
Configuración de aplicaciones de la energía fotovoltaica

**unidad
didáctica4**

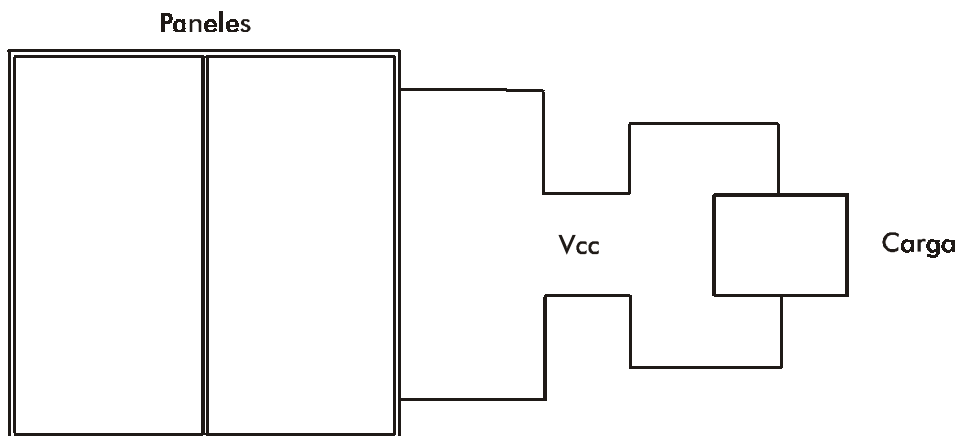
1. Clasificación de los sistemas fotovoltaicos

En una primera aproximación, podemos establecer una clasificación de las instalaciones solares FV en función de los diferentes objetivos cubiertos por las especificaciones. Las instalaciones se clasificarán, atendiendo a los siguientes criterios:

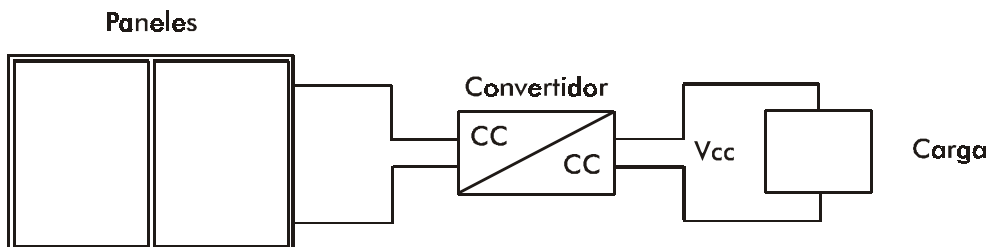
- a. La configuración, definida por sus componentes y la conexión entre los mismos.
- b. La aplicación a que vaya a ser destinada.
- c. Según el carácter de la utilización de la instalación.
- d. Tensión de trabajo y potencia de la instalación.

1.1. Clasificación de las instalaciones atendiendo a su configuración básica

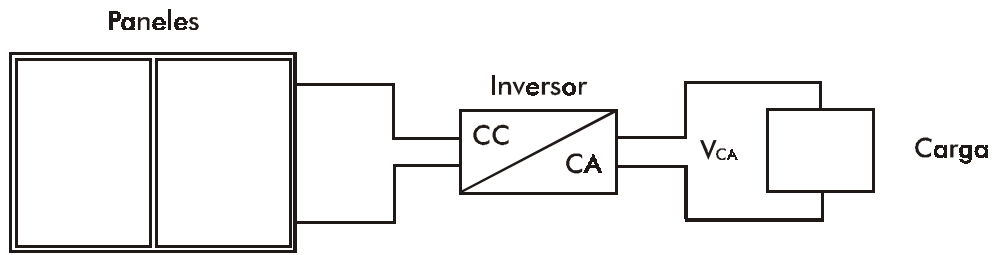
- **Configuración nº 1** (suministro directo): se incluyen en este grupo las instalaciones básicas, compuestas por paneles acoplados directamente a la carga en CC. El servicio se reduce a las horas de sol, ya que no dispone de sistema de acumulación. Es el sistema ideal para instalaciones que funcionan durante las horas del día, como pueden ser el bombeo de agua para riego o llenado de tanques. Para iluminación o con otras cargas que no es frecuente usar durante el día, este suministro no es el más adecuado.



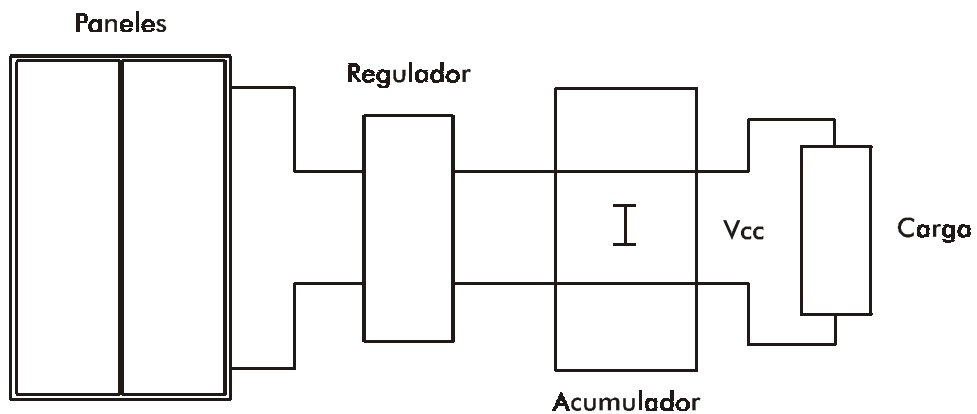
- **Configuración n° 2** (suministro de tensión diferente a la generada): se incluyen en este grupo las instalaciones compuestas por paneles y convertidor CC/CC, acoplados directamente a la carga. El convertidor es necesario aquí porque se considera que la carga requiere un voltaje superior al proporcionado por el panel FV. Debe tener las características de entrada, salida y potencia adecuadas.



