

Manual del Instalador 

Energía

Solar Fotovoltaica



Junta de
Castilla y León



Edificio de las Consejerías de Fomento, Agricultura y Ganadería
y de Medio Ambiente de la Junta de Castilla y León (Valladolid)

Índice

1. Caracterización y definición de componentes

- 1.1. Caracterización de los componentes de un sistema fotovoltaico 11
- 1.2. Caracterización e influencia de los dispositivos 13
- 1.3. Caracterización de los materiales 15
- 1.4. Descripción de los componentes 17
- 1.5. Descripción de los componentes de un sistema fotovoltaico 19
- 1.6. Descripción de los componentes de un sistema fotovoltaico 21
- 1.7. Descripción de los componentes de un sistema fotovoltaico 23

Capítulo 1:

1. Introducción a la energía solar fotovoltaica	
1.1. Sistema solar fotovoltaico	15
1.2. Objetivos de una instalación solar fotovoltaica	16

Capítulo 2:


2. Descripción de componentes y equipos	
2.1. Generalidades	19
2.2. Módulos fotovoltaicos	20
2.2.1. Características	20
2.2.2. Caracterización eléctrica de los módulos fotovoltaicos	23
2.3. Acumuladores eléctricos	25
2.4. Regulador	28
2.5. Inversor	31
2.6. Otros elementos	34

Capítulo 3:

3. Configuración de instalaciones de energía solar fotovoltaica	
3.1. Generalidades	41
3.2. Instalaciones aisladas de red	41
3.3. Instalaciones conectadas a red	48
3.4. Lectura e interpretación de los esquemas de una instalación	50

Capítulo 4:

4. Ubicación y montaje de componentes	
4.1. Generalidades	55
4.2. Orientación e inclinación de los módulos	57
4.3. Determinación de sombras	59
4.4. Distancias mínimas	59
4.5. Montaje de la estructura soporte	60
4.6. Montaje de los módulos fotovoltaicos	68
4.7. Montaje de las baterías	70



Manual del Instalador

Energía

Solar Fotovoltaica

El libro de referencia
para todos los
instaladores y técnicos

4.8. Montaje del resto de componentes	73
4.8.1. Montaje del regulador	73
4.8.2. Montaje del inversor	74
4.8.3. Montaje del cableado y puestas a tierra	76
4.8.4. Montaje de aerogeneradores	77
4.9. Seguridad y prevención de riesgos	77

Capítulo 5:

5. Sistemas de medición energética

5.1. Generalidades	83
5.2. Contador de energía	84
5.3. Medida de la radiación solar	84
5.4. Medida de la temperatura ambiente	85
5.5. Sistema de adquisición de datos	85

Capítulo 6:

6. Pruebas de puesta en marcha y recepción de la instalación

6.1. Generalidades	89
6.2. Pruebas de puesta en marcha	89
6.3. Recepción de la instalación	91
6.4. Garantía	92

Capítulo 7:

7. Operación y mantenimiento

7.1. Generalidades	97
7.2. Mantenimiento preventivo	97

Capítulo 8:

8. Posibles anomalías de funcionamiento de la instalación

8.1. Generalidades	103
8.2. Averías de la instalación	103

Capítulo 9:

9. Esquemas eléctricos en instalaciones fotovoltaicas

9.1. Generalidades	107
9.2. Esquemas eléctricos de las instalaciones	107

ANEXO I

Conversión de unidades	121
------------------------------	-----

ANEXO II

Glosario	127
----------------	-----

ANEXO III

Simbología	135
------------------	-----

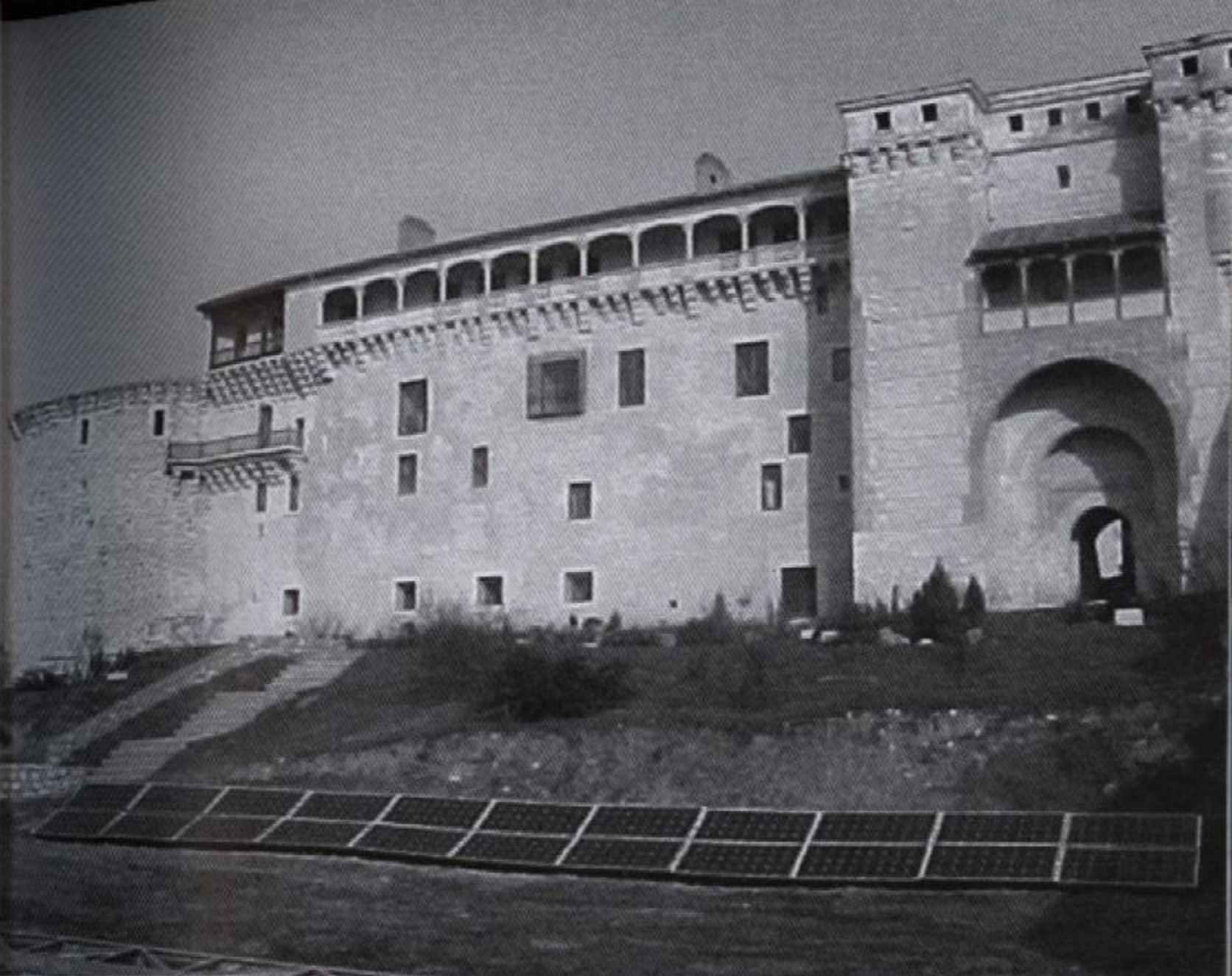
ANEXO IV

Bibliografía	139
--------------------	-----

ANEXO V

Direcciones de interés

AV.1. Junta de Castilla y León	145
AV.2. Entidades públicas, Centros de Investigación y Universidades	146
AV.3. Otras direcciones de interés	149



I.E.S. Duque de Albuquerque (Cuéllar - Segovia)

1

Introducción a la energía solar fotovoltaica

1 Introducción a la energía solar fotovoltaica

1.1. Sistema solar fotovoltaico

Se llama *sistema solar fotovoltaico* a toda instalación destinada a convertir la radiación solar en energía eléctrica.

Un *sistema solar fotovoltaico*, de forma general, requiere el acoplamiento de cuatro elementos principales: Módulos fotovoltaicos, regulador, inversor y baterías.

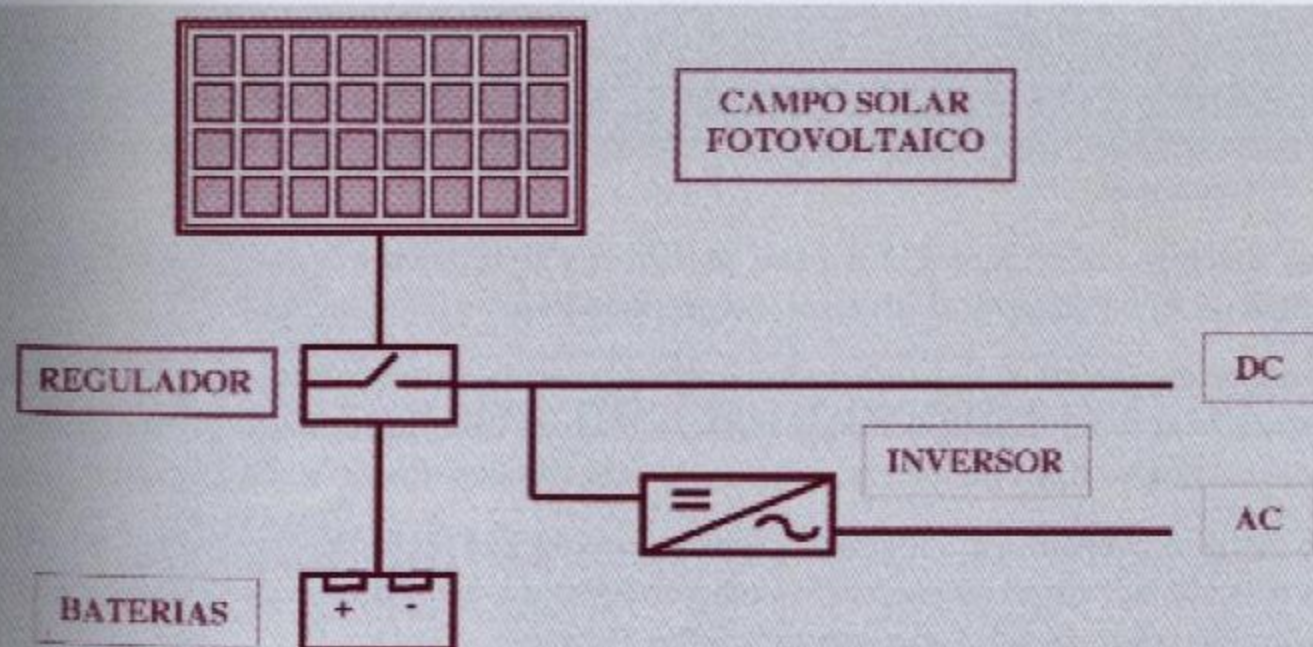


Figura 1.1: Sistema solar fotovoltaico aislado

Los sistemas solares fotovoltaicos se caracterizan por su *simplicidad, fácil instalación, modularidad, ausencia de ruido durante su funcionamiento, larga duración, elevada fiabilidad y requerir poco mantenimiento*. Por otro lado, la tecnología fotovoltaica tiene el valor añadido de *generar puestos de trabajo* y emplear recursos autóctonos, disminuyendo la dependencia energética del exterior.

Todo *instalador de sistemas de energía solar* además de la calidad del diseño y equipos de la instalación, debe tener presente la importancia de la correcta ejecución de la instalación, así como la seguridad de las personas.

1.2. Objetivos de una instalación solar fotovoltaica

El principal *objetivo* de una instalación solar es *conseguir la máxima producción de energía eléctrica*.

La cantidad de energía solar aprovechable depende de múltiples factores, algunos de ellos pueden ser controlados en el diseño e instalación (orientación, inclinación, ubicación de los módulos fotovoltaicos, etc.) y otros se escapan a toda posibilidad de control, ya que son consecuencia de la localización geográfica de la instalación y de los parámetros meteorológicos del lugar.

Básicamente existen dos tipos de instalaciones fotovoltaicas:

- *Instalaciones aisladas de la red eléctrica*, en las que la dependencia no posee energía eléctrica de la red convencional y, por tanto, su consumo eléctrico ha de ser proporcionado íntegramente por la instalación solar fotovoltaica, que almacenará la generación eléctrica solar en baterías para su uso cuando sea solicitada.
- *Instalaciones conectadas a la red eléctrica convencional*, en las que la dependencia posee suministro eléctrico y, por tanto, la generación eléctrica de la instalación solar es destinada, íntegramente, a su venta a la red eléctrica de distribución convencional.

