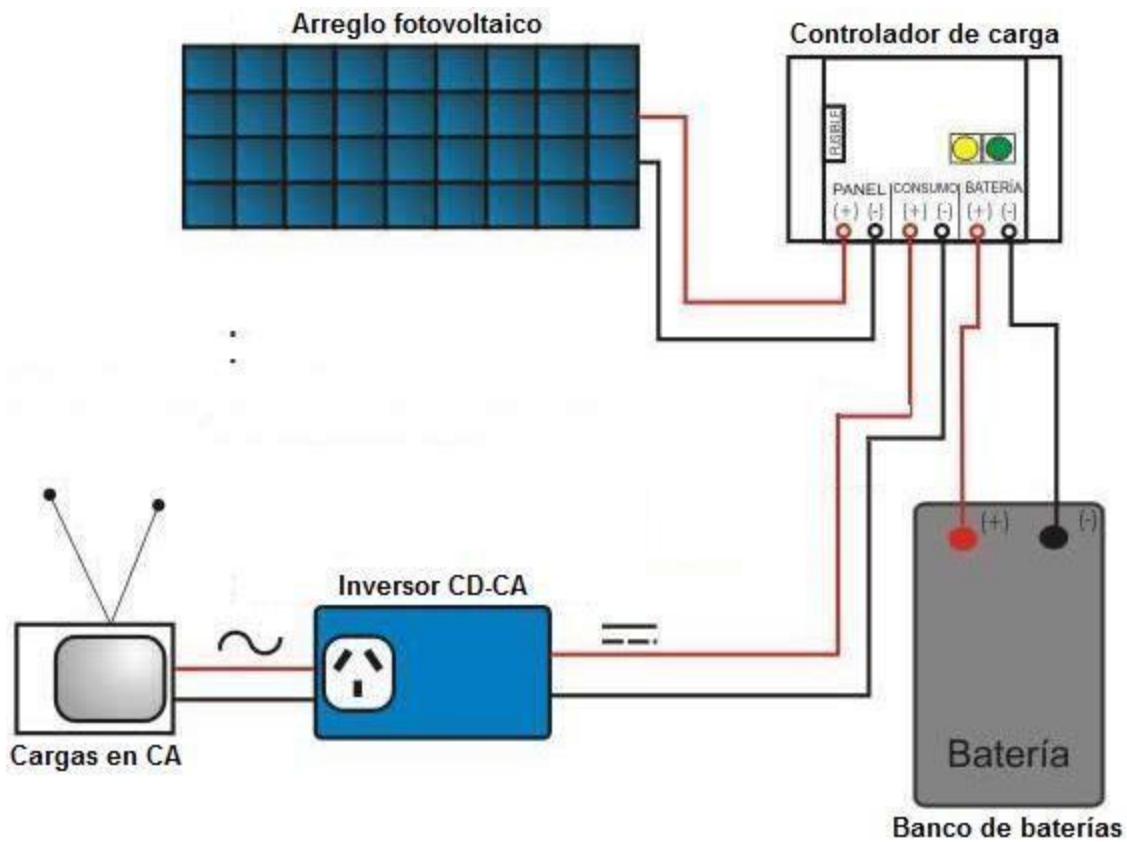
La energía que se produce con los sistemas fotovoltaicos autónomos se utiliza para cubrir una demanda de energía eléctrica en lugares aislados de la red eléctrica, donde son competitivos económicamente frente a otras tecnologías (motor diésel, bombas de gasolina, etc.). Los sistemas autónomos pueden alimentar tanto cargas en corriente directa como en corriente alterna, por lo cual necesitan de ciertos acondicionadores de energía.

En las siguientes figuras se presenta la estructura o configuración de un sistema fotovoltaico autónomo para alimentar cargas en corriente directa y corriente alterna. SFV autónomo para CD, como se puede observar estos sistemas están formados por el arreglo fotovoltaico (conjunto de módulos interconectados entre sí), un controlador de carga y un sistema de almacenamiento (baterías). Por lo general, este tipo de configuraciones se utilizan para iluminación básica, radiocomunicación, etc.

El arreglo fotovoltaico es la parte del sistema que transforma la energía de los fotones en energía eléctrica en corriente directa, a través del efecto fotovoltaico. Esta energía en corriente directa puede ser utilizada para alimentar cargas en CD. Sin embargo, cuando las cargas son en corriente alterna CA, se requiere de un dispositivo adicional que convierta la CD en CA, como son los inversores.