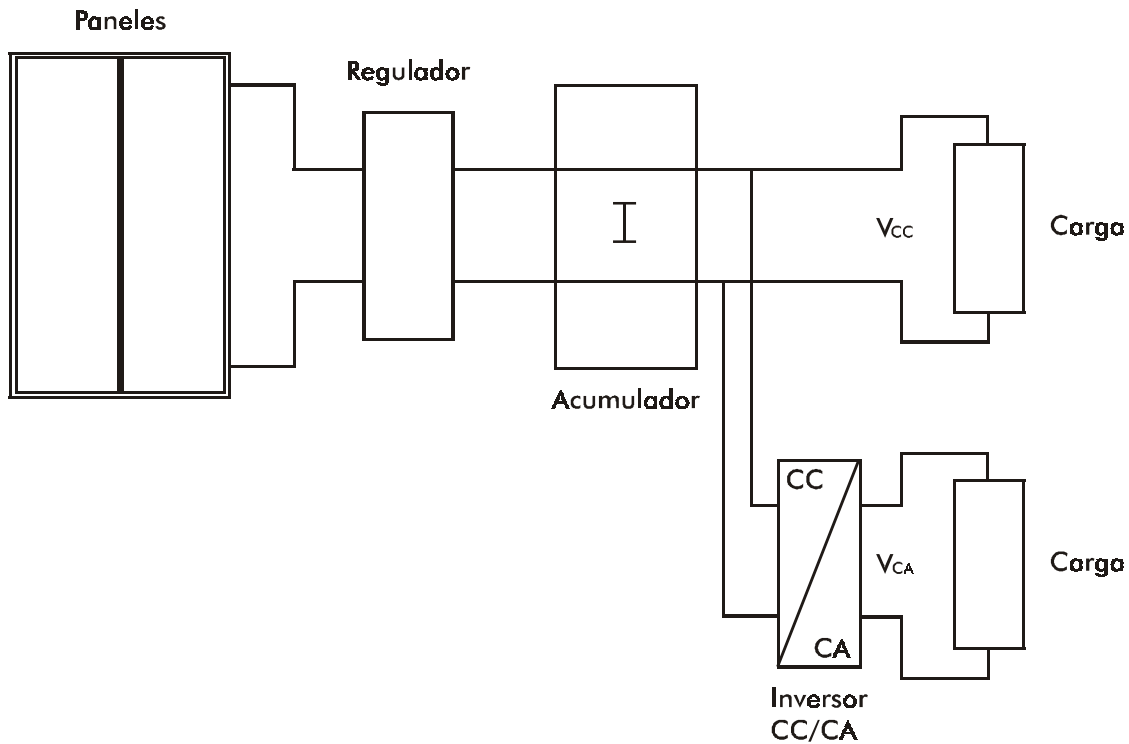
- **Configuración n° 3** (suministro en corriente alterna): se incluyen en este grupo las instalaciones compuestas por paneles e inversor CC/CA, por necesidades de la carga, acoplados directamente a ella. Las características principales del equipo son las tensiones de entrada y salida, la potencia suministrada y la forma de onda de la CA a la salida.



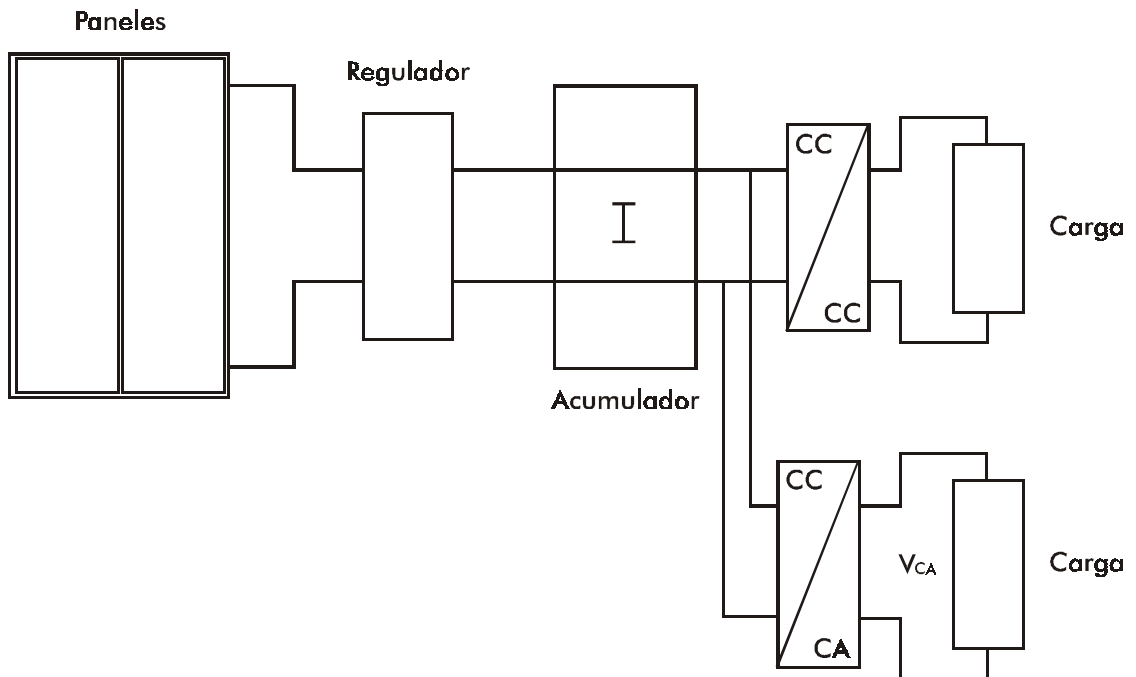
- **Configuración n° 4** (suministro en corriente continua, mediante acumulador): se incluyen en este grupo las instalaciones compuestas por paneles, sistemas de regulación y acumulador, conectados a una carga en CC, a la tensión de la batería, que es igual a la del panel FV. Con este sistema también se dispone de suministro eléctrico en las horas nocturnas, por ejemplo, para la iluminación. En función de la disposición de energía solar y del consumo de la carga, se realiza el dimensionado, principalmente de panel y del sistema de acumulación.



