



ISSN 1988-6047    DEP. LEGAL: GR 2922/2007    Nº 43 – JUNIO DE 2011

## “LAS INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS CONECTADAS A LA RED ELÉCTRICA EN LA FORMACIÓN PROFESIONAL”

AUTORÍA <b>MIGUEL RUZ MORENO</b>
TEMÁTICA <b>ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN LA FORMACIÓN PROFESIONAL</b>
ETAPA <b>CICLOS FORMATIVOS</b>

### **Resumen**

Esta publicación pretende dar una visión general de las características principales de las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red eléctrica. La comprensión de dichas instalaciones resulta esencial para el alumnado del ciclo formativo de electricidad, pues representa un campo con una clara salida laboral.

### **Palabras clave**

- *Fotovoltaica*
- *Conexión a red*
- *Generador*
- *Componentes*
- *Rentabilidad*
- *Alumnado*
- *Ciclos formativos*



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 43 – JUNIO DE 2011

## 1. INTRODUCCION

Las instalaciones solares conectadas a la red eléctrica tienen una gran importancia dentro del módulo profesional de instalaciones solares fotovoltaicas, perteneciente al 2º curso del ciclo formativo de grado medio de Instalaciones Eléctricas y Automáticas. El perfil del técnico que supera este ciclo formativo debe de poseer una serie de conocimientos teóricos y prácticos suficientes en este tipo de instalaciones, para poder abordar tanto su diseño, como montaje y mantenimiento.

Estas instalaciones son renovables, ya que disponen de una serie de paneles solares que captan la energía solar y la transforman en energía eléctrica para su venta a las compañías eléctricas y así poderla consumir posteriormente. La venta de esta energía reporta una compensación económica para el dueño de la instalación, que ha realizado una inversión inicial y ha de recuperarla. Normalmente, no sólo la recupera, sino que a partir de un tiempo determinado consigue obtener una serie de beneficios.

Es por ello, que este tipo de instalaciones han ganado terreno en los últimos años con ayuda de subvenciones de la administración y se ha creado una demanda creciente de técnicos en este campo. De ahí la importancia que el alumno pueda conocer y trabajar este tipo de instalaciones en el citado módulo formativo.

En este texto se hará un estudio personalizado y adaptado a los conocimientos que el alumno debe de adquirir en lo referente a este tipo de instalaciones.

## 2. DESARROLLO

**“Las instalaciones solares fotovoltaicas (i.s.f. a partir de ahora) conectadas a red son aquellas instalaciones que producen energía eléctrica con el objeto de ser vertidas a la red eléctrica existente y obtener un beneficio económico”.**

Este tipo de instalaciones han experimentado un gran auge en los últimos años debido a su rentabilidad económica. Ahora la energía no se produce para ser almacenada y consumida como en el caso de los sistemas aislados, sino que se produce para ser vendida a la compañía eléctrica y recibir una prima económica por cada kWh vertido, con lo que en un plazo de años razonable se amortiza la inversión inicial realizada.

Para realizar este tipo de instalaciones se necesita de una persona física o jurídica que cargue con la inversión inicial y la cual además será la que recibirá el pago de la energía eléctrica vendida a la compañía. Debe realizar, por tanto, un desembolso inicial, que dependerá del tamaño y coste de los componentes que conformen la instalación. El plazo de amortización dependerá de la cantidad de energía vertida y del precio del kWh (prima) que pague la compañía al dueño de la instalación. La prima es fijada y revisada periódicamente en una Orden ministerial del Ministerio de Industria.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 43 – JUNIO DE 2011

Actualmente los plazos de amortización rondan los 10 años, y dado que la vida útil de este tipo de instalaciones está en torno a los 30 años, se puede asegurar que habrá un buen número de años de beneficio económico. En cuanto a la inversión inicial para la instalación, el mayor peso del coste lo conforman el grupo de paneles solares, que a día de hoy se puede decir que es caro en relación al rendimiento que tienen (no llegan al 20% de la radiación recibida), si bien, debido al avance en las técnicas de investigación, este coste se va reduciendo poco a poco. Por otro lado, la prima recibida por la energía vertida de este tipo de instalaciones fue revisada a la baja por el Ministerio de Industria en 2009, 2010 y 2011, por lo que, sino bajan más los costes de fabricación de los paneles, puede dejar de ser interesante para los inversores.

Aparte de lo comentado, este tipo de instalaciones necesitan de una serie de trámites con las administraciones que van, desde la solicitud del punto de conexión de la instalación a la red hasta el acta de puesta en servicio de la misma. Ahora la instalación se convierte en un generador eléctrico por lo que la energía eléctrica vertida debe cumplir con los requisitos de calidad y seguridad requeridos por la compañía.

En este capítulo se trata de ver desde un punto de vista práctico este tipo de instalaciones y a modo informativo, la documentación necesaria para su tramitación.