Configuración de un sistema fotovoltaico autónomo para cargas en corriente directa. Fuente: tomado de (Mcgraw-hill.es, 2012).



Configuración de un sistema fotovoltaico autónomo para cargas en corriente alterna. Fuente: tomado de http://virgiliotovar.blogspot.mx/2012_10_01_archive.html



Existe una configuración más para los sistemas fotovoltaicos autónomos; que se pueden denominar sistemas fotovoltaicos autónomos CD y CA debido a que estos sistemas alimentan tanto cargas en corriente directa como alterna. En la siguiente figura se muestra dicha configuración.



Configuración de un sistema fotovoltaico autónomo para cargas en corriente directa y corriente alterna. Fuente: tomado <http://energyefficienciesllc.com/how-it-works>

Como se observa en las figuras anteriores un sistema fotovoltaico autónomo cuenta con un sistema de generación, un sistema de almacenamiento, los cuales deben estar dimensionados para proporcionar la energía requerida por el usuario en cualquier momento de forma confiable. Para esto se debe dimensionar correctamente el arreglo fotovoltaico y el banco de baterías.

Dimensionamiento de un arreglo fotovoltaico

Para determinar la potencia del arreglo fotovoltaico a instalar se considera:

- La energía de consumo requerida por el usuario (E).
- Las horas solares pico, con las que cuenta el sitio de instalación (HSP).
- La eficiencia total del sistema, que se desea tener (η_{SIST}).



La ecuación para determinar la potencia pico de instalación, está dada por:

$$P_p = \frac{E}{(HSP \times \eta_{SIST})}$$

Ejemplo

Se desea dimensionar un arreglo fotovoltaico para alimentar cinco lámparas fluorescentes de 10 W durante 8 horas diarias. El sitio de instalación cuenta con un recurso solar de 5 kWh/día y la eficiencia del sistema es del 80%.

Resolviendo:

$$E = 10 \text{ W} \times 8 \text{ horas} \times 5 \text{ lámparas} = 400 \text{ Wh/día}$$

Por lo tanto, la potencia requerida es:

$$P_p = \frac{400 \text{ Wh/día}}{5 \times 0.80} = 100$$

Dimensionamiento de un banco de baterías

La capacidad de almacenamiento de un banco de baterías, CB, se determina en función de la energía consumida diariamente por las cargas eléctricas y la autonomía requerida en el sistema. Para los sistemas FV la autonomía del banco de baterías se define como el número de días que las cargas eléctricas deben funcionar con cero insolaciones. Es decir, que el banco de baterías debe ser capaz de proporcionar la energía requerida por las cargas durante los días nublados.

Para estimar la capacidad de almacenamiento de una batería CB se usa la siguiente expresión:

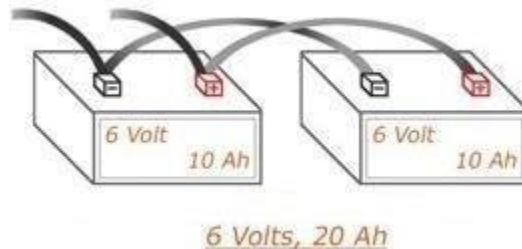
$$C_B = E_C A_u / V_N f_u F_i$$

donde Ec es la energía que consumen las cargas se debe expresar en W-h, Au es la autonomía expresada en días (se recomienda una autonomía no mayor de 3 días), VN es la tensión nominal del sistema (múltiplos de 12 V), fu es el factor de uso recomendado por el fabricante de la batería (fu = 0.5 para baterías de placa delgada; fu = 0.8 para baterías de placa gruesa o descarga profunda); factor de incremento en la capacidad debido a una razón de descarga más lenta Fi = 1.05 para batería de placa delgada y Fi = 1.35 para batería de placa gruesa.