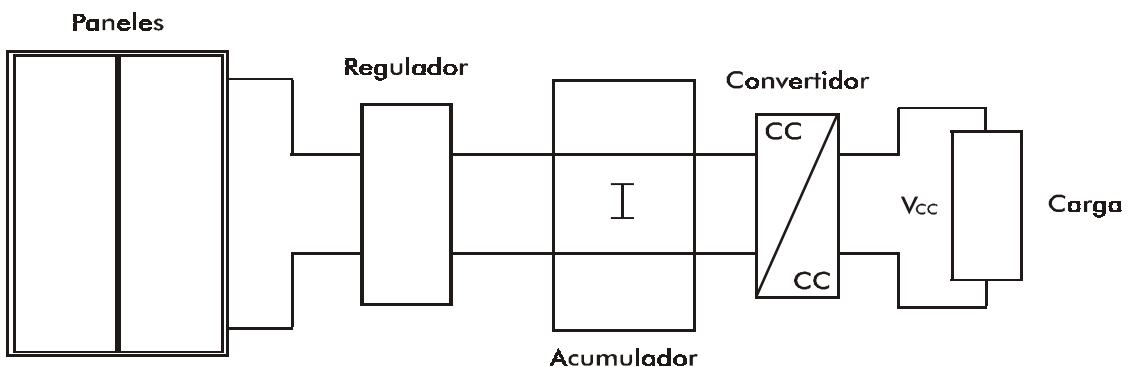
- **Configuración n° 5** (suministro en corriente continua y alterna con acumulador): se incluyen en este grupo las instalaciones compuestas por paneles, sistema de regulación, acumulador e inversor de CC/CA, conectados a la carga en CC o en CA. En este caso, el sistema FV debe suministrar CC a una carga en CC o en CA. En este caso, el sistema FV debe suministrar CC a una carga y CA a otra. La carga de continua va a la tensión de la batería, y por tanto del panel, y la de alterna debe coincidir con la suministrada por el acumulador o inversor CC/CA.



- **Configuración n° 6** (suministro en corriente continua de tensión diferente a la generada y en alterna, con acumulador): se incluyen en este grupo las instalaciones compuestas por paneles, sistemas de regulación, acumulador, convertidor CC/CC, inversor de CC/CA, conectados a la carga en CC o en CA. Esta aplicación se diferencia de la anterior en que la carga de CC va a una tensión diferente a la proporcionada por la batería y el panel, por lo que es necesario incorporar un convertidor CC/CC que adapte las tensiones de entrada y salida.



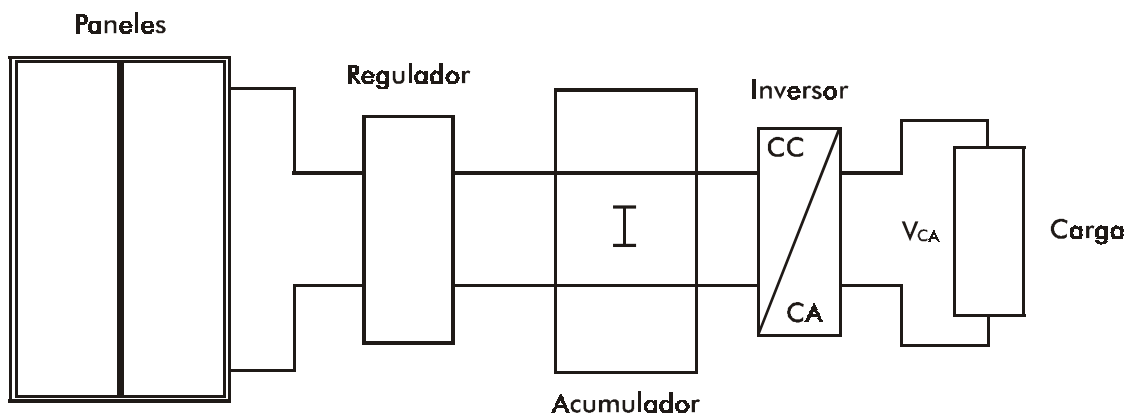
- **Configuración n° 7** (suministro en corriente continua de tensión diferente a la generada): se incluyen en este grupo las instalaciones compuestas por paneles, sistemas de regulación, acumulador, convertidor de CC/CC conectados a cargas en corriente continua. En este caso, la carga de CC necesita una tensión diferente a la que se obtiene del panel y la batería, por eso, como medio de adaptación entre las tensiones de entrada y salida se incorpora el convertidor CC/CC.



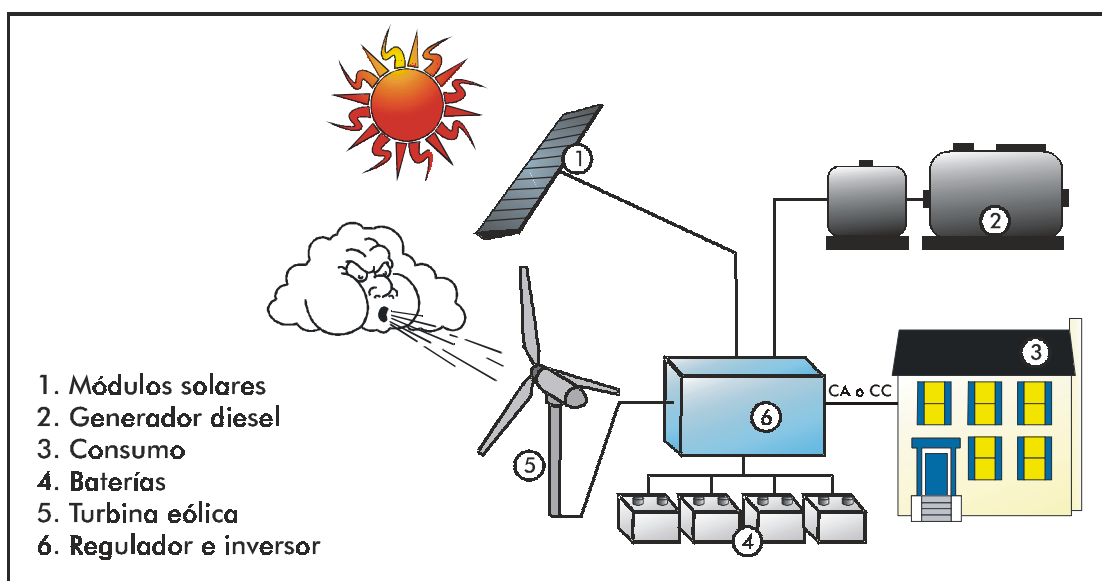
Energía solar fotovoltaica

Configuración de aplicaciones de la energía fotovoltaica

- **Configuración nº 8** (suministro en corriente alterna, mediante acumulador): se incluyen en este grupo las instalaciones compuestas por paneles, sistemas de regulación, acumulador, inversor de CC/CA, conectados a cargas de corriente alterna. Es la configuración más empleada ya que proporciona CA, que es la que consumen casi todos los electrodomésticos. El acumulador permite suministrar también en las horas nocturnas. El inversor proporciona la CA con la tensión de salida y frecuencia requeridas por la carga.