Los sistemas conectados a la red son sencillos, sólo requieren instalar los módulos fotovoltaicos, el cableado y el inversor, no precisando del uso de baterías.

Para que las *instalaciones solares fotovoltaicas resulten competitivas económicamente* es necesario acceder a las ayudas que reducen el coste de la instalación (subvenciones, créditos con bajos tipos de interés, desgravaciones fiscales, financiación por terceros, etc.).

En estos momentos, para lograr la plena incorporación de las instalaciones fotovoltaicas en la sociedad, como una solución complementaria a los sistemas tradicionales de suministro eléctrico, es necesario superar ciertas barreras:

- Administrativas: obtención del máximo apoyo de todas las administraciones públicas.
- Económicas: reducción de costes de fabricación y precio final de la instalación.
- Sociales: difusión y mentalización de la necesidad de las energías renovables, como solución a los problemas medioambientales.



Área de Presidencia de la Junta de Castilla y León (Valladolid)

2 Descripción de componentes y equipos

En instalaciones conectadas a la red general de distribución, su funcionamiento no deberá provocar averías en la misma, ni disminución de las condiciones de seguridad o alteraciones superiores a las admitidas por la normativa que resulte aplicable.

Los equipos electrónicos de la instalación cumplirán con las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica y Compatibilidad Electromagnética.

2.2. Módulos Fotovoltaicos

2.2.1. Características

El módulo fotovoltaico es el elemento fundamental de cualquier sistema solar fotovoltaico. Tiene como misión captar la energía solar incidente y generar una corriente eléctrica.

El módulo fotovoltaico está compuesto por los siguientes elementos:

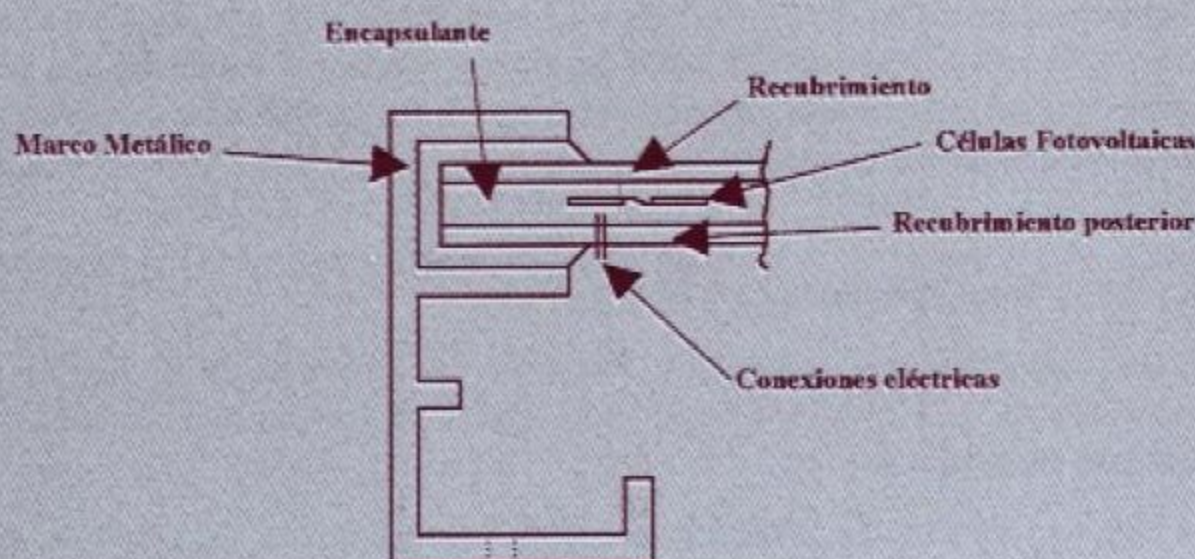


Figura 2.1: Esquema de un módulo fotovoltaico

Células solares o células fotovoltaicas, fabricadas mediante la cristalización del silicio. Pueden ser de tres tipos principales:

- *Silicio monocristalino*, en las que el silicio que compone las células está formado por un único cristal, cuya red cristalina es idéntica en todo el cristal y caracterizada por la solidificación de los átomos de silicio en tres direcciones espaciales perpendiculares entre sí, y sin imperfecciones.
- *Silicio policristalino*, en la que los procesos de cristalización del silicio no son ordenados, obteniéndose redes cristalinas diferentes en cada cristal y conformándose la célula mediante la unión de diferentes cristales.

- **Silicio amorfo**, en el cual no hay red cristalina alguna y el material es depositado sobre finas capas que se unen entre sí.

En ellas se produce el **efecto fotovoltaico**, consistente en la excitación de un material semiconductor, el silicio, por la incidencia de la radiación solar, provocando el movimiento de los electrones del material por el interior del mismo, movimiento que es transformado en corriente eléctrica continua cuando se cierra el circuito.

El fundamento de la corriente eléctrica interna está en la existencia de dos zonas de conductividades diferentes denominadas **p** y **n** en el material que constituye las células. Estas zonas se logran añadiendo impurezas en el silicio (dopaje del silicio). Las impurezas de boro generan la zona p (positiva por tener un electrón de enlace menos que el silicio) y las impurezas de fósforo generan la zona tipo n (negativo, por tener un electrón de enlace más que el silicio).

Al incidir la radiación solar (**fotones**) y unirse ambas zonas (p y n) de los semiconductores, se generará una fuerza electromotriz por el movimiento de los electrones (**cargas -**) en exceso de la zona **n** hacia los huecos (**cargas +**) de la zona **p**.

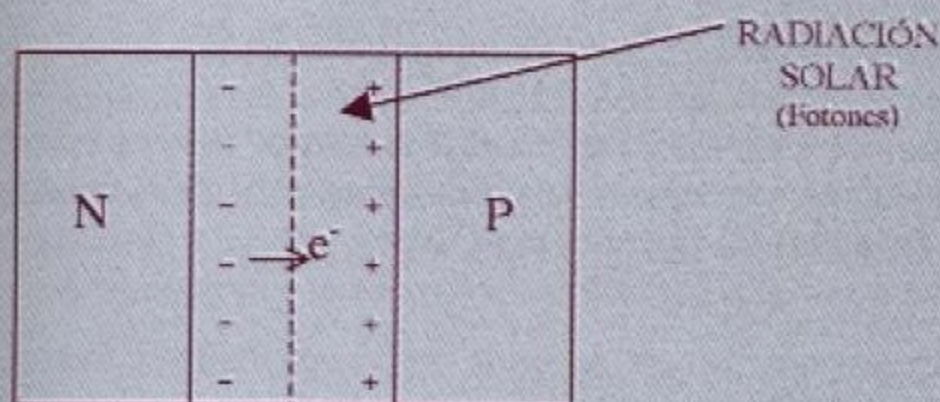


Figura 2.2: Efecto fotovoltaico

Para cerrar el circuito y permitir el movimiento exterior de los electrones (corriente eléctrica) se disponen sendas mallas metálicas en la parte frontal de las células (en forma de rejilla para permitir el paso de la radiación solar) y en la parte posterior (en forma de plancha por no recibir radiación solar), que serán unidas mediante conductores eléctricos para extraer la corriente eléctrica generada por la célula.

Una célula, de forma individual, produce unos 0.4 V. Para conseguir tensiones superiores, las células se unen entre sí, en serie y paralelo, de forma que se conecte el dorso de una de ellas con la parte frontal de la adyacente, conformando módulos fotovoltaicos de 12 V (agrupación de entre 30 y 40 células) o 24 V.

Recubrimiento exterior, generalmente de vidrio para facilitar al máximo la captación de la radiación solar por la célula fotovoltaica. También los hay de materiales orgánicos.

Material encapsulante, actúa como protección de las células. Para este fin se utilizan productos a base de siliconas que son muy transparentes a la radiación solar y no se degradan fácilmente con el tiempo, protegiendo a las células contra la acción de la humedad.

Recubrimiento posterior, dota al módulo de protección y sirve de cerramiento. Suele ser también de vidrio (TEDLAR). En ocasiones este recubrimiento es de color claro, lo que supone una ventaja, ya que la radiación solar que ha pasado entre las células es reflejada por esa superficie y vuelve hacia el recubrimiento exterior, el cual vuelve a reflejar la radiación y es absorbida por las células.

Conexiones eléctricas, deben ser accesibles, normalmente se sitúan en la parte posterior del módulo. Estas conexiones deberán garantizar la estanqueidad en la conexión con otros módulos o con el conductor exterior.

Marco metálico, de aluminio anodizado o acero inoxidable para envolver todo el conjunto del módulo. Tiene que ser una estructura estanca y que esté preparada para la fijación en el bastidor o su integración en otro sistema constructivo.

Según el Plan Solar de Castilla y León:

El panel fotovoltaico solar deberá satisfacer las especificaciones UNE-EN 61215 para módulos de silicio cristalino o UNE-EN 61646 para módulos fotovoltaicos de capa delgada, así como estar cualificados por algún laboratorio reconocido, por ejemplo, Laboratorio de Energía Solar Fotovoltaica del Departamento de Energías Renovables del CIEMAT, Joint Research Centre Ispra, etc. Este requisito se acreditará mediante la presentación del certificado oficial correspondiente.

El módulo fotovoltaico llevará de forma claramente visible e indeleble el modelo, nombre o logotipo del fabricante, y el número de serie, trazable a la fecha de fabricación, que permita su identificación individual.

1. Recubrimiento Exterior
2. Material Encapsulante
3. Células
4. Recubrimiento posterior
5. Conexiones eléctricas
6. Marco Metálico



Figura 2.3: Esquema e imagen de un panel solar fotovoltaico

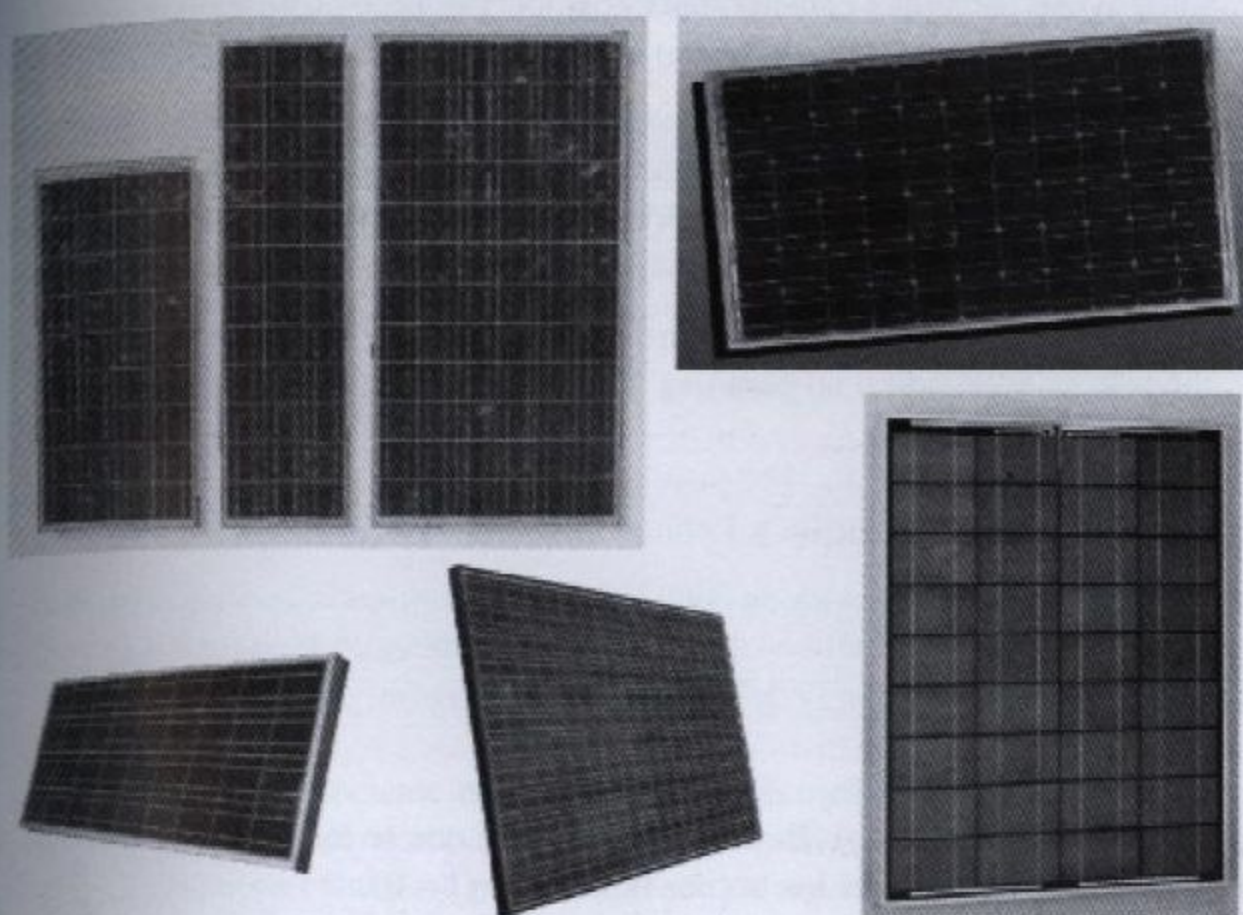


Figura 2.4: Ejemplos de módulos fotovoltaicos comerciales

2.2.2. Caracterización eléctrica de los módulos fotovoltaicos

La definición eléctrica de un módulo fotovoltaico se hace a través de la gráfica Tensión - Intensidad del mismo ($V - I$). Los valores reflejados en esta gráfica se obtienen sometiendo al panel a unas condiciones estándar de medida (CEM) definidas por los siguientes valores: radiación: 1.000 W/m^2 , temperatura: 25°C , incidencia normal y espectro radiante AM 1.5.