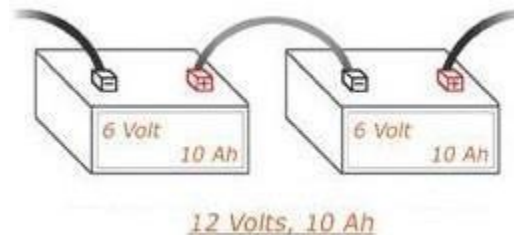
Conexión serie y paralelo de baterías

Si se desea aumentar la capacidad de energía de un banco de baterías, estas se deben conectar en paralelo. Por ejemplo, si se tienen 2 baterías de 10 Ah @ 6 V cada una y se requiere un banco de baterías de 20 Ah a 6 V, estas baterías se deben conectar de la siguiente forma:



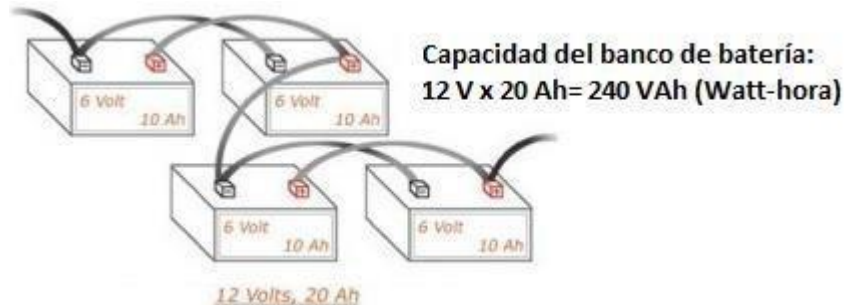
Conexión en paralelo de dos baterías. Fuente: tomado de <http://eliseosebastian.com>

En una conexión en paralelo, la tensión se mantiene igual 6 V y la capacidad aumenta a 20 Ah. Si por el contrario se requiere de un banco de baterías de 12 V @ 10 Ah, las baterías se deben conectar en serie, de la siguiente manera:



Conexión en serie de dos baterías. Fuente: tomado de <http://eliseosebastian.com>

En caso de que el banco de baterías deba suministrar una tensión de 12 V y tener una capacidad de 20 Ah, entonces la conexión del banco de baterías debe ser en serie y paralelo. En serie para aumentar la tensión a 12 V y en paralelo aumentar la capacidad. En la siguiente figura se muestra una conexión serie-paralelo de un banco de baterías de 12 V @ 20 Ah.



Conexión serie-paralelo de un banco de baterías. Fuente: tomado de <http://eliseosebastian.com>

Ejemplo

Se tiene un aparato eléctrico que consume 5 A durante una hora, ¿Cuál es la configuración del arreglo de baterías si la tensión nominal del equipo es de 6 volt y está en uso durante dos horas? El usuario tiene 3 baterías de 6 Ah @ 6V.

Realiza el diagrama de conexión del banco de baterías.

Solución:

$$\text{Energía consumida por el aparato} = 5 \text{ A} \times 2 \text{ h} = 10 \text{ Ah}$$

Por lo tanto, se requiere tener un banco de baterías de 10 Ah @ 6 V.

Conexión en serie:

$$\begin{aligned} 6 \text{ Ah} \times \text{baterías en serie} &= 1 \text{ Ah} \\ 6 \text{ Ah} \times 2 \text{ baterías en serie} &= 12 \text{ Ah} \\ 6 \text{ Ah} \times 3 \text{ baterías en serie} &= 18 \text{ Ah} \end{aligned}$$

Conexión en paralelo:

$$\begin{aligned} 6 \text{ V} \times 1 \text{ baterías en paralelo} &= 6 \text{ V} \\ 6 \text{ V} \times 2 \text{ baterías en paralelo} &= 12 \text{ V} \\ 6 \text{ V} \times 3 \text{ baterías en paralelo} &= 18 \text{ V} \end{aligned}$$

El usuario puede utilizar solo 2 baterías en serie y una en paralelo, con esta configuración tiene 12 Ah @ 6 V, porque con 3 baterías en serie el banco de baterías estaría sobredimensionado.



Dimensionamiento del controlador de carga

El controlador de carga debe ser capaz de soportar la corriente máxima suministrada por el arreglo fotovoltaico y proteger a la batería de sobrecargas y sobre descargas, es decir, que debe permitir la inyección de energía cuando detecta que el estado de la carga de la batería es bajo; y de bloquear el suministro de energía a la batería cuando esta alcanza su estado de carga al 100%. Una forma de dimensionar el controlador de carga está dada por:

$$C_{\text{controlador}} = I_{sc(\text{módulo})} \times 1.25 \times \text{No. de módulos en paralelo}$$

En este tema de la unidad se abordó la configuración de los sistemas fotovoltaicos autónomos, que más se utilizan. Ahora eres capaz de identificar los componentes de dichos sistemas y su importancia dentro de estos. Otro subtema que se abordó fue el dimensionamiento a grandes rasgos de un sistema autónomo, lo cual te ayudará para entender mejor la asignatura de *Diseño de sistemas fotovoltaicos*, donde profundizarás en el diseño como tal del sistema.