- **Configuración nº 9**: toda aquella en la que el sistema de generación de energía este compuesto por un campo fotovoltaico y alguna otra fuente de energía distinta, utilizando ambos el mismo sistema de acumulación. Esta configuración se subdivide a la vez en las 5 configuraciones anteriores.



También es permisible el utilizar combinaciones de las anteriores configuraciones.

1.2. Clasificación por aplicación

Ente las aplicaciones de la energía proporcionada por los sistemas FV podemos destacar:

- a. Instalaciones de primer nivel de electrificación de vivienda y locales. Se incluyen las instalaciones para iluminación de viviendas y locales y alimentación de electrodomésticos y equipos en CC.
- b. Instalaciones de segundo nivel de electrificación de viviendas. Se incluyen las instalaciones para iluminación de viviendas y locales, y alimentación de electrodomésticos que para su utilización requieren convertidor de CC a CA.
- c. Electrificación centralizada de grupos de viviendas.
- d. Electrificación de explotaciones agrícolas y ganaderas. Por ejemplo, en cercas eléctricas, que requieren un alto voltaje pero poca corriente, con lo que cuando un animal las toca, recibe una descarga dolorosa, pero inofensiva, que evita que vuelva a acercarse a ellas e intente derribarlas. También se usan en recintos de fauna y especies protegidas.
- e. Instalaciones para iluminación de naves y accionamiento de equipos en CC y en CA, para uso agrícola y ganadero. Se excluyen de este grupo las instalaciones para uso exclusivo de bombeo de agua.
- f. Instalaciones de bombeo de agua.
- g. Instalaciones de uso exclusivo de bombeo de agua, que no requieren de acumulador eléctrico. Se trata un sistema típico de bombeo en zonas remotas y en países en vías de desarrollo, donde se emplean para bombear agua de pozos y de ríos a las aldeas para consumo doméstico y para la irrigación de los cultivos.

Energía solar fotovoltaica

Configuración de aplicaciones de la energía fotovoltaica

- h. Instalaciones para iluminación de exteriores. Se incluyen los sistemas de alumbrado público formados por equipos de iluminación autónomos que comprenden todos los elementos básicos de una instalación solar fotovoltaica.



- i. Instalaciones para señalización. Incluyen las instalaciones para alimentación de seguridad, ayudas a la navegación (faros, balizas y boyas), señales iluminadas en los caminos, señales en cruces ferroviarios...



- j. Instalaciones para telecomunicaciones. Incluyen las instalaciones para alimentación de repetidores y re-emisores de radio y TV., equipos de radio y amplificadores-repetidores. Existen miles de sistemas instalados alrededor del mundo, dado su confiabilidad y costos relativamente bajos de operación y mantenimiento.
- k. Instalaciones de telemetría y telecontrol. Incluyen las instalaciones para alimentación de equipos de medida y control en instalaciones remotas. Estas estaciones típicamente constan de un receptor, un transmisor y un sistema de alimentación basado en la fuente FV. Los sistemas de monitoreo remotos se emplean entre otras, para recabar datos del tiempo, información sobre el medioambiente, y transmitirla automáticamente por radio a una central.
- l. Instalaciones para aplicaciones industriales. Incluyen las instalaciones para alimentación de equipos industriales, no incluidos en los conceptos anteriores, como por ejemplo en sistemas de tratamiento de aguas para consumo humano en áreas alejadas, donde la electricidad obtenida del sistema FV se utiliza para alimentar una luz fuerte ultravioleta para matar las bacterias, o desalinización del agua salobre mediante un proceso de ósmosis inversa.
- m. Instalaciones recreativas. Incluyen las instalaciones para alimentación de pequeños equipos de uso recreativo.

Dependiendo de la aplicación, será más adecuado un tipo de configuración u otro. Así:

- Para instalaciones de primer nivel de electrificación de viviendas y locales, será recomendable realizar la Configuración n° 3.
- Si se trata del segundo nivel de electrificación de viviendas, son más adecuadas la Configuración n° 4 y la Configuración n° 5.
- Para la electrificación centralizada de grupos de viviendas, la instalación más adecuada es la que corresponde a la Configuración n° 7.
- En el caso de electrificar explotaciones agrícolas y ganaderas, son adecuadas las Configuraciones n° 4, n° 5 y n° 7.

Energía solar fotovoltaica

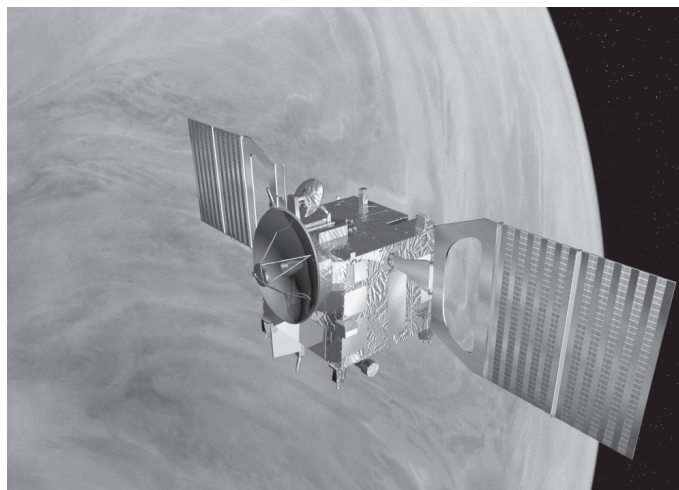
Configuración de aplicaciones de la energía fotovoltaica

- El bombeo de agua es un claro ejemplo de aplicación de la Configuración nº 1.
- Para la iluminación de exteriores, la Configuración nº 3.
- Para señalizaciones, telecomunicaciones, telemetría y telecontrol, puede elegirse entre las Configuraciones nº 3, nº 4, nº 5 y nº 6.

1.2.1. Otros usos de celdas solares

Se puede utilizar celdas fotovoltaicas en una gran variedad de aplicaciones incluyendo:

- a. Productos de consumo tales como relojes, juguetes y calculadoras.
- b. Sistemas de energía de emergencia.
- c. Refrigeradores para almacenaje de vacunas y sangre en áreas remotas.
- d. Sistemas de la aireación para estanques.
- e. Fuentes de alimentación para satélites y los vehículos espaciales.



f. Fuentes de alimentación portátiles para camping y pesca.