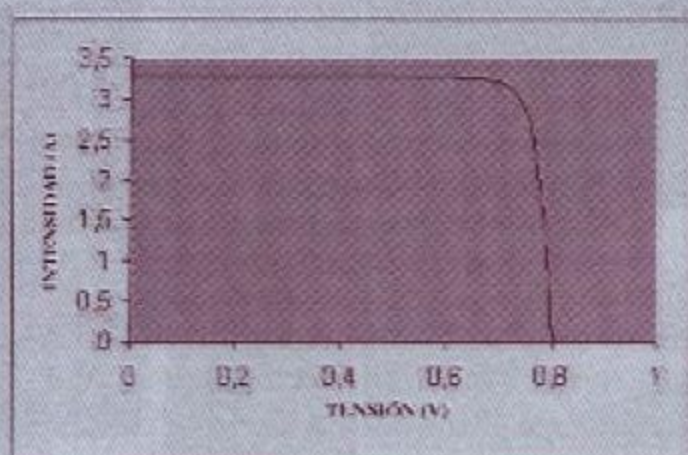


Figura 2.5: Curva $V - I$

Los parámetros eléctricos que caracterizan el comportamiento de un módulo fotovoltaico son los que se definen a continuación:

Intensidad de cortocircuito (I_{sc}): Es la máxima intensidad que se puede obtener de un panel. Se calcula midiendo la corriente entre los bornes del panel cuando se provoca un cortocircuito ($V = 0$). La intensidad de cortocircuito de un módulo es igual al de una de sus células multiplicada por el número de filas conectadas en paralelo.

Tensión nominal (V_n): Es el valor de la tensión de diseño a la cual trabaja el panel e indica si el módulo es adecuado o no para una determinada utilización.

Según el Plan Solar de Castilla y León:

Cuando las tensiones nominales en continua sean superiores a 48 V, la estructura del generador y los marcos metálicos de los módulos estarán conectados a una toma de tierra, que será la misma que la del resto de la instalación.

Tensión a circuito abierto (V_{oc}): Es el máximo voltaje que se mediría en un módulo si no hubiese paso de corriente entre los bornes del mismo ($I = 0$).

La tensión a circuito abierto de un módulo es la de cada una de sus células por el número de estas conectadas en serie.

Potencia máxima (P_M): Es el mayor valor obtenido en el producto de la intensidad y la tensión del módulo fotovoltaico para cada uno de sus valores definidos por la curva tensión - intensidad del módulo y, por tanto, es la mayor potencia que puede dar el módulo. También se la llama potencia pico del panel.

El voltaje V_M que corresponde al de máxima potencia es, aproximadamente, el 80% del valor V_{oc} .

Según el Plan Solar de Castilla y León:

La potencia máxima y la corriente de cortocircuito reales de los módulos fotovoltaicos referidas a CEM deberán estar comprendidas en el margen del $\pm 10\%$ de los correspondientes valores nominales de catálogo.

Existen condiciones en las que se pueden producir variaciones del comportamiento eléctrico de los módulos fotovoltaicos, por ejemplo, con un aumento de la temperatura ambiente se producirá una disminución de la tensión a circuito abierto y por tanto una disminución de la potencia. Y un aumento de la irradiancia producirá un aumento de la intensidad de cortocircuito y, por tanto, un aumento de la potencia.

La potencia del panel puede llegar a disminuir aproximadamente un 0,5% por cada grado por encima de 25°C que aumente la temperatura del módulo.

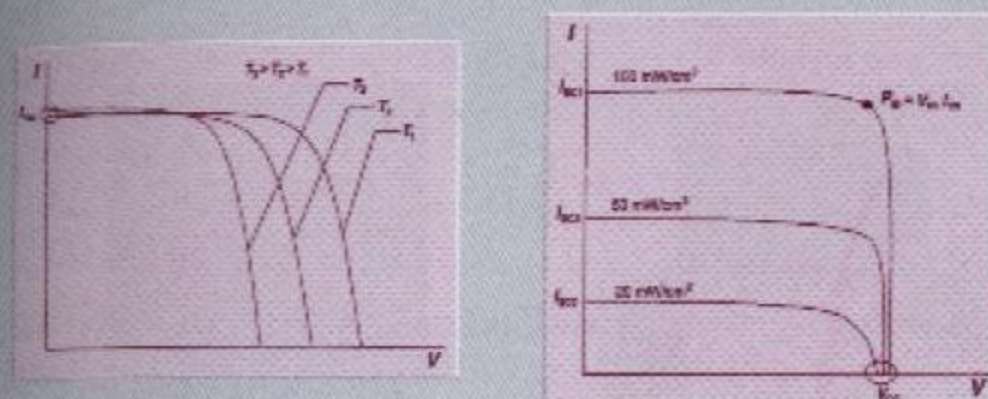


Figura 2.6: Variación de V e I en función de la irradiancia y la temperatura

Eficiencia del módulo: Cociente entre la potencia eléctrica producida por el módulo y la radiación incidente sobre el mismo. De acuerdo con las diversas tecnologías con las que pueden estar fabricadas las células, se pueden obtener los siguientes márgenes de eficiencias.

Tecnología	Eficiencia (%)
Silicio monocristalino	14 - 16
Silicio policristalino	10 - 12
Silicio amorfo	6 - 8

Tabla 2.1: Eficiencias típicas de módulos comerciales de silicio

Según el Plan Solar de Castilla y León:

Se considerará un rendimiento medio del módulo fotovoltaico del 85%, correspondiente a las pérdidas por dispersión de parámetros, suciedad, TONC y pérdidas normales de operación.

Se instalarán los elementos necesarios para la desconexión, de forma independiente y en ambos terminales, de cada una de las ramas del generador.

2.3. Acumuladores Eléctricos

La necesidad de energía no siempre coincide en el tiempo con la captación que se obtiene del sol, por lo que es necesario disponer de un sistema de acumulación que haga fren-

te a la demanda en momentos de poca o nula radiación solar, así como a la producción solar en momentos de poco o nulo consumo.

Para los sistemas solares fotovoltaicos se utilizan acumuladores eléctricos o baterías donde se almacena energía en forma de electricidad.

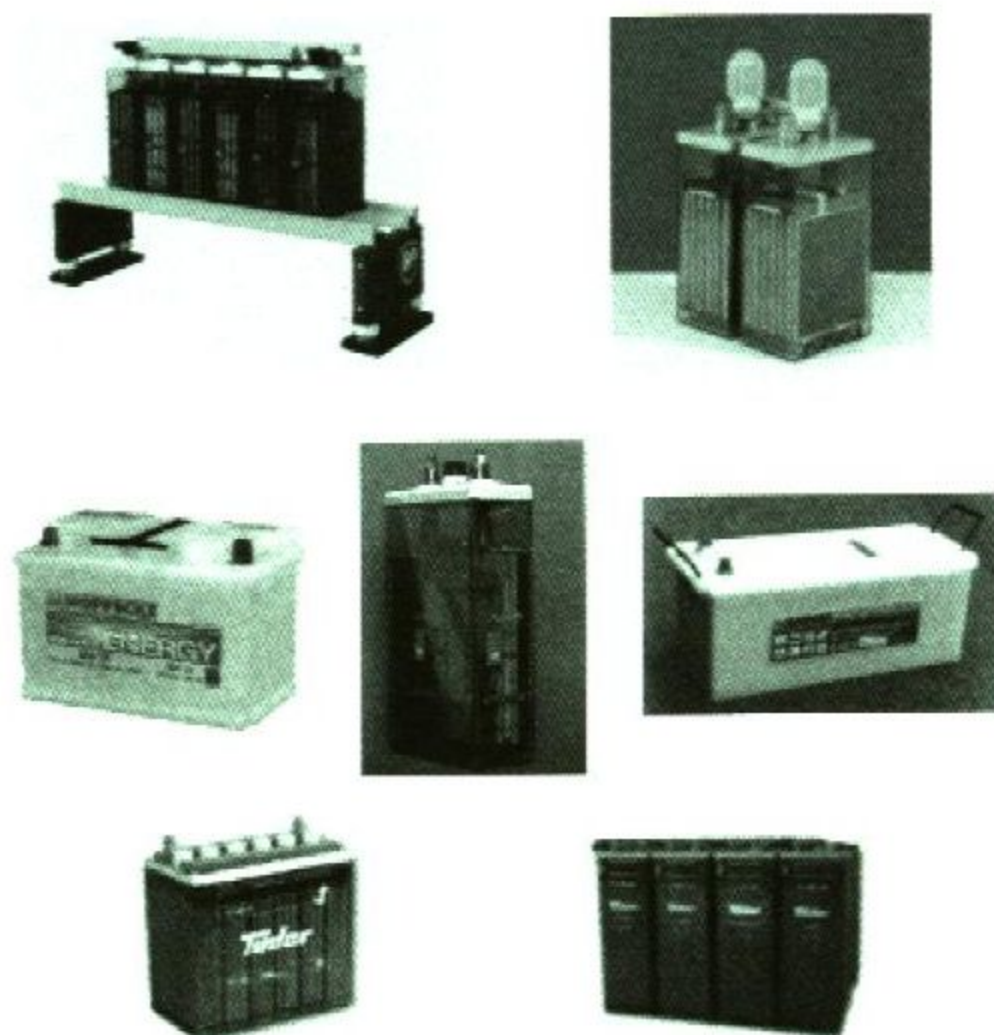


Figura 2.7: Ejemplos de acumuladores eléctricos comerciales

Los parámetros de identificación de un acumulador eléctrico son:

Tipo

Las baterías más adecuadas para sistemas fotovoltaicos son las de plomo - ácido (Pb-ácido). Dentro de éstas existen dos tipos:

- Plomo - Calcio (Pb-Ca), que se caracterizan por tener una menor autodescarga y un mantenimiento más limitado.
- Plomo - Antimonio (Pb-Sb), que son de tipo abierto y tubulares, tienen mejores propiedades a bajos niveles de carga y se deterioran menos con los ciclos de carga y descarga.

Según el Plan Solar de Castilla y León:

Las baterías serán de plomo – ácido, pudiendo ser del tipo monoblock para potencias (pico o nominal) del campo generador instalado (fotovoltaico o eólico – fotovoltaico) inferiores a 170 W.

Se protegerá especialmente frente a sobrecargas a las baterías con electrolito gelificado de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

Capacidad

Es la cantidad de energía que puede suministrar la batería en unas determinadas condiciones de trabajo. Se expresa en amperios - hora (Ah).

La capacidad está influenciada por la temperatura, aumentando si ésta aumenta y disminuyendo en caso contrario.

Según el Plan Solar de Castilla y León:

La capacidad inicial del acumulador será superior al 90% de la capacidad nominal. En cualquier caso, deberán seguirse las recomendaciones del fabricante para aquellas baterías que requieran una carga inicial.

La autodescarga del acumulador a 25°C no excederá el 6% de su capacidad nominal por mes.