## 2.1. Características principales

**La principal característica de una instalación solar fotovoltaica conectada a red es que es una instalación que transforma la radiación solar recibida en energía eléctrica para ser vertida a la red.**

En cuanto a las características principales se pueden citar las siguientes:

- **La instalación hace la función de generador eléctrico**, por lo que la señal vertida debe cumplir con los requisitos de **garantía de calidad** requeridos por la compañía. Para ello los componentes de la instalación deben ser los adecuados y la instalación debe cumplir con todos los trámites necesarios y disponer del acta de puesta en servicio
- **Debe figurar un titular** como propietario de la instalación, que será tanto el que asuma la inversión inicial como el receptor del pago de la venta de energía eléctrica a la compañía. Su objetivo principal es obtener una **rentabilidad económica**.
- **La potencia de la instalación dependerá de la capacidad de evacuación** que se tenga en el punto de conexión a la red. Esto lo dirá la compañía eléctrica cuando se solicita el punto de conexión. Puede darse el caso incluso, de que la línea eléctrica en ese punto no tenga capacidad para absorber energía por lo que no podría realizarse ahí la conexión. Aparte de lo comentado, la normativa suele fijar un límite de potencia a conectar por cada titular, que depende del tipo de instalación.



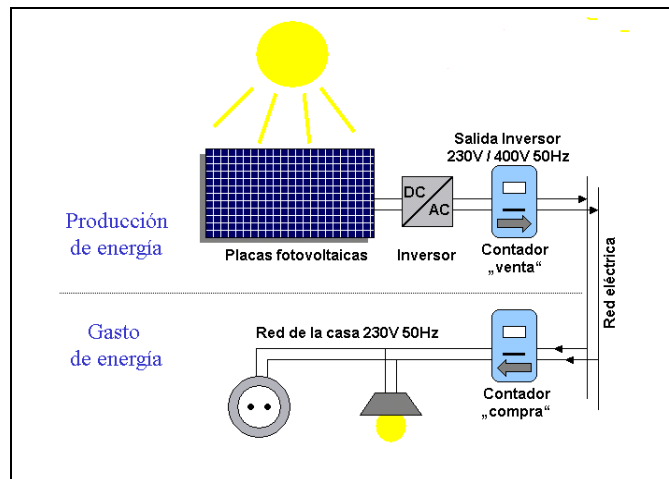
ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 43 – JUNIO DE 2011

## 2.2. Componentes de la instalación

En este apartado haremos una descripción detallada de cada uno de los elementos de la instalación. Se compone de los siguientes elementos:

- **Generador.** Se refiere al grupo de paneles solares fotovoltaicos, que realizan la conversión de la radiación solar en corriente continua. Normalmente necesitan de una estructura para su sujeción e inclinación salvo que ya estén acoplados sobre algún tipo de superficie (por ejemplo un tejado). Puede haber **estructuras fijas**, o estructuras de **seguimiento solar**.
- **Inversor de conexión a red.** Es el elemento que transforma la corriente continua (CC) de los paneles en corriente alterna (CA) y se conecta a la red. Puede haber uno o varios dependiendo de la configuración del sistema. Debe de cumplir una serie de características, como asegurar una señal de buena calidad, sincronizarse con la red, o desconectar el generador de la red, en caso de que se haya suspendido el servicio.
- **Cableado y elementos de protección y medida.** En cuanto al cableado, se tendrá por un lado el cableado desde los paneles hasta el inversor y del inversor a la red. Se incorporarán los elementos de protección adecuados para sobrecargas y cortocircuitos en una caja general de protección (CGP), así como diodos by-pass en los paneles. Por otro lado, se incorporarán los elementos de medida necesarios, en este caso, un **contador** de energía eléctrica para poder facturar la venta de energía. Todos estos elementos se ven en los distintos tipos de instalaciones.
- **Centros de transformación.** Este elemento eleva la tensión desde BT a MT, por lo que sólo estará presente en el caso de querer verter la energía en media tensión (MT), intercalándose entre el inversor de conexión a red que produce CA en baja tensión (BT), y la red de MT. Sólo estará presente en plantas solares.
- **Red eléctrica.** Es el destino final de la energía producida. Sólo habrá que ver en qué punto de ésta se conecta la instalación. La instalación se podrá conectar en BT (normalmente en aplicaciones de viviendas y edificios) o en MT (plantas solares).

Los componentes que son comunes a todas las instalaciones (generador e inversor de conexión a red) se detallan de forma más precisa a continuación. De forma introductoria se adjunta esquema de bloques de una i.s.f. conectada a red, así como el consumo posterior que se utiliza de la energía. La energía consumida no tiene porqué provenir de la misma instalación:



**Fig.1. Instalación fotovoltaica conectada a red.**

### 2.2.1. El generador fotovoltaico

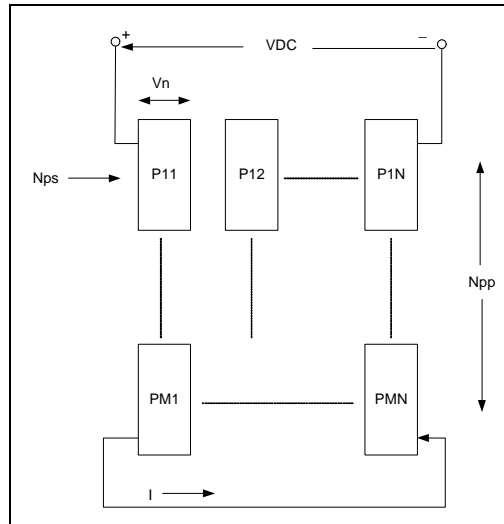
**“El grupo generador constará de un conjunto de paneles solares fotovoltaicos conectados en serie y paralelo y serán los que proveerán de energía a la instalación”.**

Es uno de los elementos principales del sistema. Capta la energía solar y la transforma en tensión y corriente DC. Los principales parámetros de un panel fotovoltaico son:

- Energía por metro cuadrado de superficie ( $W/m^2$ ).
- Tensión nominal en bornes ( $V_N$ )
- Corriente de cortocircuito ( $I_{CC}$ )
- Corriente a máxima potencia ( $I_{MÁX}$ ).