1.3. Clasificación según su utilización

Las aplicaciones anteriores pueden englobarse en uno de los siguientes grupos:

- Instalaciones de uso doméstico.
- Instalaciones de uso público.
- Instalaciones de uso industrial.
- Instalaciones de uso recreativo.

1.4. Clasificación por la tensión de trabajo y potencia de la instalación

- Instalación tipo A: la tensión de trabajo es menor de 440 V (alterna o continua) y su potencia inferior a 16 kVA.
- Instalación tipo B: la tensión de trabajo es superior a los 440 V (alterna o continua) y su potencia inferior a 10 kVA.

2. Configuración de instalaciones de energía solar fotovoltaica

En correspondencia con su arquitectura y utilización, las instalaciones solares fotovoltaicas se dividen en dos grandes grupos: **sistemas aislados** (sistemas autónomos sin conexión a la red eléctrica) y **sistemas conectados a la red eléctrica**. También encontramos **sistemas híbridos**, en los que se emplea más de un medio para obtener energía dependiendo de las condiciones que se den en ese momento.

2.1. Sistemas aislados o autónomos (stand alone)

Es el tipo de instalación que se realiza cuando no se dispone de una conexión con una red de distribución pública de electricidad, o resulta excesivamente caro instalarla. Es el tipo de instalación que podemos encontrar en instalaciones domésticas en zonas rurales, iluminación de áreas aisladas y carreteras, sistemas de telecomunicación (repetidores de señal, boyas, balizas de señalización, SOS en carreteras, etc.), sistemas de bombeo de agua, pequeños sistemas autónomos (calculadoras, ordenadores, etc.).

Hay que distinguir entre sistemas con acumulación y sistemas sin acumulación. Los sistemas con acumulación disponen de baterías que permiten el consumo de corriente cuando no hay suministro solar. Pueden suministrar corriente continua, corriente alterna, o también ambos tipos de corriente simultáneamente. Los sistemas sin acumulación (o directos), no disponen de baterías, por lo que sólo dispondrán de suministro eléctrico mientras haya radiación solar.

El diseño de la instalación aislada de una vivienda, implica conocer cuál va a ser el consumo de estos usuarios, ya que si se infradimensiona no aportará lo necesario y si se sobredimensiona, resultará demasiado cara. Es importante que el usuario sepa cómo funciona y cómo debe usar la instalación, ya que así se evitará el deterioro de sus componentes y el envejecimiento prematuro de las baterías.

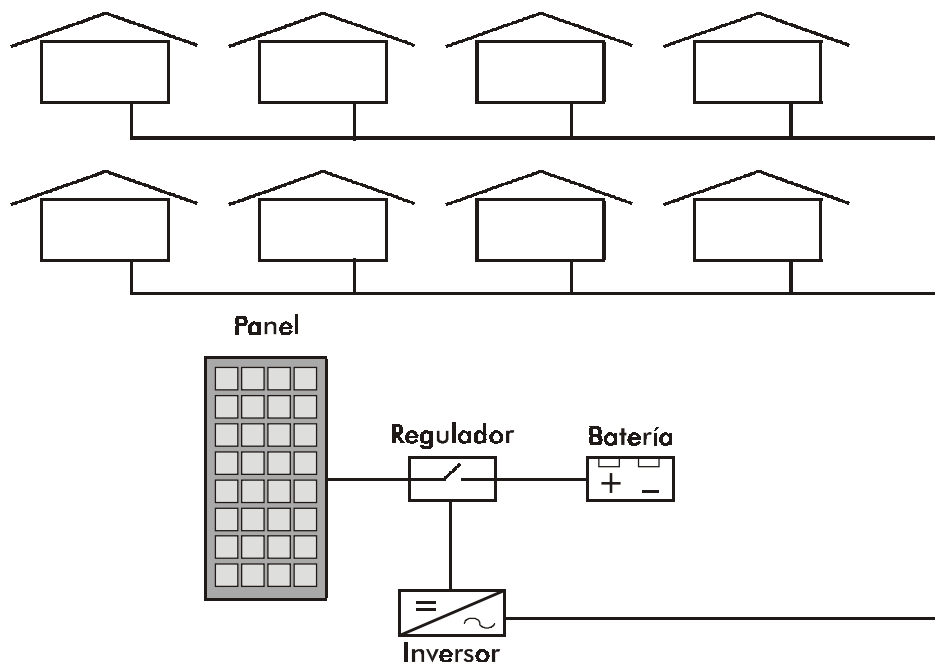


Las instalaciones domésticas pueden dividirse en **centralizadas** y **descentralizadas**.

Las instalaciones **centralizadas** son aquellas en las que un solo generador fotovoltaico suministra a un grupo de viviendas. En este tipo de instalaciones se reduce el número de paneles y de baterías, y solo utilizan un inversor. Las tareas de mantenimiento se unifican. Tiene el inconveniente que la instalación se encarece ya que es necesario tender una línea eléctrica desde el generador hasta cada usuario. Es el sistema más adecuado, siempre y cuando las distancias que recorra la línea eléctrica no obliguen a instalar conductores de grandes secciones. Estos sistemas reciben el nombre de **minirredes**.