3.2. Sistemas conectados a la red

Los sistemas fotovoltaicos interconectados a la red han alcanzado una madurez en el esquema de generación distribuida en los países desarrollados como Dinamarca, Alemania, Japón y Holanda. Sin embargo, en México el uso de sistemas fotovoltaicos conectados a la red ha tenido una penetración y desarrollo lento.

Los sistemas fotovoltaicos conectados a red, pueden aportar beneficios al sistema de distribución con el que estén interactuando. Algunos beneficios potenciales son:

- Alivio térmico a equipos de distribución.
- Disminución de pérdidas por transmisión y distribución.
- Compensación de potencia reactiva en el alimentador.

Otra ventaja que presentan los sistemas fotovoltaicos interconectados a red es bajar el tipo de tarifa eléctrica con la que cuentan los usuarios de alto consumo en el sector residencial, comercial o industrial. Por ejemplo, en México los usuarios con tarifa doméstica de alto consumo (DAC), utilizando SFV interconectado pueden ver reflejados ahorros económicos derivado de un cambio de tarifa DAC a una tarifa de bajo consumo.

En lo que resta de la unidad se estudiará el tema de los sistemas fotovoltaicos interconectados a la red, conociendo su estructura, los elementos que intervienen en un SFV interconectado, así como las consideraciones que se deben tomar en cuenta al



momento de diseñar un sistema interconectado a la red, para que desarrolles proyectos fotovoltaicos de una manera confiable y eficaz.

3.2.1. Aplicaciones de los sistemas fotovoltaicos conectados a red

En los sistemas fotovoltaicos interconectados a la red tienen diversas aplicaciones en el sector eléctrico, la diferencia con los sistemas autónomos es que este tipo de sistemas necesitan detectar la señal de la red eléctrica convencional. Algunas de las aplicaciones de estos sistemas son: centrales fotovoltaicas, huertos solares, y edificios fotovoltaicos.

➤ Centrales fotovoltaicas y huertos solares

En estas aplicaciones se requiere concentrar un número determinado de instalaciones fotovoltaicas con la finalidad de vender la energía eléctrica producida a la compañía eléctrica (en México CFE). La instalación de las centrales o huertos se ubican en el mismo lugar, estas pueden tener un solo propietario o estar en sociedad.

En la figura siguiente se puede apreciar un huerto solar.



Huerto solar. Fuente: tomado de http://www.opex-energy.com/fotovoltaica/componentes_fotovoltaicos.html

➤ Edificios fotovoltaicos

La evolución de los productos utilizados en la fabricación de módulos fotovoltaicos ha permitido su utilización en cubiertas y fachadas que agregan un gran valor visual a las instalaciones (integración arquitectónica). La electricidad producida por estas instalaciones es utilizada para autoconsumo.



En la mayoría de los sistemas instalados en edificios han sido integrados en los techos, debido a que allí alcanzan la máxima captación de energía solar, sin embargo, también se integran en muros, fachadas, domos, en donde el vidrio es reemplazado por módulos fotovoltaicos de película delgadas casi transparentes. Los sectores donde se han implementado este tipo de sistemas son el sector residencial, comercial e industrial.

Sector residencial

En la siguiente figura se muestra un sistema fotovoltaico residencial, en México este tipo de sistemas es viable para los usuarios en tarifa de alto consumo (DAC) debido a que los costos de CFE son altos y no se cuenta con subsidios como en la tarifa de bajo consumo.



Sistema fotovoltaico interconectado a la red para uso residencial.

El sistema fotovoltaico puede reducir hasta en un 80% el consumo promedio de energía eléctrica que un usuario utiliza, ocasionando así un cambio de tarifa de DAC a una tarifa de bajo consumo. En los sistemas fotovoltaicos residenciales la capacidad de potencia pico a instalar no debe exceder los 10 kWp (SENER, 2012).