En este tipo de instalaciones no se trata de satisfacer un consumo interno, sino verter el mayor número de kWh a la red, siempre y cuando la instalación tenga capacidad suficiente. A mayor número de paneles más kW, más coste, pero también mayor venta de energía.

La forma de interconectar éstos es, en serie ( $N_{ps}$ ) y en paralelo ( $N_{pp}$ ). De tal forma que al aumentar el número de paneles en serie aumentamos la tensión en bornes del generador fotovoltaico y al aumentar en paralelo la intensidad total de éste. Lo podemos visualizar en el siguiente esquema:



**Fig.2. Grupo generador de paneles fotovoltaicos**

Como vemos, se cumplen las relaciones siguientes:

$$\begin{aligned}
 N &= N_{PP} \times N_{PS} \\
 V_{DC} &= V_N \times N_{PS} \\
 P_{MAX} &= P_P \times N \\
 I_{MAX} &= I_{CC} \times N_{PP}
 \end{aligned}$$

Donde la relación de variable es el siguiente:

- N = número de paneles solares fotovoltaicos totales.
- $V_{DC}$  = Tensión de salida del sistema fotovoltaico
- $P_{MAX}$  = Potencia máxima total del sistema fotovoltaico
- $P_P$  = Potencia máxima de cada panel.
- $I_{MAX}$  = Intensidad máxima del sistema fotovoltaico.

La intensidad máxima se da cuando se da la máxima radiación entrante en los paneles, y por tanto se alcanza la potencia máxima.

Por último comentar que el tipo y características de panel utilizados son idénticos que los utilizados para sistemas aislados, pudiendo emplear paneles desde 100 W hasta 300 W, y tanto monocristalinos (mayor rendimiento) como policristalinos. Todo dependerá de cual sea el panel que mejor se acomode a la aplicación a desarrollar.

En cuanto a las estructuras soporte de los paneles las encontraremos de varias formas, que dependerán de la aplicación:



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 43 – JUNIO DE 2011

- **Acopladas a la fachada del edificio o al tejado de la vivienda.** En este caso se mantiene el ángulo respecto al sol de la propia estructura. No es necesaria ninguna estructura metálica en sí misma.
- **Estructura fija.** En este caso el panel se asienta sobre una estructura metálica con un ángulo de inclinación fijo óptimo, que dependerá de la latitud-longitud del lugar. No hay sistema de seguimiento del sol. Este ángulo se puede variar según se esté en invierno (sol más bajo y mayor ángulo) y verano (sol más alto y ángulo más bajo) o dejarlo fijo (por ejemplo en 35° o 40°). Esta estructura se encontrará en cubiertas planas de edificios o en huertas solares (plantas solares).
- **Estructuras de seguimiento solar.** También se denominan seguidores solares. La encontramos en huertas o plantas solares. Se trata de estructuras que siguen diariamente la trayectoria del sol y orientan los paneles perpendicularmente a éste para aprovechar la máxima radiación. Hay **seguidores en un solo eje** (ángulo horizontal) o **en dos ejes** (horizontal y vertical), que obtienen un mayor rendimiento pero son más caros.

### 2.2.2. Inversor de conexión a red.

**El inversor de conexión a red es una parte fundamental en una instalación fotovoltaica conectada a red, ya que permite la conversión de la energía de corriente continua generada por los paneles en corriente alterna.**

El inversor de conexión a red ha de tener las siguientes características:

- Suministrar una onda de tensión y corriente de salida lo más perfecta posible a la red y con una frecuencia de 50 Hz. Y no introducir armónicos o interferencias en la red.
- Estar sincronizado con la red e incorporar la posibilidad de desconexión automática si hay un fallo de red.
- Incorporar las protecciones adecuadas para la conexión a red. Esto se hace mediante un cuadro de baja tensión (CBT)
- Encontrar el punto de máxima potencia. Se trata de dar la máxima potencia posible a partir de la recibida por el generador fotovoltaico.
- Tener el mayor rendimiento posible, y por tanto las menores pérdidas en la conversión de energía.

El tipo y características del inversor utilizado dependerán de la aplicación. En muchas ocasiones se suelen combinar más de un inversor de iguales características para alcanzar la potencia deseada. Fundamentalmente encontramos dos tipos de inversores de conexión a red:



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 43 – JUNIO DE 2011

- **Inversores de pequeña potencia.** Normalmente menor a 5 kW. Suelen conectarse en BT a la red BT existente. Normalmente para aplicaciones de viviendas y edificios. Su conexión suele ser monofásica (230 v)
- **Inversores de mediana y alta potencia.** Hoy día se encuentran inversores de hasta 1000 kW. En este caso se utilizan para la conexión de plantas solares. Lo hacen en media tensión a través de un centro de transformación, que eleva la salida del inversor en BT y trifásica a 400 v a tensiones de 15 kV a 30 kV.