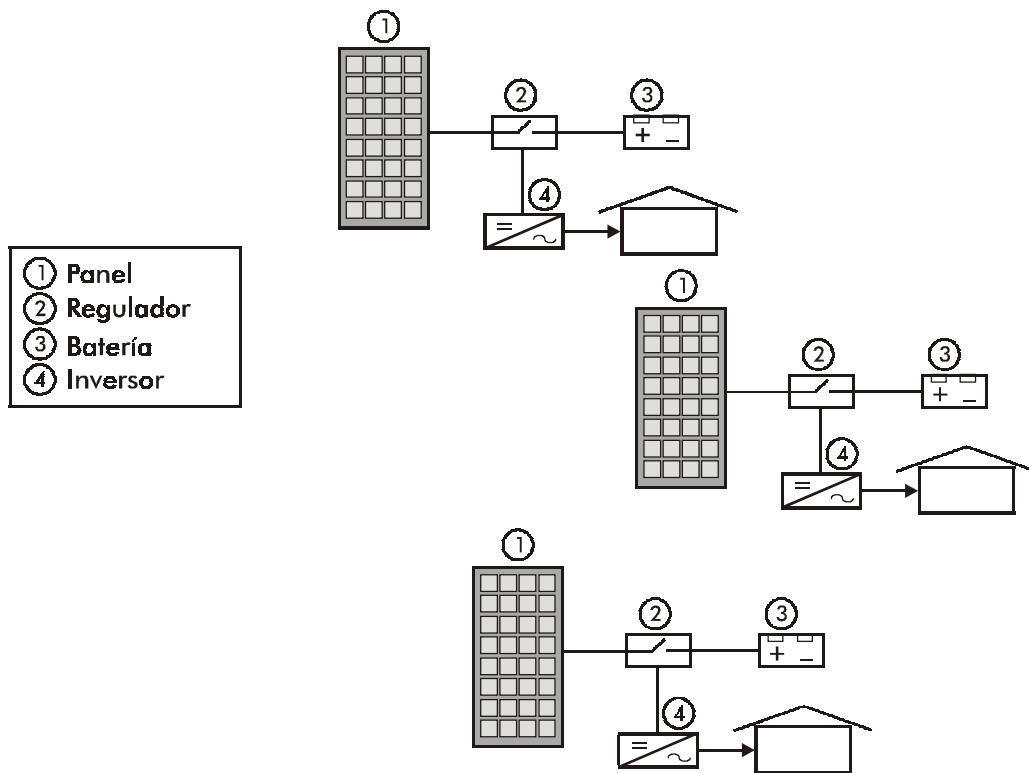
Energía solar fotovoltaica

Configuración de aplicaciones de la energía fotovoltaica



Esquema de instalación centralizada

Las instalaciones **descentralizadas** son aquellas en las que cada vivienda es alimentada por su propio generador fotovoltaico. Este sistema se usa cuando existen dificultades para alimentar una vivienda o grupo de viviendas de forma económica desde una línea general de distribución. Cada sistema se diseña para las necesidades de uso a las que va a ser sometido. Este tipo de instalaciones disponen de baterías para suministro nocturno o en periodos de escasa radiación solar.



Esquema de instalación descentralizada

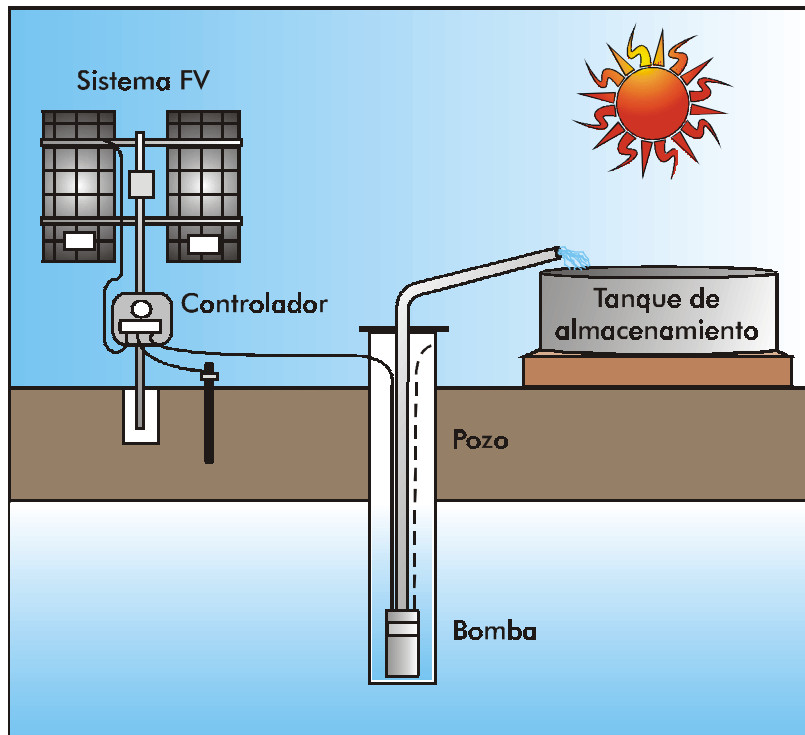
El **bombeo de agua**, sea para riego agrícola o para consumo humano y del ganado, se presenta como una de las aplicaciones más extendidas de la energía solar fotovoltaica en el ámbito rural, tras la electrificación de viviendas. También se emplea cuando no es posible el suministro desde una red de distribución.

En este caso también es posible diseñar sistemas FV con sistema de baterías o sin él (bombeo solar directo). Cuando no se emplea sistema de acumulación, lo que se hace es aprovechar los periodos en los que existe radiación solar para bombear agua hasta depósitos, de los que se extraerá cuando sea necesaria. Si el sistema de bombeo dispone de baterías, éstas acumularán la energía eléctrica para hacer funcionar la bomba cuando se desee extraer agua, independientemente de si en ese momento hay o no radiación solar.

Energía solar fotovoltaica

Configuración de aplicaciones de la energía fotovoltaica

En este tipo de instalaciones entran en juego los componentes propios del sistema de bombeo, como son la propia bomba, que puede funcionar con CA o con CC, tuberías, válvulas los depósitos de almacenamiento, y en el caso de instalaciones de riego, goteros, aspersores, y todos los elementos necesarios para llevar el agua hasta el punto de aplicación en las plantas.



Ampliaremos el bombeo solar en una unidad didáctica posterior.

El precio del kWh obtenido con un sistema fotovoltaico autónomo, es algo más elevado que el obtenido de la red eléctrica convencional, por lo que es necesario una optimización del consumo energético de las cargas, por ejemplo: en ningún sistema fotovoltaico autónomo deberían utilizarse luminarias incandescentes ya que son más eficientes los tubos fluorescentes que presentan una relación entre lúmenes/vatio consumido más apropiada para estos sistemas.

Quienes instalan un sistema fotovoltaico autónomo deben de estar concienciados de que el consumo energético que realicen será el que su reserva energética les permita, a diferencia de los consumidores de energía eléctrica de la red que podrán consumir la energía eléctrica que ellos puedan pagar.

2.2. Sistemas conectados a red (grid connected)

Los sistemas aislados representan una solución económica y ecológica en lugares alejados de las redes eléctricas. Sin embargo, en lugares donde llega la red, la opción más sencilla, barata y ecológica es conectar los paneles solares fotovoltaicos a la red eléctrica. Este tipo de instalaciones se realiza con la intención de producir energía eléctrica, no para el consumo del productor, sino para verterla directamente a una red general de distribución y obtener a cambio beneficios económicos, ya que **en España** está prohibido que la energía producida por los sistemas FV se emplee simultáneamente para suministro particular y para venta a compañías distribuidoras: "**Los sistemas FV conectados a red no pueden autoabastecerse**".