Tensión

El acumulador eléctrico es una fuente de tensión continua. Los valores más habituales de ésta son 2 y 12 V. Las baterías de 12 V tienen capacidades de hasta 400 Ah. Para capacidades mayores se emplean elementos de 2 V.

Profundidad de descarga

Es la cantidad, en porcentaje, que se ha descargado una batería en un proceso de descarga. Dependiendo de este valor pueden darse descargas superficiales (20%) o descargas profundas (80%).

La vida útil de una batería depende de los procesos de carga y descarga, de forma que cuanto menos profundos sean éstos, mayor será la duración de la batería.

La conexión de las baterías se realizará en serie, en paralelo o en serie – paralelo, de manera que la tensión que se obtenga sea la correspondiente al campo generador.

Según el **Plan Solar de Castilla y León:**

La vida del acumulador (hasta que su capacidad residual caiga por debajo del 80% de su capacidad nominal) debe ser superior a 1.000 ciclos, cuando se descarga el acumulador hasta una profundidad del 50%.

Respecto a las medidas de seguridad a tener en cuenta con las baterías son:

- Deben ser instaladas en lugares ventilados.
- Se debe mantener el nivel de electrolito que indique el fabricante.
- Se deben cubrir las bornas con vaselina una vez estén conectadas.

Según el **Plan Solar de Castilla y León:**

Las baterías de plomo – ácido deberán etiquetarse, al menos, con la siguiente información:

- Tensión nominal (V).
- Polaridad de los terminales.
- Capacidad nominal (Ah).
- Fabricante (nombre o logotipo) y número de serie.

2.4. Regulador

El regulador es el equipo que controla los procesos de carga y descarga de la batería.

Controla el proceso de carga evitando que, con la batería a plena capacidad, los módulos fotovoltaicos sigan inyectando corriente en la misma. Se lleva a cabo anulando o reduciendo el paso de corriente del campo fotovoltaico.

Controla el proceso de descarga evitando que el estado de carga de la batería alcance un valor demasiado bajo cuando se está consumiendo la energía almacenada. Esto se lleva a cabo desconectando la batería de los circuitos de consumo.

El regulador también es una fuente de información de los parámetros eléctricos de la instalación fotovoltaica. Puede proporcionar datos de la tensión, intensidad, estado de carga de las baterías, etc.

Como medida de seguridad, se ha de asegurar la correcta conexión del regulador a los bornes de la batería para evitar la inversión de polaridad.

Según el Plan Solar de Castilla y León:

Los reguladores de carga que utilicen la tensión del acumulador como referencia para la regulación deberán verificar los siguientes requisitos:

- La tensión de desconexión de la carga de consumo del regulador deberá elegirse para que la interrupción del suministro de electricidad a las cargas se produzca cuando el acumulador haya alcanzado la profundidad máxima de descarga permitida, sin superar en ningún caso el 80%. Esta tensión de desconexión debe estar en el intervalo de $\pm 1\%$ del valor anterior y permanecer constante en todo el margen posible de variación de la temperatura ambiente.
- La tensión final de carga debe asegurar un factor de recarga de la batería superior al 90%.
- La tensión final de carga debe corregirse por temperatura a razón de -4 a $-5\text{mV}/^\circ\text{C}/\text{vaso}$, y estar en el intervalo de $\pm 1\%$ del valor especificado.
- Se permitirán sobrecargas controladas del acumulador para evitar la estratificación del electrolito o para realizar cargas de igualación.

Existen dos tipos de regulador en función de cómo estén conectados:

En paralelo (o tipo Shunt)

Suelen utilizarse para instalaciones de baja potencia. Controlan la sobrecarga cortocircuitando el campo fotovoltaico y disipando la energía en forma de calor. La sobredescarga es controlada interrumpiendo la línea baterías – consumo.

En serie

En este tipo, para controlar la sobrecarga, no se disipa energía, simplemente se interrumpe la línea campo fotovoltaico – baterías. Por este motivo se utilizan en instalaciones de mayor potencia que los anteriores.

La sobredescarga es controlada interrumpiendo la línea baterías – consumo.

Según el Plan Solar de Castilla y León:

El regulador de carga debe estar protegido contra la posibilidad de desconexión accidental del acumulador, con el generador operando en las CEM y con cualquier carga. En estas condiciones, el regulador tiene que asegurar, además de su propia protección, la de las cargas conectadas.

Se considerará un rendimiento medio del regulador 98%, correspondiente a las pérdidas anteriormente citadas.

El regulador de carga deberá estar etiquetado con al menos la siguiente información:

- Tensión nominal (V).
- Corriente máxima (A).
- Fabricante (nombre o logotipo) y número de serie.
- Polaridad de terminales y conexiones.

Hoy en día, los modernos reguladores existentes en el mercado, además de las funciones explicadas anteriormente, incorporan otra serie de aplicaciones como son el ajuste de los niveles de tensión, selección del tipo de batería y duración de las etapas de regulación, así como diversas protecciones contra inversión de la polaridad, contra sobretensiones o sobreintensidades, etc.

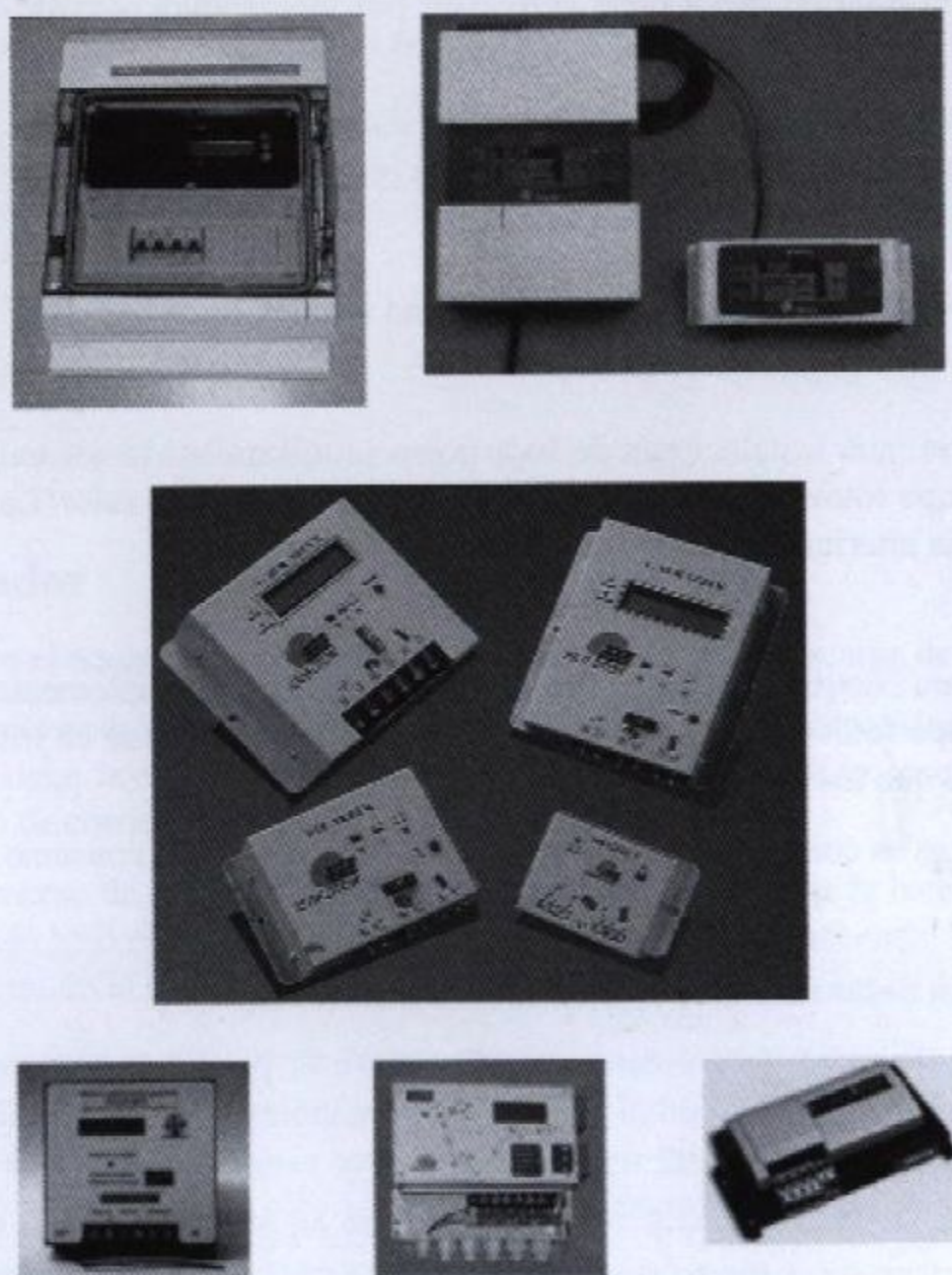


Figura 2.8: Ejemplos de reguladores comerciales

2.5. Inversor

El inversor, convertidor o rectificador es el sistema que adapta la corriente generada en los módulos a las condiciones de consumo de las diferentes cargas eléctricas. La denominación de cada uno de ellos depende del tipo de corriente que transforme. Así, se denomina inversor al elemento que transforma la corriente continua en alterna, convertidor al que transforma la alterna en continua y rectificador el que transforma la continua en continua.

Generalmente, el inversor se conecta a la salida del regulador, si bien puede conectarse directamente en los bornes de la batería cuando posee control de descarga de la batería.

Los módulos fotovoltaicos y las baterías trabajan en corriente continua, por eso cuando los elementos de consumo trabajan en continua es necesario un convertidor continua – continua para adecuar la tensión proporcionada por el acumulador a la solicitada por las cargas de consumo. En cambio, cuando los elementos de consumo trabajan en alterna, es necesario un inversor continua – alterna.

Los parámetros característicos de un inversor son:

Tensión nominal: Es la tensión a aplicar entre los bornes de entrada del inversor.

Según el Plan Solar de Castilla y León:

El inversor debe asegurar una correcta operación en todo el margen de tensiones de entrada permitidas por el sistema.

La regulación del inversor debe asegurar que la tensión y la frecuencia de salida estén en los siguientes márgenes en cualquier condición de operación:

- $V_{NOM} +5\% / -5\%$, siendo $V_{NOM} = 220 V_{RMS}$ o $230 V_{RMS}$
- $50 \text{ Hz} \pm 2\%$

Potencia nominal: Es la potencia que puede suministrar el inversor de forma continua. Suele oscilar entre 100 y 5.000 W. Se ha de tener en cuenta que la potencia del inversor debe ser tal que sea capaz de arrancar y operar todas las cargas de la instalación.

Según el Plan Solar de Castilla y León:

El inversor será capaz de entregar la potencia nominal de forma continuada en el margen de temperatura ambiente especificado por el fabricante.

Capacidad de sobrecarga: Capacidad de suministrar una potencia superior a la nominal y el tiempo que esta situación se puede mantener.

Eficiencia: Es la relación entre la potencia eléctrica que el inversor entrega a la utilización y la potencia eléctrica que consume del generador o de las baterías.

Según el Plan Solar de Castilla y León:

El rendimiento del inversor con cargas resistivas será superior a los límites especificados en la siguiente tabla:

Tipo de inversor		Rendimiento al 20% de la potencia nominal	Rendimiento a potencia nominal
Onda senoidal ¹	$P_{\text{NOM}} \leq 500 \text{ VA}$	>80%	>70%
	$P_{\text{NOM}} > 500 \text{ VA}$	>85%	>80%
Onda no senoidal		>85%	>80%

¹ Se considerará que los inversores son de onda senoidal si la distorsión armónica total de la tensión de salida es inferior al 5% cuando el inversor alimenta cargas lineales, desde vacío a potencia nominal.

Forma de onda: La señal a la salida del inversor se caracteriza por su forma de onda. El inversor más perfecto es el de onda senoidal, pero también es el de mayor coste. Para determinadas aplicaciones (iluminación y pequeños motores) puede ser necesario con uno de onda cuadrada.

Según el Plan Solar de Castilla y León:

Se recomienda el uso de inversores de onda senoidal, aunque se permitirá el uso de inversores de onda no senoidal, si su potencia nominal es inferior a 1 kVA, no producen daño a las cargas y aseguran una correcta operación de éstas.

Los inversores utilizados en instalaciones conectadas a red tienen la particularidad de que deben ser capaces de extraer en todo momento del día la máxima potencia del generador fotovoltaico, por esto deben ser de potencia de entrada variable.

Según el Plan Solar de Castilla y León:

Instalaciones conectadas a la red general de distribución.