### 2.3. Tipos de instalaciones

Dentro de las instalaciones solares fotovoltaicas a red se distinguen varios tipos:

- **Instalaciones conectadas a red sobre fachadas en edificios o viviendas.** Suelen ser instalaciones de pequeña potencia y vierten la energía en BT.
- **Huertos o plantas solares.** Se trata de instalaciones de mayor potencia, de hasta varios MW, que se conectan con la red en MT.
- **Instalaciones solares fotovoltaicas híbridas o combinadas.** Son aquellas instalaciones que combinan varios sistemas, como puede ser una instalación autónoma que vende su excedente de energía a la red en verano, o una instalación fotovoltaica junto a una eólica para su conexión a red. Estas instalaciones incorporan sistemas de control adecuados.

#### 2.3.1. Instalaciones conectadas a red sobre fachadas o cubiertas en edificios y viviendas.

En este caso la instalación de conexión a red vende la energía en baja tensión (BT), con lo que no es necesario ningún centro de transformación. Aparte de lo comentado, cuando se realizan sobre la fachada de edificios se persigue añadirle un valor estético y de paso, publicitar este tipo de instalaciones. En la normativa reciente se ha producido un aumento en la prima para este tipo de instalaciones respecto a otras conectadas a red, precisamente para potenciarlas.

Para poder realizar este tipo de instalación se tienen que dar los siguientes requisitos:

- Hacer la disposición de los paneles en la fachada que dé al sur.
- En el caso de tener ventanas se tendrán que instalar paneles translúcidos, para no perder visión, o en todo caso, amorfos, que se adaptan al edificio.

En cuanto a sus características principales son:

- Tendrán normalmente un **menor rendimiento**, dado que la inclinación de los paneles será siempre de 90º, y esto perjudicará a la absorción de radiación. Para compensar esto lo ideal es cubrir mientras más superficie con paneles mejor, sin embargo, también habrá un aumento de coste y por tanto más plazo de amortización.




  
**INNOVACIÓN**  
**Y**  
**EXPERIENCIAS**  
**EDUCATIVAS**

ISSN 1988-6047    DEP. LEGAL: GR 2922/2007    Nº 43 – JUNIO DE 2011

- Tendrán un **valor estético** añadido. Lo que ayudará a publicitar este tipo de instalaciones.
- Su **instalación será más compleja**. Debido a que habrá que adaptar los paneles y cableado a la construcción de la fachada y ventanas.
- **No consumen superficie añadida**. Ya que utilizan la superficie de la propia fachada del edificio, por lo que no habrá que buscar un lugar para su colocación.
- Los inversores de conexión a red y cuadros de baja tensión se encontrarán normalmente junto al cuarto de contadores existente, para conectar con la acometida de BT que entra en el bloque o edificio.

A continuación se adjuntan algunas imágenes aclarativas:



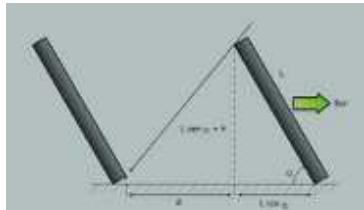
**Fig. 3. Instalación solar fotovoltaica sobre fachada edificio**

En el caso de los edificios, el grupo generador fotovoltaico se suele instalar en la azotea o cubierta plana, precisamente para darle al grupo de paneles una mejor disposición e inclinación respecto al sol. Las estructuras sobre la que se asentarían los paneles sería una estructura fija. La cubierta ha de estar libre de sombras de otros edificios y las placas estarán con un ángulo de inclinación ( $\beta_{opt}$  o alfa) que dependerá de la latitud del lugar, y del período estacional, concretamente:

Período de diseño	$\beta_{opt}$
Diciembre	Latitud + 10°
Julio	Latitud - 20°
Anual	Latitud - 10°

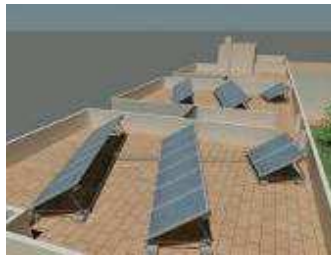
Por otro lado, las filas de paneles habrán de tener una separación mínima (d), para que no se produzcan filas de unos a otros. La fórmula de cálculo es:

$$d = h / \tan (61^\circ - \text{latitud})$$



**Fig. 4. Distancia entre filas de paneles**

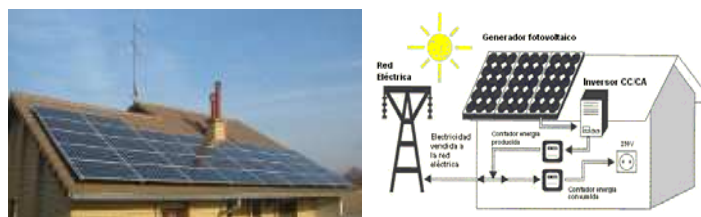
A continuación se muestra imagen aclarativa de cómo quedaría la disposición del generador fotovoltaico en cubierta o azotea:



**Fig5. Generador dispuesto sobre cubierta**

En este caso, la canalización eléctrica en CC deberá de ir por los lugares habilitados para ello, normalmente por el hueco de las escaleras junto al resto de derivaciones individuales, hasta llegar al cuarto de contadores o local en el que se instalará el inversor o grupo de inversores junto al cuadro de protección y medida. El cableado AC de la salida del inversor (trifásico a 400 v o monofásico en 230 v) llegará hasta algún punto de la acometida en BT que se denominará punto de conexión, y que nos los habrá dado la compañía eléctrica.