Los productores de energía solar fotovoltaica deben inyectar toda su producción eléctrica a la red, y desde ésta se les suministrará energía eléctrica a ellos. Es una instalación modular, independiente de la electricidad que se prevé consumir y no hay riesgo de quedarse sin corriente eléctrica por agotamiento o avería de las baterías.

Las instalaciones FV conectadas a red tienen en común con las aisladas el **generador fotovoltaico** y el **inversor** (instalado entre el generador fotovoltaico y el punto de conexión a la red), careciendo de baterías y de reguladores. Incorporan protecciones y contadores de energía.

Los módulos fotovoltaicos no difieren de los empleados en las instalaciones aisladas, sin embargo el inversor sí, ya que su misión es adecuar las características de la energía producida en los módulos (corriente continua) a la que transporta la red pública (corriente alterna sincronizada con la de la red, 220 V y 50 Hz).

Las **protecciones** "protegerán" tanto el sistema FV como la red eléctrica, interrumpiendo o reanudando el suministro cuando las condiciones de alguno de ellos pongan en peligro la continuidad del suministro por parte de la empresa distribuidora.

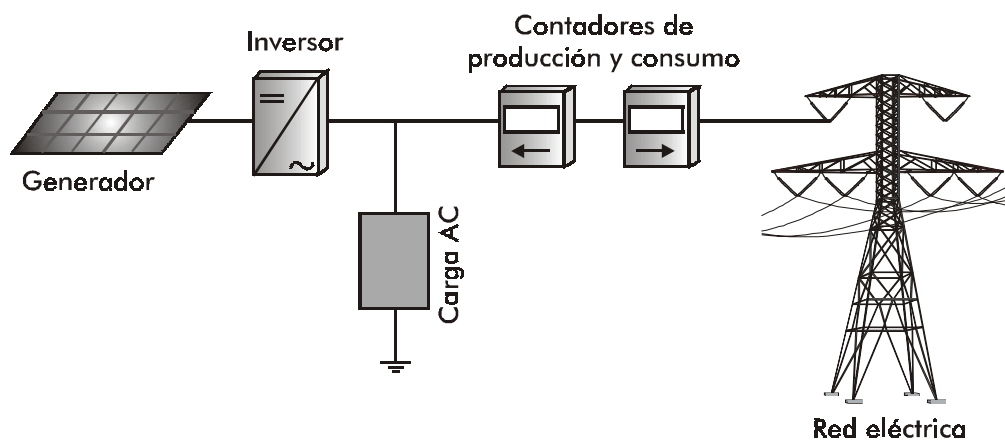
Los **contadores** medirán la energía consumida y entregada, a fin de facturar el correspondiente a la compañía eléctrica. Cuando exista consumo eléctrico en el mismo emplazamiento que la instalación fotovoltaica, se emplearán en circuitos independientes para consumo y para la instalación y sus equipos de medida. La

Energía solar fotovoltaica

Configuración de aplicaciones de la energía fotovoltaica

medida de tales consumos se realizará con equipos propios e independientes que servirán de base para su facturación.

Puede emplearse un contador de salida capaz de medir en los dos sentidos, pero si no es así, el contador de entrada se conectará entre el de salida y el interruptor general. La energía eléctrica que el titular de la instalación facturará a la empresa distribuidora, será la diferencia entre la energía eléctrica de salida menos la de entrada a la instalación fotovoltaica. En el caso de instalación de dos contadores no será necesario contrato de suministro para la instalación fotovoltaica. Todos los elementos integrantes del equipo de medida, tanto los de entrada como los de salida de energía, serán precintados por la empresa distribuidora.



2.2.1. Descripción de un sistema conectado a red

Campo solar

Inicialmente, estos sistemas conectados a red se diseñaron y calcularon para el montaje de centrales fotovoltaicas. Después de observar que las centrales fotovoltaicas funcionaban correctamente, y en la medida que se avanzó en la electrónica de potencia que integra los inversores, no se tardó en pensar que estos sistemas podrían ser realizados a potencias menores con el fin de ser empleados en pequeñas centrales domésticas adaptables a viviendas dotadas de

acometida convencional de electricidad. El campo solar, generador de la energía que posteriormente será suministrada a la red de distribución eléctrica, debe ser diseñado meticulosamente. Son varios los factores a tener en cuenta a la hora de plantear un sistema de este tipo, a saber: su integración, tensión de trabajo, interconexión, protecciones y estructura soporte.



Dado que estas instalaciones suelen estar ubicadas en viviendas, generalmente unifamiliares, en las ciudades y urbanizaciones, se debe tener muy en cuenta su integración dentro del conjunto. Generalmente, los módulos se instalan en la cubierta sur del edificio, aprovechando la propia inclinación de ésta, y se sitúan en espacios libres de sombras que puedan producir árboles o edificios colindantes.

Hoy en día, se intenta fabricar módulos fotovoltaicos preparados para su uso en la construcción, como elementos para panelar cubiertas y fachadas y con una estética diseñada para este tipo de instalaciones. Estos diseños se ven favorecidos por el uso de tecnologías de lámina delgada, que aun siendo de más bajo rendimiento, permiten unas mayores posibilidades estéticas, ya que pueden ser fabricados en distintos colores, incluso traslúcidos, para actuar como elementos de acristalamiento.

También en los módulos tradicionales se está experimentando con células coloreadas, y con la tecnología de Silicon Film, con la cual podrían hacerse módulos de una sola célula, que evitarían las conexiones en los módulos.

Inversor CC/CA

El inversor CC/CA tiene la misión de transformar la corriente continua del grupo fotovoltaico en corriente alterna perfectamente sincronizada con la red eléctrica convencional en frecuencia y fase.

Este hecho hace que la primera condición para su diseño sea el seguimiento absoluto de los parámetros que varían constantemente en una red de distribución, así como su acoplamiento en la salida al tipo de red existente, ya sea trifásica, monofásica o bien de alta o baja tensión.

Los inversores más avanzados utilizan microprocesadores para su funcionamiento que facilitan una cantidad de datos importante, no sólo de los parámetros clásicos (tensión e intensidad de entrada y salida, kWh producidos y suministrados, frecuencia, etc.), sino de otros fundamentales en este caso, como pueden ser temperaturas internas de trabajo de los puentes inversores, radiación solar directa y global, temperatura ambiente, etc.