Cada inversor dispondrá de las señalizaciones necesarias para su correcta operación e incorporará los controles manuales y automáticos exigidos en el Real Decreto 1663/2000 que aseguren su adecuada supervisión y manejo.

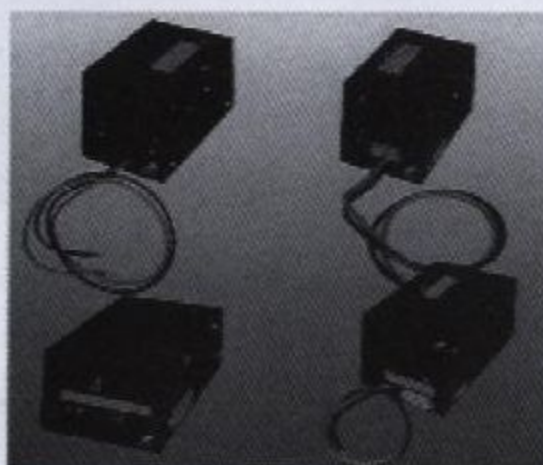


Figura 2.9: Ejemplos de inversores comerciales para uso fotovoltaico

2.6. Otros Elementos

Además de los elementos característicos de la mayoría de las instalaciones fotovoltaicas, existen varios elementos que son necesarios para la seguridad y control de la instalación.

En una instalación fotovoltaica se hace uso de elementos y equipos utilizados en instalaciones eléctricas comunes, sin embargo hay que prestar especial atención a la parte de corriente continua, ya que en instalaciones eléctricas convencionales los sistemas están habitualmente alimentados por corriente alterna y esto conduce a errores comunes en fotovoltaica.

A continuación se citan los elementos más característicos:

Cableado: En instalaciones fotovoltaicas se utilizan secciones de cableado superiores a las utilizadas en instalaciones convencionales debido a la utilización de bajas tensiones continuas (12, 24 y 48 V) y requerimientos de potencia de cierta consideración.



Figura 2.10:
Cableado



Figura 2.11:
Terminales para
cableado

Según el Plan Solar de Castilla y León:

Los conductores necesarios tendrán la sección adecuada para reducir las caídas de tensión y los calentamientos según se establece en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Se incluirá toda la longitud de cables necesaria (parte continua y/o alterna) para cada aplicación concreta, evitando esfuerzos sobre los elementos de la instalación y sobre los propios cables.

Los positivos y negativos de la parte continua de la instalación se conducirán separados, protegidos y señalizados (códigos de colores, etiquetas, etc.) de acuerdo a la normativa vigente.

Conexiones: Se deben utilizar cajas de conexiones estancas y con grado de protección IP adecuado y cableado protegido contra la humedad, la radiación ultravioleta y otros fenómenos atmosféricos, dada su instalación a la intemperie.



Figura 2.12:
Caja de conexiones

Protecciones: No es recomendable utilizar apartamento de corriente alterna en circuitos en continua, por esto los elementos de protección (fusibles, magnetotérmicos e interruptores en general y diodos) deben ser adecuados para los valores de tensión y corriente de una instalación fotovoltaica.

Los fusibles se utilizan para evitar sobreintensidades accidentales. Cada aparato suele llevar su propio fusible.

Los magnetotérmicos limitan la intensidad en el circuito de consumo y son como los que se instalan habitualmente en las viviendas y saltarán si se conecta algún equipo de excesiva potencia. Es recomendable incluir un magnetotérmico en la salida del acumulador y del inversor.

Los diodos son dispositivos de protección para evitar que los módulos actúen como receptores en determinadas ocasiones.

Los *diodos de bloqueo* evitan que se disipe la potencia de los módulos o de la batería en situaciones de defecto eléctrico. Se colocan a la salida de cada grupo de módulos fotovoltaicos.

Los *diodos de paso* evitan los efectos del sombreado impidiendo que las células sombreadas actúen como receptores. Están incluidos por el propio fabricante en la caja de conexiones del módulo.

Se debe conectar la estructura soporte a una toma de tierra tal y como se especifica en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

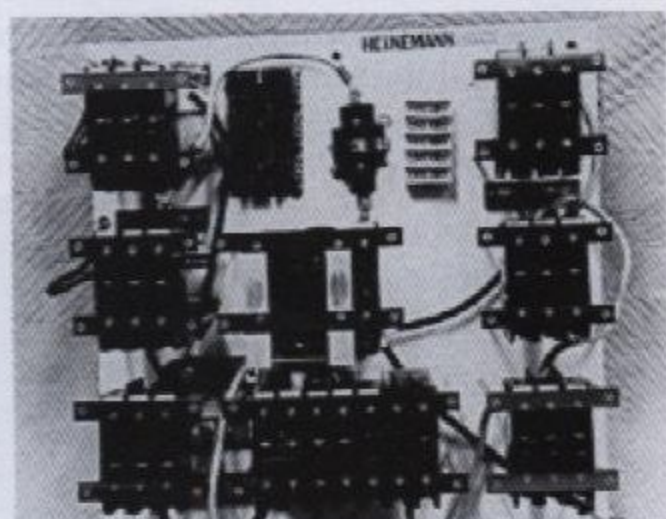
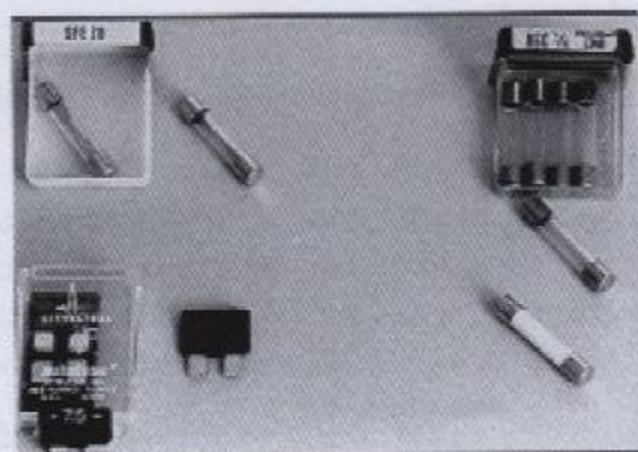


Figura 2.13: Fusibles y protecciones

Según el Plan Solar de Castilla y León:

Los positivos y negativos de la parte continua de la instalación se conducirán separados, protegidos y señalizados (códigos de colores, etiquetas, etc.) de acuerdo a la normativa vigente.

Monitorización y control: Indicadores y visualizadores que muestran al usuario datos sobre la instalación y su funcionamiento. Estos indicadores se encuentran en los propios aparatos de control. La información que pueden facilitar es: tensión del campo fotovoltaico, tensión de la batería, intensidad del campo fotovoltaico, intensidad de consumo, carga de la batería, regulación de la carga, energía eléctrica generada por el campo fotovoltaico, energía eléctrica consumida, etc.

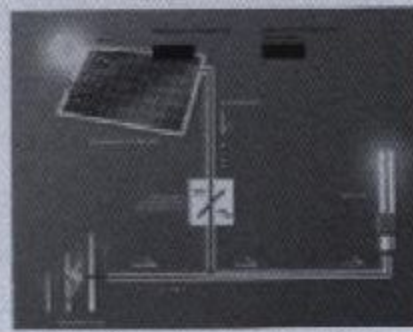
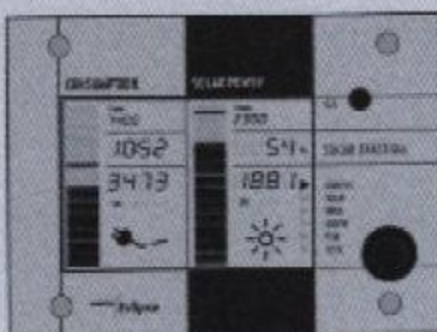
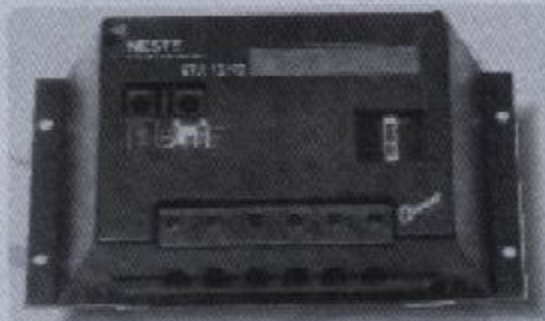


Figura 2.14: Ejemplos de elementos de monitorización y control comerciales

Aerogeneradores:

En ocasiones, las instalaciones fotovoltaicas se complementan con aerogeneradores de pequeña potencia constituyendo el sistema auxiliar de la instalación. Los principales componentes del sistema aerogenerador son:

Turbina eólica: Consta de las hélices captadoras del viento, sistema de orientación y generador.

Torre: Constituye el soporte de la turbina dotando a ésta de la altura necesaria.

Regulador: Al igual que el necesario para el campo fotovoltaico, regula la carga de las baterías. No es adecuado utilizar únicamente el regulador fotovoltaico ya que al hacerlo se podría provocar el funcionamiento en vacío de la turbina.

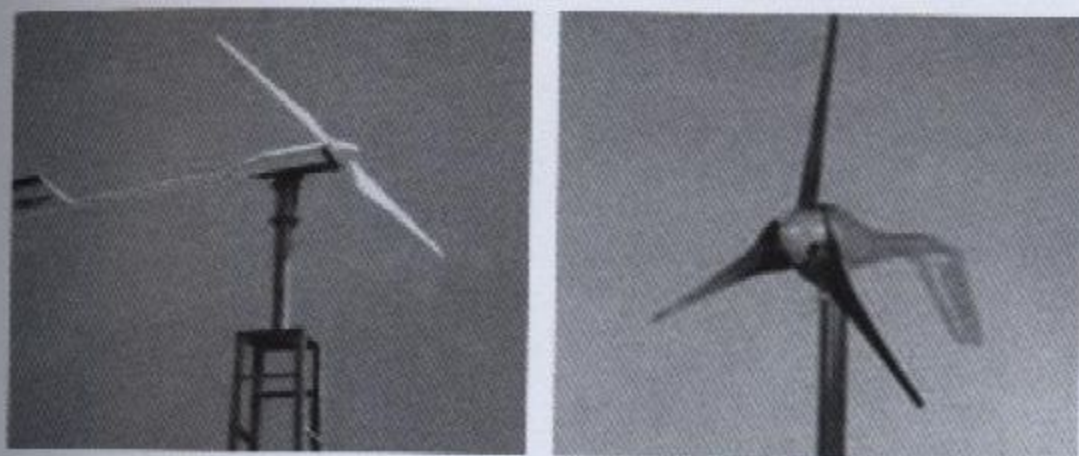


Figura 2.15: Aerogeneradores

Grupos electrógenos:

Se trata de otro sistema de generación complementario para una instalación fotovoltaica. Los grupos electrógenos se utilizan en instalaciones de mediana y alta potencia, cuando es preciso asegurar el suministro eléctrico o cuando existan ciertos consumos de alta potencia que no compense cubrir por el sistema fotovoltaico.

Los grupos electrógenos se alimentan con gasóleo o gas. El dimensionado del grupo estará en función del consumo total previsto en la instalación y las condiciones particulares de utilización del grupo.

Casi todos los grupos electrógenos generan corriente alterna.

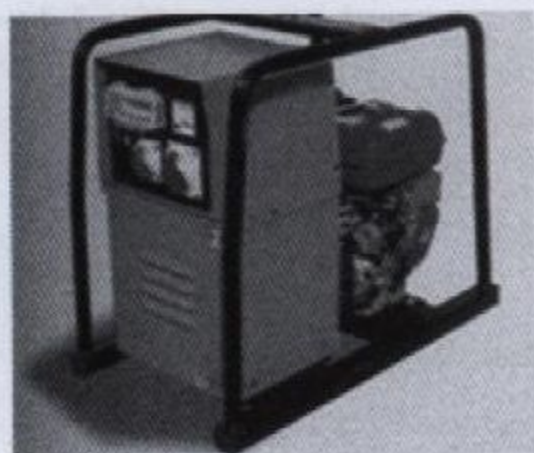


Figura 2.16: Grupos electrógenos



Edificio de las Consejerías de Economía y Empleo
y de Hacienda de la Junta de Castilla y León (Valladolid)

3

Configuración de instalaciones de energía solar fotovoltaica

3 Configuración de instalaciones de energía solar fotovoltaica

3.1. Generalidades

Normalmente, se tiene la idea que los sistemas de aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica han de ser siempre simples. Esto suele venir motivado por la consideración de que, como *la energía solar es gratis, abundante y natural*, se adaptará fácilmente a cualquier sistema.