En el caso de tejados de viviendas unifamiliares, se puede aprovechar la inclinación del tejado para instalar directamente sobre el mismo los paneles, con el consiguiente ahorro en estructuras. Por otra parte, la instalación del inversor y cuadro de protección y medida se deberá instalar en un lugar interior adecuadamente ventilado y de fácil lectura del contador de venta de energía:



**Fig. 6 Instalación sobre tejado**

### 2.3.2. Huertos o plantas solares



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 43 – JUNIO DE 2011

**“Se denomina huerto o planta solar a aquella instalación fotovoltaica que está instalada sobre una superficie de terreno más o menos extensa y a la intemperie, con la finalidad de verter energía eléctrica a una red existente (normalmente en MT), y en un punto de conexión con capacidad de evacuación suficiente.”**

Este tipo de instalaciones se han extendido a un ritmo vertiginoso en los últimos años, debido a que la normativa les ha favorecido en cuanto a la prima del kWh se refiere y reduciendo los plazos de amortización, por lo que numerosos inversores se han decidido por este tipo de instalaciones, en vez de otras. Si bien, esta tendencia está cambiando últimamente, debido a la reducción de primas y a la necesidad de presentar avales a la compañía a la hora de pedirle el punto de conexión donde evacuar la energía.

En cuanto a las características principales de las plantas solares se encuentran:

- Son instalaciones que abarcan desde los **100 kW hasta varios MW** de potencia.
- **Vierten la energía eléctrica en MT** a través de inversores de conexión a red, una serie de centros de transformación y una línea eléctrica de MT (aérea o subterránea) de nueva construcción hasta el punto de conexión de la línea existente.
- Al ser de mayor potencia tendrán un **mayor coste de inversión inicial**, pero también tendrán una facturación mayor, por lo que el plazo de amortización podrá ser incluso menor que en instalaciones conectadas a red en BT.
- Dispondrán de una superficie de terreno con unas características determinadas y necesitarán de una serie de permisos que las hacen engorrosas desde el punto de vista administrativo.
- Su **rendimiento y producción anual de kWh** dependerá de varios factores: del tipo de panel, del tipo de estructura empleada (fija, simple eje o doble eje) y del lugar de la instalación (hay que recordar que las zonas de mayor radiación y de mejores condiciones de temperatura y humedad son las del levante).
- Tienen un impacto visual pequeño, en comparación con otras como la eólica.

Para poder realizar este tipo de instalación se tienen que dar los siguientes requisitos:

- La disposición del terreno ha de estar orientada al sur obligatoriamente. Y es importante que tenga las siguientes condiciones:
  - Ser lo más llano posible. Así se tendrá una disposición de los paneles a nivel.
  - El terreno no debe estar destinado a otras finalidades (cultivo, olivos...etc.)
  - Estar libre de sombras (otros cerros, edificaciones, arboledas...etc.). Con la finalidad de tener el máximo de irradiación.
  - Tener un acceso fácil (camino, carretera cercana...etc.)

ISSN 1988-6047    DEP. LEGAL: GR 2922/2007    Nº 43 – JUNIO DE 2011

- Evitar que el terreno sea muy húmedo o pedregoso. Y así las estructuras de los paneles tengan un buen anclaje, y los tubos de canalización eléctrica no se humedezcan demasiado.

Si estas condiciones no se alcanzan de forma natural, será necesario emplear los medios artificiales necesarios para conseguir tener el terreno en esas condiciones. Normalmente, siempre habrá que hacer algún desbroce, movimiento de tierras para nivelado, y allanado, así como algún camino perimetral de acceso sobre el recinto.

- Debe existir una línea eléctrica de MT cercana donde conectar y evacuar la energía. Aunque la planta solar siempre tendrá que incorporar una línea de nueva construcción hasta la línea de evacuación, mientras más lejos esté esta última, más tramo de línea habrá que construir y por tanto más coste en la instalación.
- Tener los trámites administrativos necesarios:
  - Titularidad del terreno, que puede ser una persona física o una sociedad limitada. Normalmente, por cada 100 kW instalados habrá que tener un titular distinto, por lo que si se quiere tener una planta de 1 MW (1000 kW), habrá 10 titulares.
  - Solicitud de punto de evacuación y conexión aprobada por la compañía eléctrica.
  - Autorización administrativa de la instalación e inclusión de la instalación en el de productores de energía régimen especial. Esto lo otorga el Ministerio de Industria.
  - Todos los permisos necesarios dados por las entidades locales (licencias de obras...etc.)