Conexión con la red eléctrica

La normativa de conexión fotovoltaica con la red eléctrica cambia según países. No obstante, y de forma genérica, se deben instalar como mínimo un contador que mida la energía producida y que sirva de base para la facturación posterior, así como los elementos de protección básicos inherentes a una generación eléctrica.

En España, la disposición de dichos elementos debe regirse según el R.D. 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.

Habitualmente las conexiones a red trifásicas, si son de pequeña potencia, suelen instalarse poniendo tres inversores monofásicos conectados uno a uno a cada fase. Esto supondría que el circuito eléctrico estaría formado por tres campos solares con sus tres inversores. Para sistemas más potentes se debería poner un inversor trifásico monolítico (fundamentalmente por razones de tamaño, conexión y complejidad de la instalación), y donde además actuarán conjuntamente sus protecciones.

2.3. Sistemas híbridos

Como ya sabemos, el uso de instalaciones solares fotovoltaicas como único medio de obtención de energía eléctrica, puede no garantizar un suministro de calidad para todas las necesidades que presenta un sistema doméstico, y cómo para que eso ocurra, el sistema debe tener unas dimensiones pueden hacerlo antieconómico. Además, como también sabemos ya, las condiciones climáticas no siempre son las más adecuadas para la obtención de energía solar fotovoltaica. Así, se hace necesario disponer de más de un sistema generador de energía.

En los sistemas híbridos, la instalación FV comparte la acción generadora con otra fuente de energía, que puede ser del tipo de energías renovables (viento, hidráulica) o de tipo convencional (generador acoplado a un motor alimentado con gas natural, gasolina o fuel-oil).



Energía solar fotovoltaica

Configuración de aplicaciones de la energía fotovoltaica

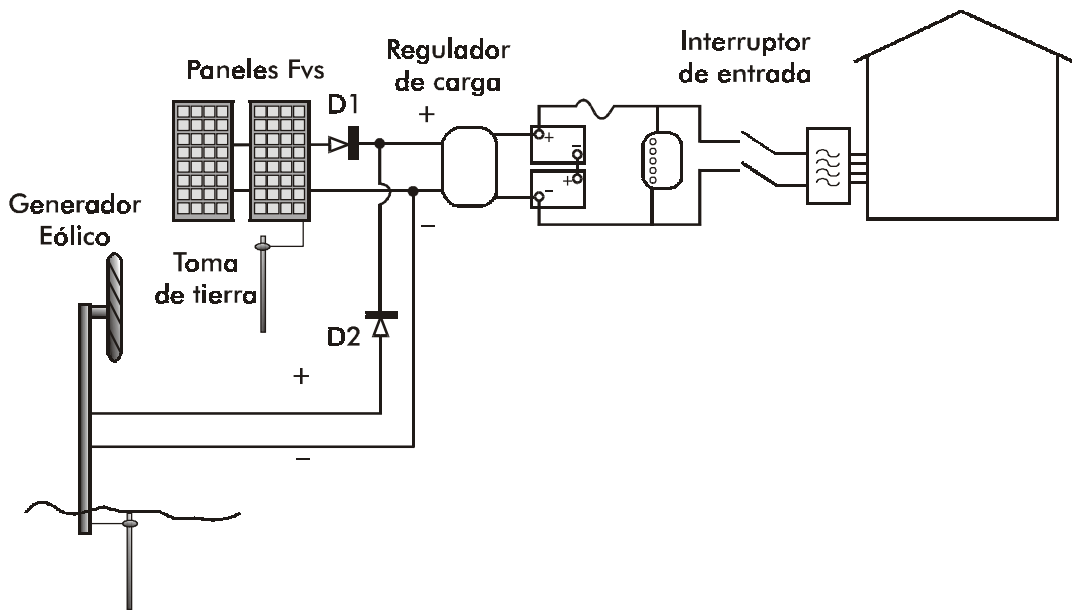
Es un hecho comprobado que el viento fuerte suele coincidir con cielos cubiertos, y el sol brillante con días calmados. Utilizando a la vez energía fotovoltaica y energía eólica, podemos pues alcanzar un grado de cobertura de necesidades cercano al cien por cien. Esta opción es muy especializada y sin duda puede resultar cara al principio, según el tamaño previsto de la instalación. Así, con la introducción de un sistema híbrido se da la posibilidad de generar energía eléctrica cuando el nivel de insolación es bajo, aprovechando la presencia de vientos fuertes o la existencia de una caída de agua. En otras circunstancias la única solución es el uso de un generador externo a motor.

Cuando se emplean sistemas híbridos, existen dos tipos de conexionado:

- Un sistema en el que se opta por un bloque generador o por otro.
- Otro sistema en que las dos fuentes permanecen conectadas en paralelo en todo momento.

Cuando se reemplaza un bloque generador por otro, la conmutación puede ser del tipo manual o automático. Si las fuentes de generación trabajan en paralelo, se necesita bloquear los pasos comunes entre ellas, para evitar que la energía generada por una sea absorbida por la otra.

La figura siguiente muestra un sistema híbrido con las dos fuentes generadoras en paralelo (generador eólico y FV). En este ejemplo se asume que no hay cargas de CA, y que el voltaje nominal de los dos generadores es el mismo.



Los diodos D1 y D2 realizan el bloqueo eléctrico entre los dos generadores. Durante la noche los paneles no tienen voltaje de salida, pero el generador eólico puede estar activo. El diodo D1 tendrá entonces una polaridad opuesta a la de conducción, bloqueando el paso a través de los paneles. Durante el día, cuando el voltaje de salida del generador eólico supera el de los paneles (más la caída en el diodo), éste contribuirá con una corriente adicional al circuito de carga. Si el viento disminuye o cesa, el diodo D2 tiene la polaridad contraria, impidiendo la conducción en el circuito del generador eólico.

Cuando se conecta un generador eólico a un regulador de carga deberá cuidarse que el voltaje máximo que éste puede tolerar a su entrada excede el máximo dado por la salida del generador. Los paneles FV nunca alcanzan un voltaje de salida mayor que el de circuito abierto, mientras que los generadores eólicos suelen alcanzar valores más elevados para el voltaje de salida. Se puede elegir un generador eólico moderno, que ofrecen una salida de voltaje regulada. Estos modelos son, además, muy eficientes y seguros ya que comienzan a generar electricidad con bajas velocidades del viento y poseen un diseño mecánico que disminuye la velocidad de rotación cuando la velocidad del viento es muy elevada, reduciendo la fuerza que éste ejerce sobre el soporte.