Ciertamente, tanto los principios de funcionamiento como *las configuraciones de instalaciones básicas son sencillos*, pero esto no quiere decir que la labor tanto del diseñador como del instalador sea sencilla y no necesite de *verdaderos profesionales para llevarla a cabo*.

En algunos casos se han realizado instalaciones por aficionados sin apenas conocimientos del tema, que aunque en principio funcionen correctamente, inevitablemente conducen en un breve periodo de tiempo al fracaso de la misma.

La mayoría de instalaciones fotovoltaicas han sido concebidas como sistemas de generación para zonas donde no llega la red eléctrica convencional o resulta excesivamente caro instalarla. Éstas instalaciones son las denominadas *instalaciones aisladas de red*.

Sin embargo, en los últimos años se ha desarrollado otro tipo de aplicación de las instalaciones fotovoltaicas que son las *instalaciones conectadas a la red de distribución*. Éstas han experimentado una importante evolución debido, principalmente, al descenso de precios de los componentes de una instalación fotovoltaica, al aumento del rendimiento y fiabilidad de los sistemas, y a las condiciones ventajosas que ha impuesto, para la venta de esta producción eléctrica, la Administración pública.

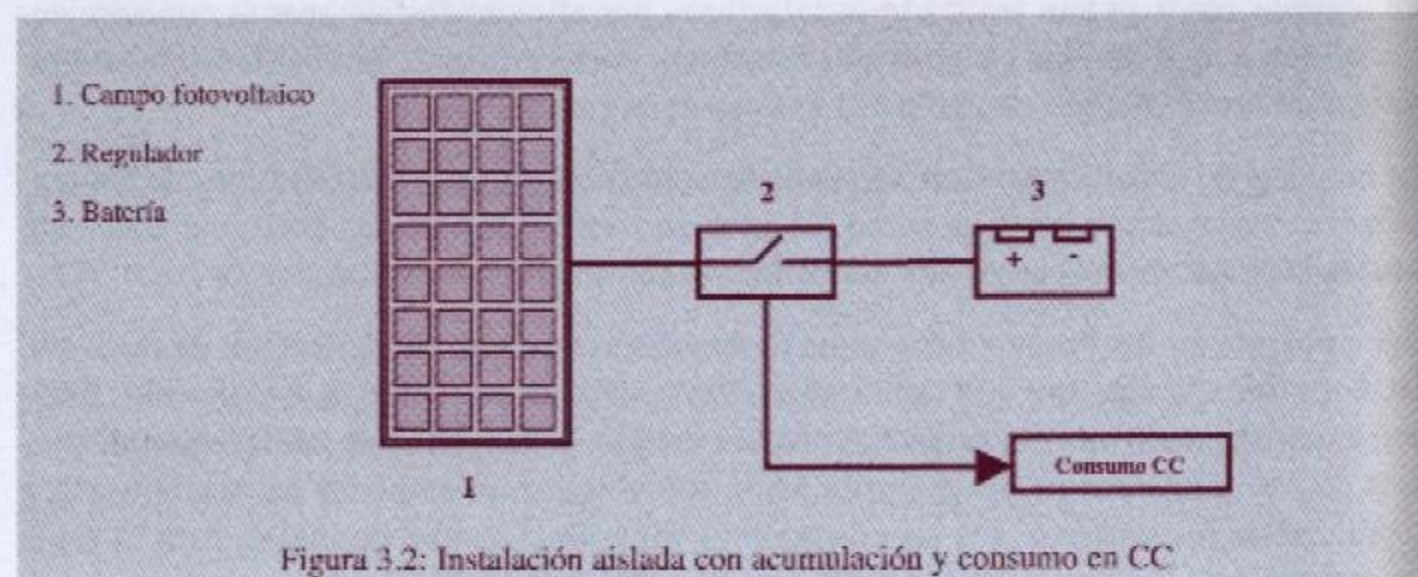
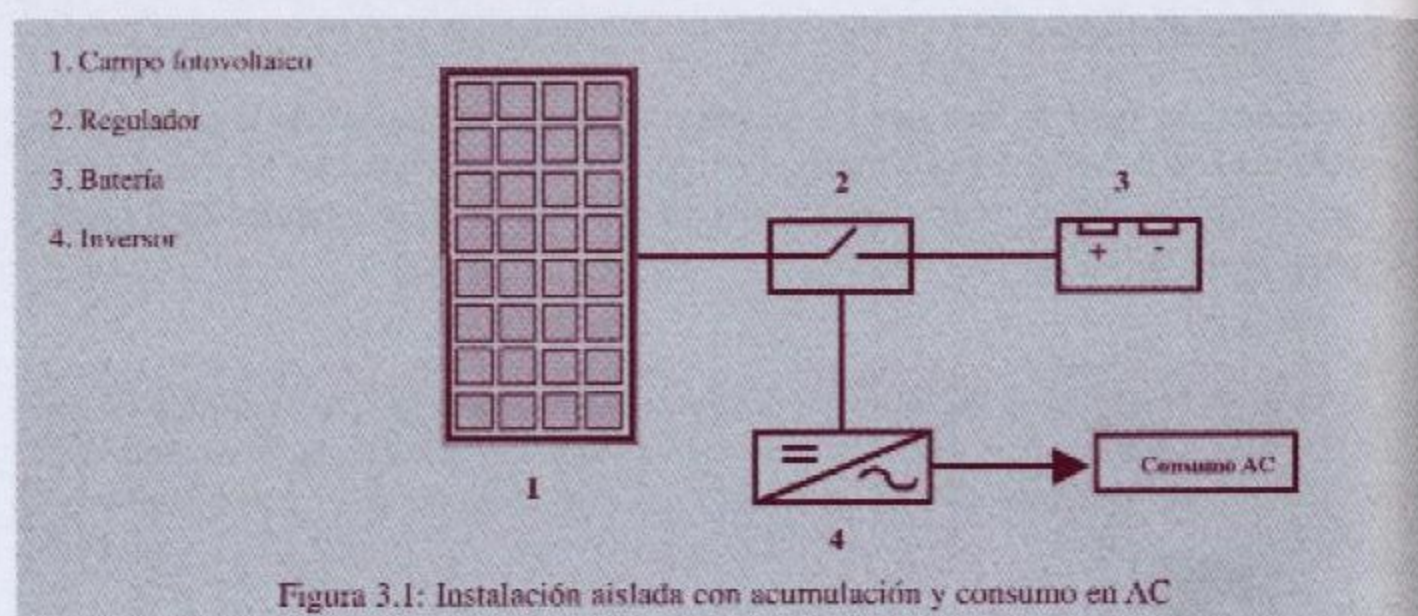
3.2. Instalaciones aisladas de red

Son las instalaciones que *carecen de conexión con la red eléctrica convencional*, siendo la instalación fotovoltaica más común, tanto en instalaciones domésticas como de alumbrado, bombeo o de telecomunicaciones.

Dentro de los sistemas aislados de red se puede diferenciar entre sistemas con acumulación y sistemas de conexión directa.

Los sistemas con acumulación son los que están conectados a baterías que permiten el suministro eléctrico en periodos de poco o nulo aprovechamiento de la radiación solar.

Estos, a su vez, pueden diferenciarse por el consumo al que están conectados, así puede haber instalaciones aisladas con elementos de consumo en corriente alterna (AC) (Fig. 3.1) o elementos de consumo en corriente continua (CC) (Fig. 3.2). También pueden darse los dos casos simultáneamente (Fig. 3.3).



1. Campo fotovoltaico
2. Regulador
3. Batería
4. Inversor

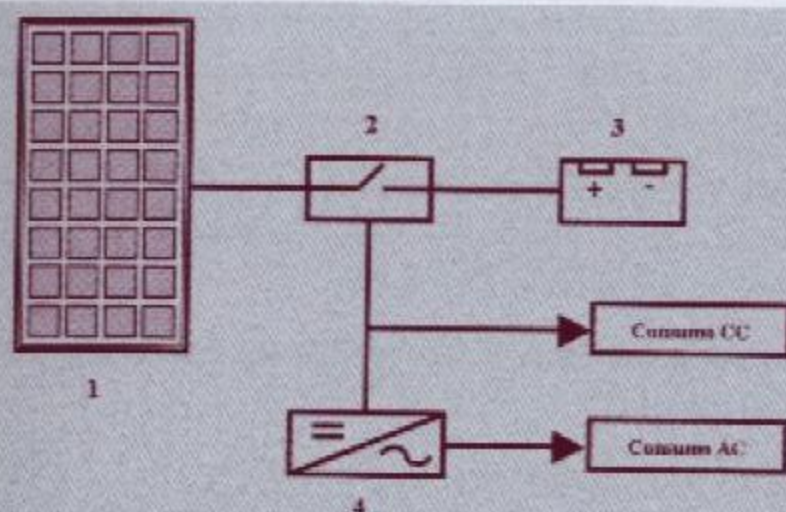


Figura 3.3: Instalación aislada con acumulación y consumo en AC y CC

Los sistemas directos no disponen de baterías, de forma que únicamente se dispondrá de corriente eléctrica en los periodos en que se disponga de radiación solar, por lo que estos sistemas son utilizados cuando no es importante que haya interrupciones o variaciones del suministro eléctrico.

1. Módulo fotovoltaico
2. Inversor

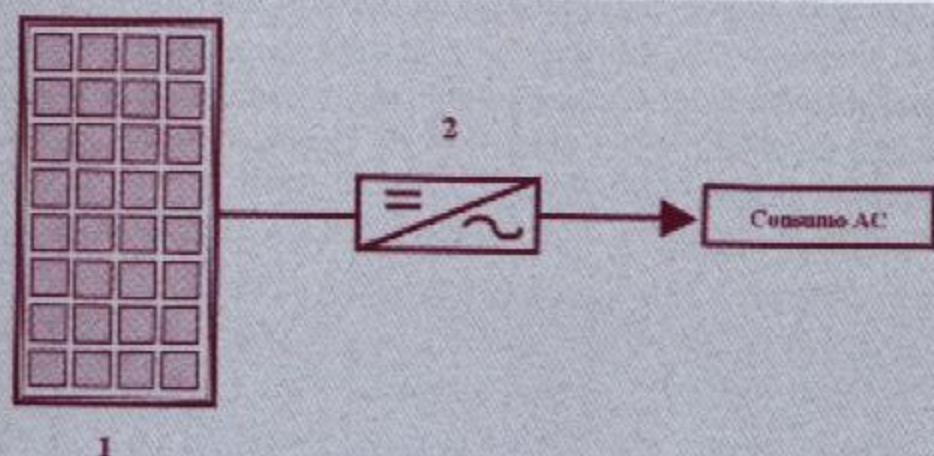


Figura 3.4: Instalación aislada y consumo directo

Las instalaciones aisladas pueden tener diferentes aplicaciones, siendo las más comunes la electrificación doméstica y los sistemas de bombeo.

La electrificación de viviendas es la utilización más usual de la energía solar fotovoltaica, especialmente en los casos de viviendas alejadas de la red eléctrica convencional.

Para diseñar una instalación de forma adecuada se han de conocer los hábitos de consumo de energía eléctrica por parte de los usuarios, evitándose así los riesgos de un mal dimensionado de la instalación.

Los elementos de consumo a los que alimentan las instalaciones fotovoltaicas en las aplicaciones domésticas pueden ser en corriente continua o corriente alterna, con las siguientes peculiaridades:

- Los equipos de corriente continua generalmente corresponden con utilizaciones de iluminación, televisión y pequeños electrodomésticos. Estos equipos tienen un coste mayor que los de CA.
- Los equipos de corriente alterna corresponden a los elementos de consumo utilizados en instalaciones convencionales. Este tipo de instalaciones requieren de un inversor que transforme la CC en CA.

Las instalaciones domésticas también pueden subdividirse en instalaciones descentralizadas y centralizadas.

- Las primeras son aquellas en las que cada vivienda está alimentada por un generador fotovoltaico. Este sistema se utiliza cuando existen dificultades para alimentar una vivienda o grupo de viviendas de forma económica, a través de una línea general. La ventaja de este sistema es la independencia en el diseño y en el posterior uso y mantenimiento.
- Las instalaciones centralizadas son aquellas en las que un único generador fotovoltaico alimenta a un grupo de viviendas. Las ventajas que presenta la instalación centralizada es que el número de módulos y baterías se reduce, solamente es necesario un inversor y se unifican las tareas de mantenimiento, presentándose como principal desventaja el encarecimiento de la instalación por la necesidad de ejecutar una línea de distribución eléctrica que conecte el generador fotovoltaico con todas y cada una de las viviendas.