**Fig. 7. Planta Solar**

### ***2.3.2.1. Componentes y elementos de una planta solar***

Una planta solar cuenta con los siguientes componentes o elementos:

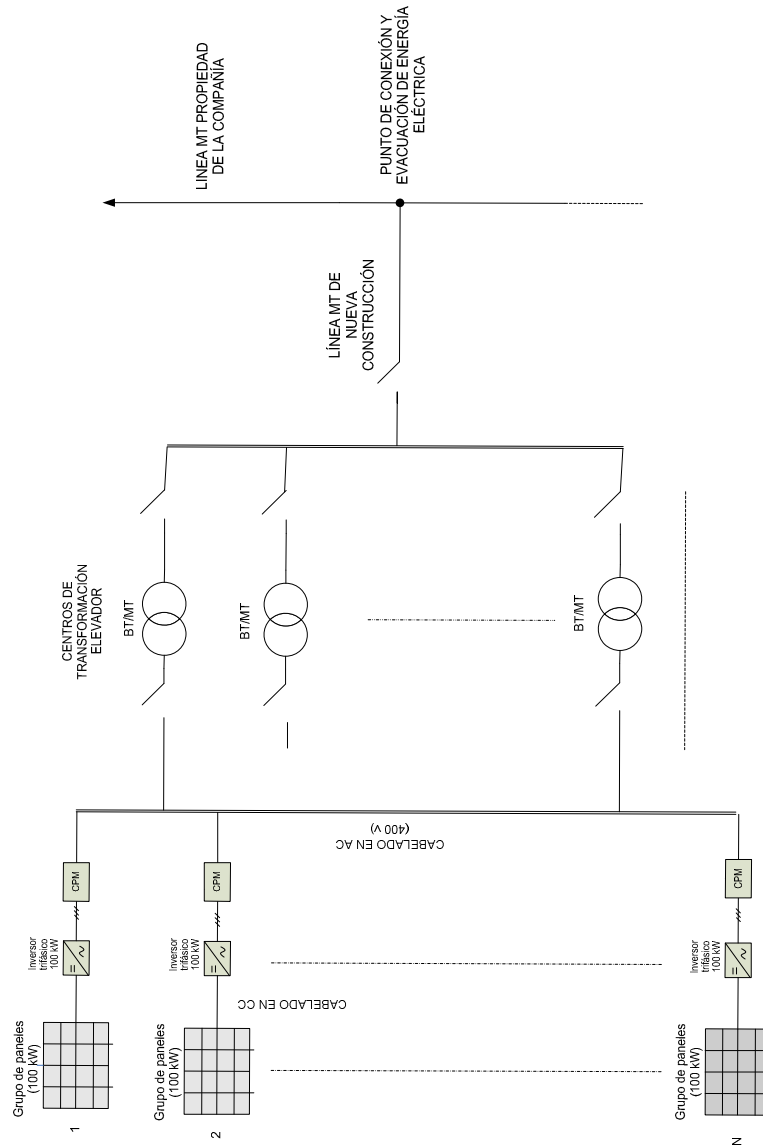
- **Generador fotovoltaico.** Que a su vez consta de:
  - **Paneles solares**
  - **Estructuras.**
    - Fija
    - Seguidores en simple eje



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 43 – JUNIO DE 2011

- Seguidores en doble eje
  - Cableado en BT y cajas de conexión
  - Puesta a tierra
- Inversor/es de conexión a red
- Cuadro de protección y medida (CPM)
- Centro/s de transformación
- Línea eléctrica de evacuación
- Sistema de monitorización
- Vallado y puesto de control.

Antes de pasar a describir cada uno de estos elementos se adjunta un esquema de bloques tipo de las plantas solares:



**Fig. 8. Esquema huerta solar**

A continuación se describirán cada uno de los elementos o componentes que conforman la instalación y su función dentro de la planta solar.

▪ **Paneles solares**

Los paneles solares empleados serán del mismo tipo visto hasta ahora, y la potencia a elegir dependerá de las estructuras que elijamos y de cómo queramos organizar el campo fotovoltaico.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 43 – JUNIO DE 2011

A mayor potencia por panel el generador será más pequeño y ocupará menor superficie, aunque no es lo mismo utilizar una estructura fija que sobre seguidores, ya que cada tipo de seguidor dispondrá de una superficie para un número de paneles determinados y de unas dimensiones específicas.

La configuración del campo fotovoltaico se hace empleando las mismas normas que se han visto hasta ahora, si bien, dado que ahora el número de paneles es mucho mayor, se suelen agrupar en cadenas de paneles, donde cada cadena abarca una serie de paneles en serie. La salida en tensión y corriente del generador fotovoltaico debe ser compatible con el inversor de conexión a red elegido y además tenerse en cuenta las pérdidas del cableado.