Sector comercial

En la siguiente figura se muestran algunos ejemplos de sistemas fotovoltaicos para el sector comercial. En México, algunas empresas como son Walmart, Telmex, CFE, Grupo México, han instalado sistemas fotovoltaicos interconectados a red para autoconsumo. Siemens en México instaló sistemas fotovoltaicos en sus oficinas al igual que el gobierno de la delegación Azcapotzalco. Este tipo de sistemas se consideran sistemas de pequeña escala, ya que son sistemas de hasta 30 kWp en baja tensión.



Sistemas fotovoltaicos interconectados a la red para uso comercial y de oficinas. Fuente: tomado de <http://www.electronicosonline.com>

3.2.2. Estructura de un sistema fotovoltaico conectado a red

En este tipo de sistemas la energía en corriente directa es convertida en corriente alterna, a la tensión y frecuencia de la red eléctrica y sincronizada con la red. La conexión del sistema fotovoltaico con la red se realiza en paralelo. La energía generada por el SFV alimenta las cargas locales del inmueble, debido a que la electricidad fluye en la dirección de la menor resistencia y las cargas locales presentan menor resistencia que la red eléctrica convencional.

Si existe un excedente de potencia generada por el SFV y las cargas no pueden absorber dicha energía, ésta es inyectada a la red eléctrica.

La configuración típica de un sistema fotovoltaico interconectado a la red eléctrica para uso residencial, oficinas, entre otros, se muestra en la siguiente figura. Los elementos encargados de transformar la luz del sol en electricidad son los módulos fotovoltaicos que se instalan sobre el techo de los edificios en la mayoría de los casos. La conexión eléctrica del sistema con la red, se realiza a través de un inversor.



Configuración típica de un sistema fotovoltaico interconectado a la red.

- Arreglo fotovoltaico AFV: es un circuito formado por subarreglos de módulos fotovoltaicos conectados en paralelo.
- Inversor: es un dispositivo electrónico de potencia, su función principal es convertir la señal de corriente directa generada por el AFV en una señal de corriente alterna sincronizada con la red. La salida del inversor puede ser monofásica o trifásica.
- Interfaz con la red: en este punto, la salida del inversor se interconecta con las cargas de corriente alterna del inmueble y la red eléctrica de distribución local. Esta interfaz puede cumplir con las siguientes funciones: medición de flujo de energía entre el SFV, las cargas locales y la red (medidor bidireccional). Protecciones para el sistema de corriente alterna; distribución de la corriente alterna entre el SFV, las cargas locales y la red de distribución, así como proveer medios de desconexión para mantenimiento y seguridad, (centro de carga).
- Medidor bidireccional: en una instalación eléctrica convencional el medidor de luz indica la cantidad de kWh que se consume en un inmueble. Sin embargo, cuando se utiliza un sistema fotovoltaico interconectado a la red, CFE reemplaza el medidor convencional por un medidor bidireccional, el cual es capaz de medir la cantidad de energía que se está produciendo con el SFV e inyectando a la red, así como la energía que se consume de la red cuando el SFV no es capaz de proporcionar la energía requerida por las cargas.

Físicamente se puede observar que estos medidores bidireccionales giran en contra del sentido normal que se conoce.



Ejemplo

En una casa habitación el consumo promedio de energía es de 6.0 kWh/día, se tiene un SFV interconectado con una potencia instalada de 1 kWp y una radiación solar de 5 kWh/m²/día, bajo estas condiciones los módulos generan aproximadamente 5 kWh/día, por lo tanto, solo se pagaría a CFE 1 kWh/día, ya que el SFV están aportando un 80% del consumo diario.

Los sistemas fotovoltaicos interconectados a la red se pueden clasificar en sistemas de pequeña escala y en sistemas centralizados de mediana y gran escala. Los sistemas de pequeña escala son aquellos con una potencia instalada menor o igual a 30 kW, este tipo de sistemas no requieren de permisos de la Comisión Reguladora de Energía CRE, mientras que los sistemas de mediana escala permiten una potencia instalada de hasta 500 kW al igual que los sistemas de pequeña escala no se requiere permiso de la CRE, para sistemas de gran escala potencias mayores de 500 kW, para estos se necesita de un permiso de la CRE (SENER, 2012). Para los tres casos se requiere de un contrato de interconexión.

Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado a la red

Dentro de las consideraciones que se deben tomar en cuenta al momento de dimensionar un *sistema fotovoltaico interconectado* a la red son:

- Consumo de energía promedio anual.
- Área disponible para la instalación.
- Parámetros ambientales (velocidad de viento, temperatura ambiente, radiación solar).
- Características del tipo de instalación a la cual se conectará el sistema fotovoltaico (monofásico, bifásico, trifásico).
- Características de los módulos fotovoltaicos, inversores.

Ejemplo

Se requiere energizar el 50% del consumo de una casa habitación con un sistema fotovoltaico conectado a la red. En el sitio de instalación se tienen 5 horas solares pico, el usuario desea utilizar módulos de 250Wp de silicio cristalino. Se requiere que la eficiencia del sistema sea de 85%.

- a) Determina la potencia a instalar, si el consumo promedio diario es de 60 kWh.
- b) ¿Cuántos módulos fotovoltaicos se requieren?



- c) ¿Cuál es la capacidad requerida para el inversor?
- d) Determina el área requerida para la instalación del arreglo fotovoltaico, considerando que las dimensiones del MFV son 997 mm x 1005 mm.

Resolviendo:

- a) Considerando que se requiere suministrar una potencia de 30 kWh/día, con un recurso solar de 5 kWh/m²/día y la eficiencia del sistema es de 85% se tiene que la potencia a instalar es de:

$$P_p = \frac{30000}{5000 \times 0.85} = 7.05 \text{ kWp}$$

- b) El módulo fotovoltaico a utilizar tiene una potencia pico de 250 Watt, por lo tanto, se requieren de aproximadamente 28 módulos fotovoltaicos:

$$\text{No. de módulos} = \frac{7050 \text{ Watt}}{250 \text{ Watt}} = 28$$

- c) La potencia del inversor debe ser de 7 000 watt.
- d) El área requerida para esta instalación es de aproximadamente 28 m².

Ejemplo

Considerando el ejemplo anterior ¿cuál de los siguientes inversores seleccionarías para el sistema?

Características eléctricas	Inversor 1	Inversor 2
Potencia pico	7 kW	7000 Watt
Frecuencia	55-65 Hz	50 Hz
Salida	monofásica	trifásica
FP	0.93	0.95

Resolviendo:

El inversor uno es el que se puede adaptar fácilmente al sistema, debido a que el inversor 2 tienen una frecuencia de 50 Hz y los equipos en México funcionan a 60 Hz.

Con lo aprendido en esta sección, ya eres capaz de esquematizar un sistema interconectado a la red e identificar cada uno de sus componentes. Ahora puedes realizar



un diseño a grandes rasgos de un sistema conectado a la red, esta información te será útil para entender con mayor facilidad la asignatura de *Diseño de sistemas fotovoltaicos*, donde abordarás el tema de cableado, protecciones, así como la normatividad vigente en México.



Cierre de la unidad

En esta unidad se presentaron las estructuras básicas de los sistemas fotovoltaicos interconectados a la red y sistemas autónomos, así como sus diferentes aplicaciones en la sociedad. En esta unidad aprendiste a dimensionar un banco de baterías, así como la potencia necesaria para suministrar determinada energía requerida por un usuario.

Es importante que repases cada uno de los temas abordados, ya que son la base primordial para los tópicos que revisarás en la asignatura de *Diseño de sistemas fotovoltaicos*.



Fuentes de consulta



1. Abella, M. A. (2005). *Capítulo 3. Módulos y generadores fotovoltaicos*. En M. A. Abella, *Sistemas Fotovoltaicos- Introducción al diseño y dimensionamiento de instalaciones de energía solar fotovoltaica* (págs. 97-155). España: S.A.P.T Publicaciones técnicas, S.L.
2. McGraw-hill.es (2012). *Unidad1. Componentes de una instalación solar fotovoltaica*. <http://www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>
3. SENER. (2012). *Programa de fomento de sistemas fotovoltaicos en México (PROSOLAR)*. México D.F.: Juio Valle y André Eckemann.
4. SENER. (2012). *Resolución por la que la Comisión Reguladora de Energía expide las Reglas Generales de Interconexión al Sistema*. México, D.F.: DIARIO OFICIAL.