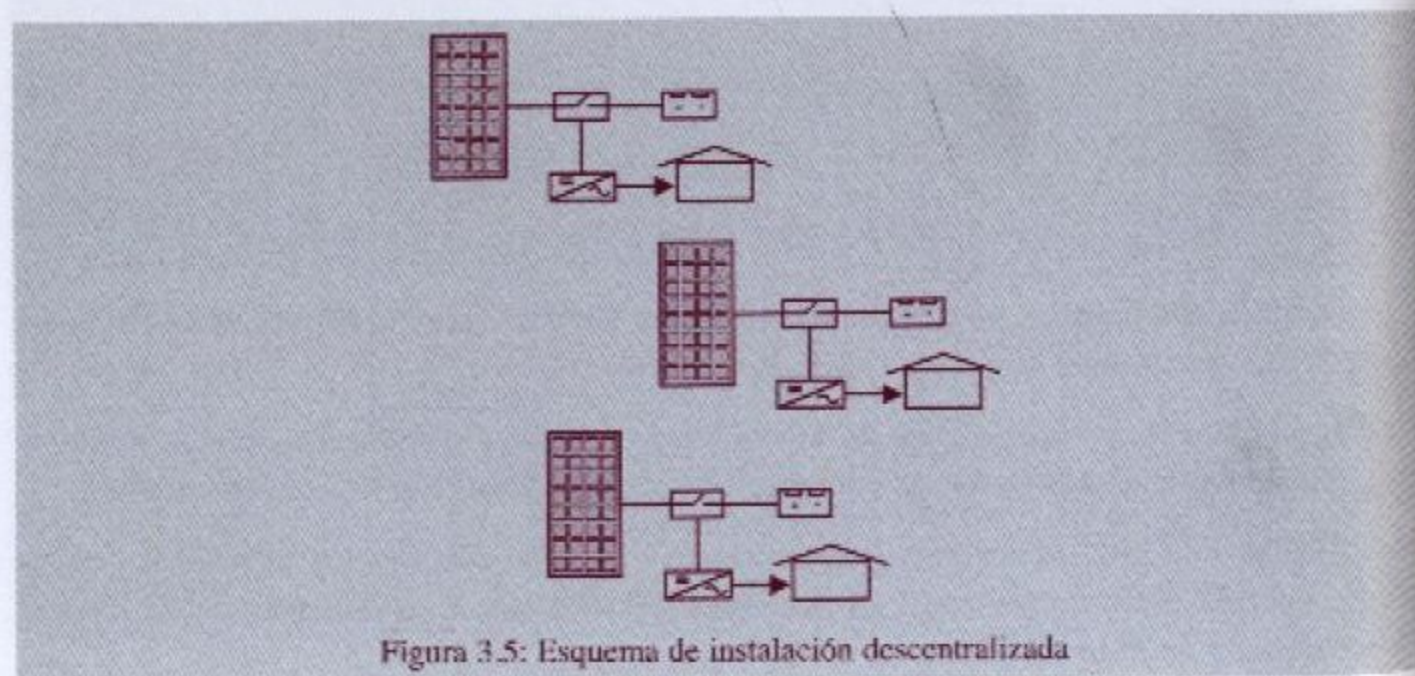


Figura 3.5: Esquema de instalación descentralizada

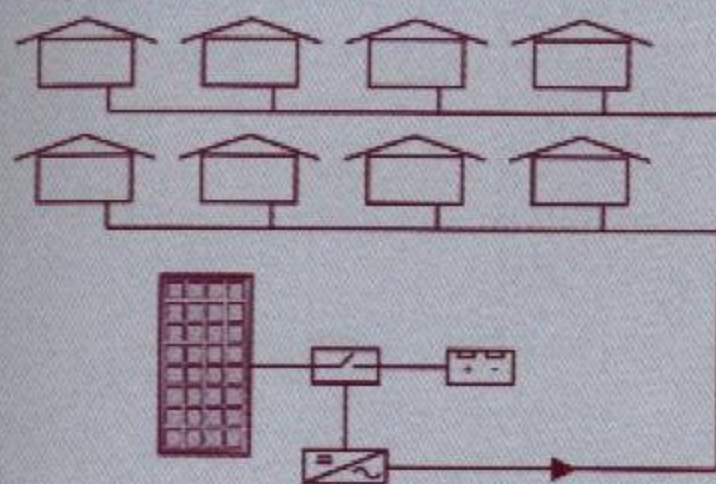


Figura 3.6: Esquema de instalación centralizada

Los sistemas de bombeo son la otra aplicación más común de las instalaciones fotovoltaicas aisladas de la red. Al igual que la electrificación doméstica, esta aplicación se utiliza cuando existe dificultad o imposibilidad para la conexión a la red convencional eléctrica.

Al igual que en las instalaciones en viviendas, el consumo puede solicitarse con bombas de corriente continua (Fig. 3.7) o de corriente alterna (Fig. 3.8).

En estas instalaciones no siempre es necesaria la instalación de la batería, ya que se puede bombear la máxima cantidad de agua posible durante todo el periodo en que exista radiación solar y almacenarla en forma de energía potencial del agua en un aljibe para su posterior utilización.

- 1. Módulo fotovoltaico
- 2. Convertidor
- 3. Bomba CC

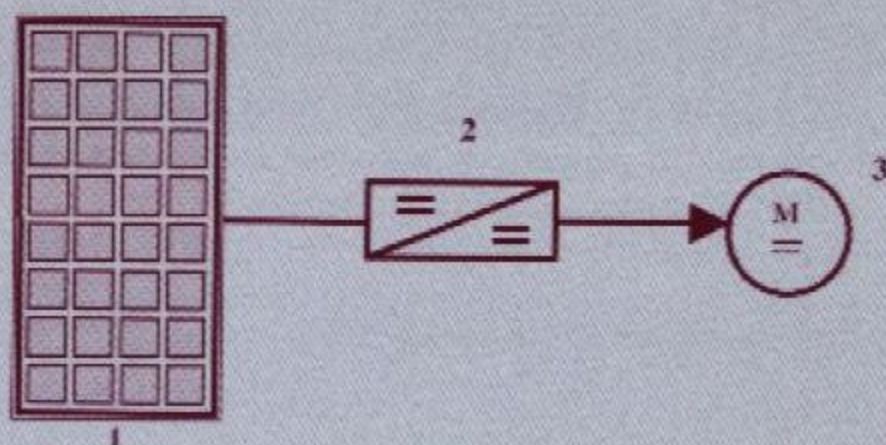


Figura 3.7: Instalación de bombeo CC sin acumulación

1. Módulo fotovoltaico
2. Regulador
3. Bomba AC
4. Inversor

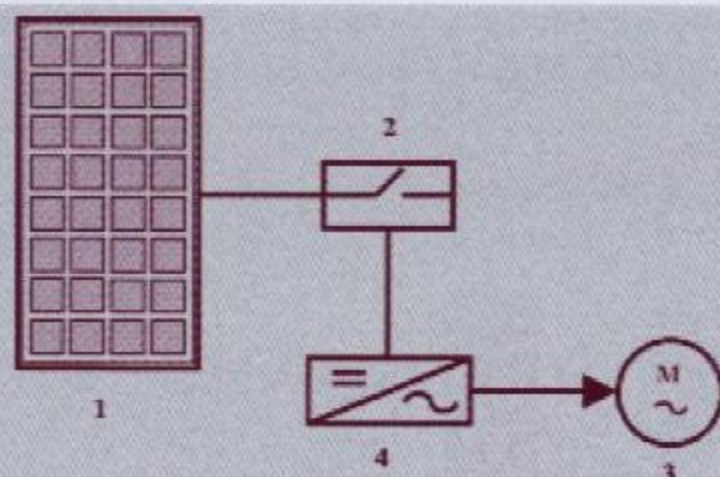


Figura 3.8: Instalación de bombeo CA sin acumulación

El otro tipo de instalaciones de bombeo es el que dispone de acumulación eléctrica para hacer frente a la demanda de bombeo en periodos de escaso o nulo aprovechamiento de la radiación solar.

1. Módulo fotovoltaico
2. Regulador
3. Batería
4. Inversor
5. Bomba

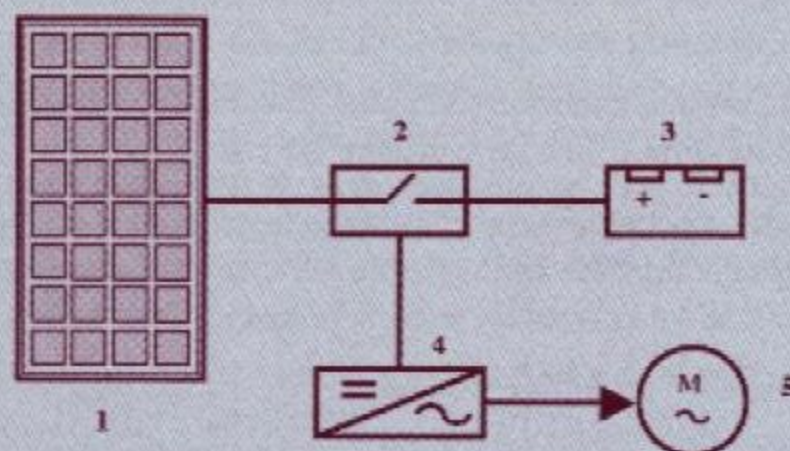


Figura 3.9: Instalación de bombeo CA con acumulación

Otras utilidades de la energía solar fotovoltaica abarcan desde satélites artificiales hasta alumbrado vial, equipos de telecomunicaciones y telefonía, máquinas expendedoras de la ORA, linternas, calculadoras de bolsillo, etc.

Según el Plan Solar de Castilla y León:

Las instalaciones fotovoltaicas no conectadas a la red general de distribución se diseñarán de forma que el campo de paneles se conecte directamente al regulador y éste, directamente tanto a la línea de consumo de corriente continua, si existe, como a las baterías.

De éstas últimas, se sacará la conexión para la alimentación del inversor, el cual será el encargado de proporcionar la cobertura eléctrica de los consumos eléctricos de corriente alterna de la instalación.

En los casos en que las instalaciones fotovoltaicas se complementan con aerogeneradores o grupos electrógenos, los esquemas de las instalaciones serían los representados en las figuras 3.10., 3.11. y 3.12.

1. Campo fotovoltaico
2. Regulador
3. Baterías
4. Inversor
5. Aerogenerador en CA
6. Rectificador

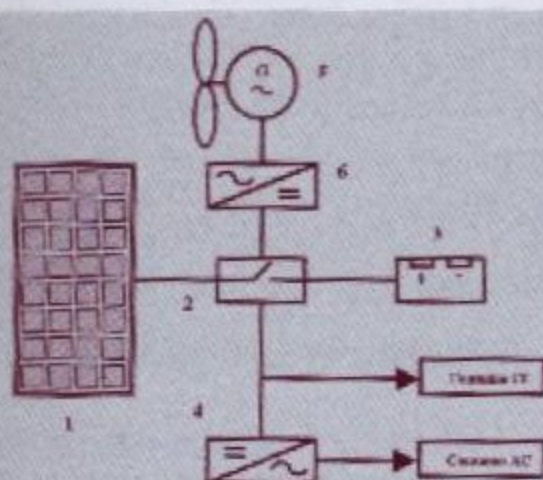


Figura 3.10: Instalación eólico - fotovoltaica con aerogenerador en CA

1. Campo fotovoltaico
2. Regulador
3. Baterías
4. Inversor
5. Aerogenerador en CC

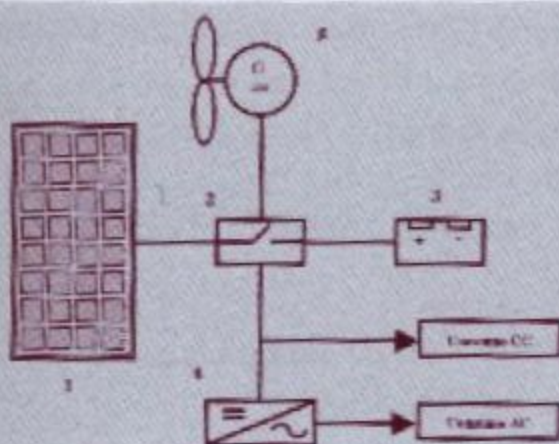


Figura 3.11: Instalación eólico - fotovoltaica con aerogenerador en CC

1. Módulo fotovoltaico
2. Regulador
3. Batería
4. Inversor
5. Grupo electrógeno

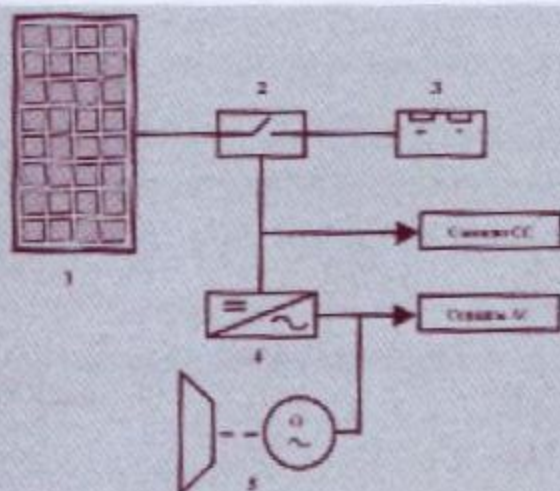


Figura 3.12: Instalación fotovoltaica con grupo electrógeno

3.3. Instalaciones conectadas a red

Son las instalaciones en las que la energía generada por el campo fotovoltaico se vierte, en su totalidad, directamente a la red general de distribución.