#### ▪ Estructuras.

En este apartado se describen las 3 posibles estructuras a utilizar:

- **Estructura fija.** En este caso, las estructuras son similares a las utilizadas para cubierta en edificios. La novedad es que ahora van sobre un terreno de unas características determinadas. Si el terreno es totalmente plano el grado de inclinación y la separación entre filas de paneles se calculará empleando las mismas normas que se han explicado anteriormente. Si bien, dado que el terreno puede tener alguna pendiente, hay que tenerla en cuenta a la hora de hacer estos cálculos. Hay que decir que es la estructura menos utilizada, dado que, aunque es la más barata, es la que presenta menor rendimiento en relación con el coste. Este menor rendimiento se debe a que la estructura siempre mantiene la misma inclinación y no aprovecha la radiación solar como los seguidores solares. Como ventaja presenta el que es la estructura que permite una mayor relación potencia por unidad de superficie, debido a que se agrupa mejor y hay que dejar menos distancias que en el caso de los seguidores. Suele utilizarse en terrenos con pendiente en los que es imposible emplear estructuras de seguimiento solar.
- **Seguidor solar a un eje.** Esta estructura se emplea para tener un mayor aprovechamiento de la radiación solar y por tanto un mayor rendimiento, en este caso la estructura se compone de un eje mecánico sobre el que rotan los paneles, para seguir la trayectoria del sol en la dirección norte-sur. La estructura lleva incorporada una unidad de control que posiciona el eje en una orientación (en una hora del día) determinada mediante un programa que lleva en una memoria interna. La planta solar se compone de varias estructuras de este tipo, que guardan una distancia entre sí para evitar pérdidas por sombreado. Este tipo de estructuras son muy usadas, tienen un mayor rendimiento que la fija pero también son más caras. Cada estructura abarcará un número determinado de paneles
- **Seguidor solar a dos ejes.** Este tipo de seguidor hace un seguimiento norte-sur y este-oeste del sol con lo que tiene un aprovechamiento máximo de la potencia. La posición del seguidor también la marca un programa que lleva incorporado en la unidad de control. Es también muy empleada ya que aunque es la más cara es la que mayor rendimiento tiene de las tres. Cada seguidor abarca un número de paneles determinados y tendrá unas dimensiones específicas.



Todo ello lo dará el fabricante en su hoja de especificaciones. Por último comentar que como contrapartida tiene el que ha de guardar una distancia mayor entre seguidores, tanto en dirección norte-sur como este-oeste.



Fig. 9. Seguidores solares a dos ejes

#### ▪ Cableado en BT y cajas de conexión

Como es sabido la salida de los paneles es corriente continua en BT. La agrupación de paneles dará una salida en corriente y tensión compatible con el inversor utilizado. La sección de los cables se determinará teniendo en cuenta la longitud, el tipo de cable utilizado y las pérdidas admisibles. Normalmente el tipo de instalación suele ser enterrada.

Los cables utilizados cumplirán con la normativa vigente en cuanto a aislamiento y grado de protección. En particular han de poseer un aislamiento tipo RV-k 0.6 / 1 kV. Los cables utilizados para la interconexión de los módulos FV en cada uno de los seguidores estarán protegidos contra la degradación por efecto de la intemperie: radiación solar, UV, y condiciones ambientales de elevada temperatura ambiente:

El cableado entre las cajas de conexiones y los seguidores se efectuará mediante cable flexible y de longitud adecuada para que no exista peligro de cizalladura.

Las cajas de conexionado utilizadas en el campo FV tendrán una protección intemperie IP 65, serán de chapa de acero con tratamiento anticorrosión. Cada caja dispondrá de fusibles de fase, estará diseñada para 8 entradas con los correspondientes terminales de desconexión de 6 mm<sup>2</sup> para la conexión de los polos.

La totalidad de estos elementos se instalará con métodos de fijación adecuados. La tensión de aislamiento exigible a la totalidad de los bornes y contactos en general será de 1000 V DC.

#### ▪ Puesta a tierra

La estructura del seguidor-generator y caja de conexión contará con una red de puesta a tierra para la totalidad de la planta y tendrá que garantizar el valor normalizado (REBT) de resistencia de puesta a tierra. La sección mínima del conductor de puesta a tierra deberá ser de 16 mm<sup>2</sup>. Todas las partes metálicas estarán conectadas a la tierra de la instalación. La tierra de la instalación será una tierra independiente de la tierra del neutro del centro de transformación, según el RD 1663, y no alterará las condiciones de puesta a tierra de la red de la empresa





ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 43 – JUNIO DE 2011

distribuidora, asegurando que no se produzcan transferencias de defectos a la red de distribución, para lo que se aislará el conductor de puesta a tierra del neutro del transformador y se guardarán las distancias necesarias con la puesta a tierra del parque fotovoltaico. Lo ideal para la puesta a tierra es hacer un mallado de cable que consiga una Resistencia de puesta a tierra lo más baja posible.

#### ▪ **Inversor/es de conexión a red**

El inversor de conexión a red consigue transformar la corriente CC en corriente AC a 400 v trifásica, que servirá de entrada hacia el centro de transformación.

El tipo de inversor utilizado dependerá de las características de la huerta solar. Ha de estar adaptado tanto a la entrada CC del generador fotovoltaico como a la salida en AC. Anteriormente se vieron las características de un inversor de conexión a red. Normalmente se emplean inversores de 100 kW o más y se agrupan en función de la potencia del CT utilizado. Por ejemplo si se va a utilizar un CT de 630 kVAs se pueden utilizar dos inversores de 300 kW cada uno.

Los inversores suelen ir montados en casetas prefabricadas que se colocan junto a la caseta del centro de transformación.

#### ▪ **Cuadro de protección y medida (CPM)**

Del inversor parte la línea de CA hasta un CPM que incorpora el contador bidireccional de medida para la facturación de venta y para la facturación de consumo propio del parque solar, así como los elementos de protección apropiados. Este cuadro se encuentra dentro del armario del inversor. Del CPM se llegará hasta EL CGBT (cuadro general de baja tensión) que está a la entrada del transformador del CT.

#### ▪ **Centro/s de transformación (CT)**

Debido a que las plantas solares vierten la energía a la red eléctrica en MT, es necesario elevar la tensión de salida de los inversores de 400 v trifásica a media tensión (15 – 30 kV). Para ello se emplean los centros de transformación, que, en este caso, son elevadores e incorporan todos los elementos propios de un CT y aparatos necesarios.

Los CT se suministran e instalan prefabricados y en potencias normalizadas, con lo que todo el montaje y verificación interna se hace en fábrica. Se colocan junto a la caseta/s de los inversores.

Puede haber más de un CT, esto dependerá de la potencia de salida final de la planta y la potencia suministrada por los inversores. Han de dimensionarse al menos para una potencia del doble de la planta según normativa.

Los CT de una planta solar suelen conectarse en anillo y suelen disponerse perimetralmente al generador fotovoltaico y de tal manera que puedan tener un fácil acceso. Asimismo la tensión de salida ha de coincidir con la tensión de la línea donde se va evacuar la energía eléctrica.

#### ▪ **Línea eléctrica de evacuación**



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 43 – JUNIO DE 2011

La línea eléctrica de evacuación es una línea de nueva construcción que conecta la salida de los centros de transformación con el punto de evacuación de una línea MT ya existente. Esta línea puede ser aérea o subterránea. La longitud de esta línea dependerá de la distancia al punto de conexión. El caso óptimo será que el punto de conexión estuviera junto a la salida del último CT de la planta, cosa inusual, pero que ahorraría coste de la instalación si se diera el caso, ya que no haría falta la construcción de ningún tramo de línea.

Se montará una línea aérea cuando haya que salvar obstáculos del terreno (cerros, viviendas..etc.) y subterránea cuando se den las condiciones necesarias en el terreno (humedad, cruzamientos...etc.).

#### ▪ **Sistema de monitorización**

El sistema de monitorización se emplea para monitorizar el estado de las plantas solares fotovoltaicas, mediante un sistema global, el cual permite realizar estudios de la producción de los campos, de un modo individual (por cada inversor) o conjunta (por cada grupo de inversores totalmente configurable). Permite la consulta del histórico de datos y tratamiento predictivo de las plantas fotovoltaicas (estudios de la evolución de la producción) que permita detectar diferencias de producciones y por tanto posibles defectos en alguna instalación (panel fotovoltaico, inversor, etc).

Permite también la elaboración de estadísticas (comparativas) de las producciones de distintos inversores (o grupos de inversores) en diferentes escalas de tiempo y la generación de la facturación individual de la energía cedida por cada inversor (o grupo de inversores) de cada uno de los campos.

Para esta adquisición de datos, se requiere de un Sistema Adquisición de Datos conexión red-PC 100 kW o similar.

#### ▪ **Vallado**

Toda planta solar debe instalar un vallado perimetral a la planta para evitar el acceso a la misma. Este vallado suele ser de unos 2 m. de altura y suele estar junto al camino de acceso a la planta si existe. Asimismo existirá un puesto de control a la entrada.

### **3. CONCLUSIONES**

Las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a red representan una fuente de energía renovable de alta importancia a día de hoy, debido a los ya sabidos beneficios de este tipo de energía. En los últimos años las inversiones en este tipo de instalaciones han seguido una tendencia al alza por su rentabilidad, si bien, a día de hoy, y debido a la reducción de las primas están experimentando un pequeño bache.

En este documento se ha pretendido dar una visión global de este tipo de instalaciones, en cuanto a sus aspectos técnicos se refiere. Por otro lado, es una materia integrada en el módulo formativo de "Instalaciones Solares Fotovoltaicas" del 2º curso del ciclo formativo de grado medio



ISSN 1988-6047    DEP. LEGAL: GR 2922/2007    Nº 43 – JUNIO DE 2011

de Instalaciones Eléctricas y Automáticas, con la consiguiente importancia que supone el conocer este tipo de instalaciones para el alumnado y su posterior salida laboral.

#### 4. BIBLIOGRAFÍA Y RECURSOS WEB

- Moro Vallina, M. INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS. Ediciones Paraninfo. 2010
- Díaz Corcobado, T.; Carmona Rubio, G. INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS, GRADO MEDIO. Ed. McGraw-Hill / Interamericana de España, S.A. 2010
- Tobajas Vázquez, M. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA 3ª edición. Cano Pina, S.L. Ediciones CEYSA. 2008
- Roldán Vilorio, J. INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS. Ediciones Paraninfo. 2010
- <http://www.solartec.org/SVFot.htm>
- [http://www.soliclima.com/instalaciones\\_conect\\_red.html](http://www.soliclima.com/instalaciones_conect_red.html)
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa\\_solar\\_fotovoltaica](http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_solar_fotovoltaica)

#### Autoría

---

- Nombre y Apellidos: **MIGUEL RUZ MORENO**
- Centro, localidad, provincia: **IES MAIMÓNIDES, CÓRDOBA (CÓRDOBA)**
- E-mail: **p72rumom@uco.es**