Las instalaciones conectadas a red no poseen baterías ni reguladores, componiéndose, únicamente, de los módulos fotovoltaicos y del inversor. Los módulos fotovoltaicos son los mismos que para las instalaciones aisladas de red, sin embargo, los inversores deberán tener las siguientes características:

- Disponer de un sistema de medida de la energía consumida y entregada.
- Ser capaz de interrumpir o reanudar el suministro en función del estado del campo de paneles.
- Adaptar la corriente alterna producida en el inversor a la fase de la energía de la red.

Existe normativa al respecto que regula las instalaciones fotovoltaicas conectadas a red:

- Real Decreto 436/2004, de 12 de marzo, por el que se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial (deroga el Real Decreto 2818/1998, de 23 de diciembre, sobre producción de energía eléctrica por instalaciones abastecidas por recursos o fuentes de energía renovables, residuos y cogeneración).
- Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre "Conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión".
- Resolución de 31 de mayo de 2001 de la Dirección General de Política Energética y Minas, que incluye el modelo de contrato y factura, así como el esquema unifilar de obligado cumplimiento.

La compañía eléctrica propietaria de la red puede tener sus propias especificaciones técnicas adicionales a las que establece la normativa vigente.

En España está prohibida la existencia de instalaciones mixtas (aisladas – conectadas a red), es decir, no se puede acumular o alimentar parte del consumo con la energía eléctrica generada en el campo fotovoltaico: *todo lo que se genera se debe inyectar a la red.*

Actualmente en España un sistema fotovoltaico conectado a red no es un sistema autoabastecedor sino generador.

1. Campo fotovoltaico
2. Protecciones
3. Inversor
4. Contadores entrada-salida
5. Red eléctrica

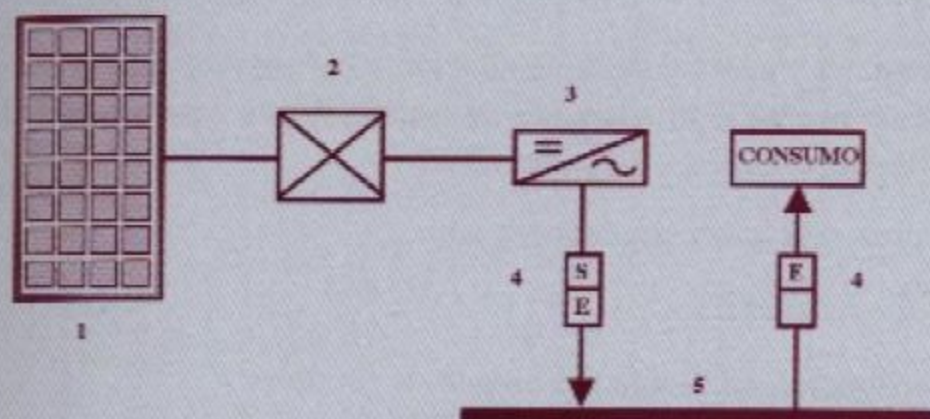


Figura 3.13: Instalación conectada red

Según el Plan Solar de Castilla y León:

Las instalaciones conectadas a la red general están compuestas del campo generador de paneles y del inversor, los cuales se interconectarán entre sí y, este último, a la red general de distribución a través de los contadores y protecciones estipuladas por la empresa de distribución.

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA CONECTADA A LA RED DE BAJA TENSION

ESQUEMA UNIFILAR

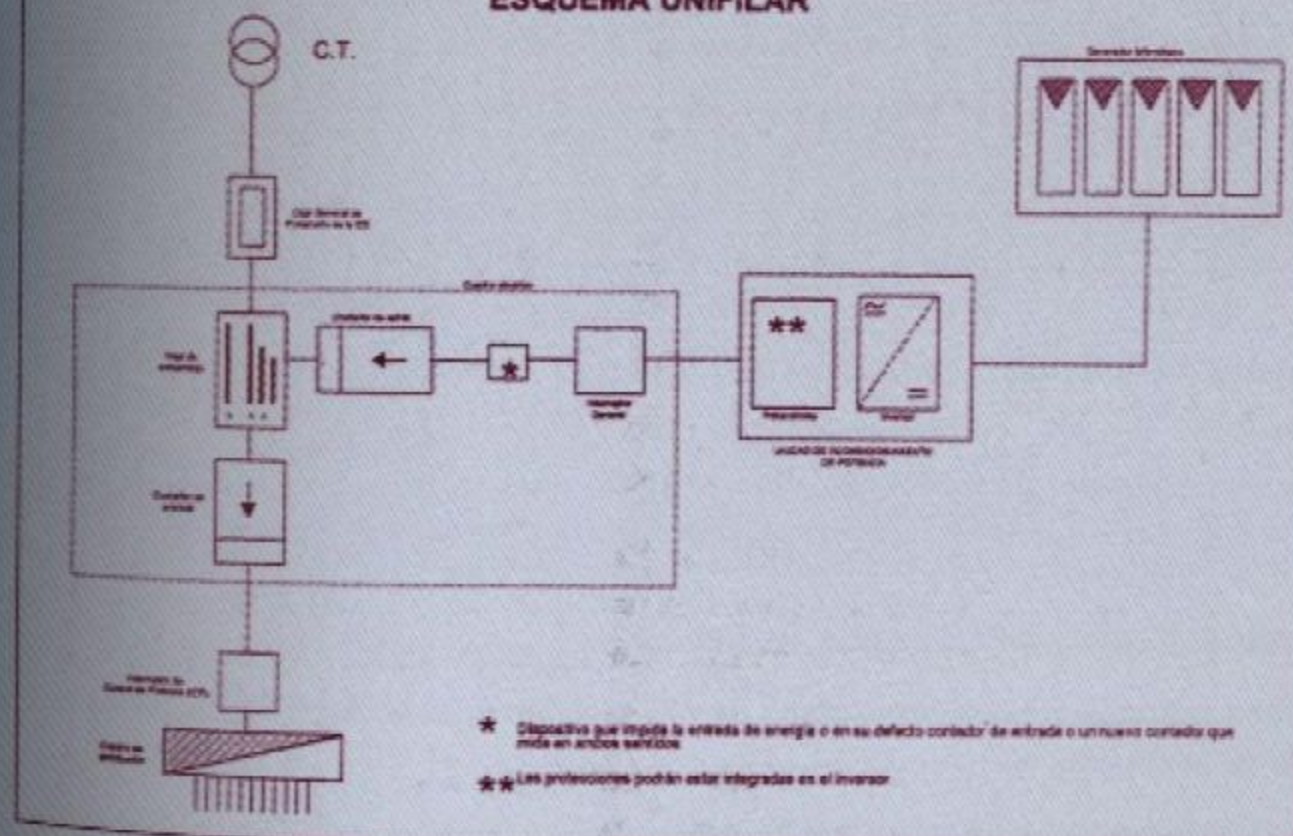


Figura 3.14: Esquema unifilar instalación conectada a red

Fuente: B.O.E. 21 06 2001 RESOLUCIÓN de 31 de mayo de 2001, de la Dirección General de Política Energética y Minas, por la que se establece modelo de contrato tipo y modelo de factura para instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

3.4. Lectura e interpretación de los esquemas de una instalación

Para el replanteo general de la instalación solar fotovoltaica que se pretenda ejecutar será conveniente por un lado, disponer de los esquemas y planos necesarios que la describan, y por otro saber leerlos e interpretarlos.

Pueden presentarse los siguientes casos:

- Esquema eléctrico.
- Distribución en planta del campo de módulos.
- Esquema de conexiones de los módulos.
- Sala de equipos.
- Estructura soporte.

Esquema eléctrico

En este esquema se representan todos los componentes de la instalación y su interconexión. Se realiza sin ningún tipo de escala y no se tienen en cuenta consideraciones dimensionales.

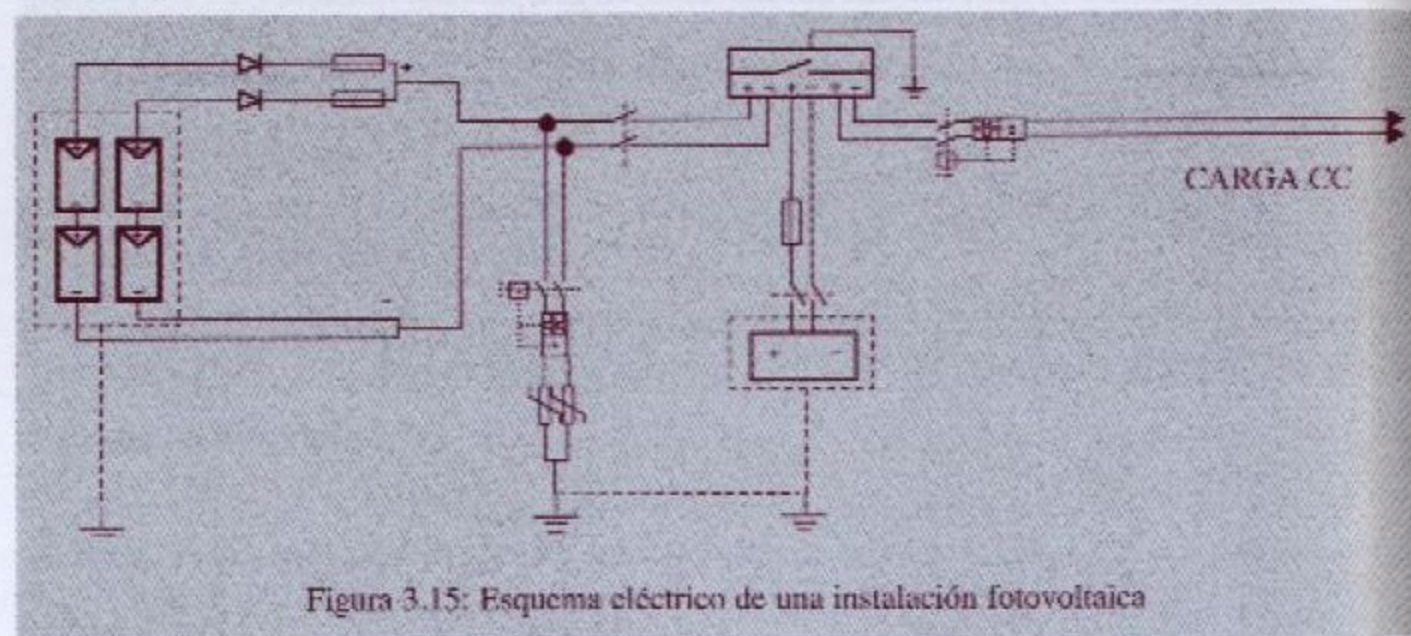


Figura 3.15: Esquema eléctrico de una instalación fotovoltaica

Distribución en planta del campo de módulos

A continuación se representa el plano de planta de un edificio sobre el que se ubican los módulos fotovoltaicos.



Figura 3.16: Plano de planta de una instalación fotovoltaica en una cubierta inclinada

Esquema de conexiones de los módulos

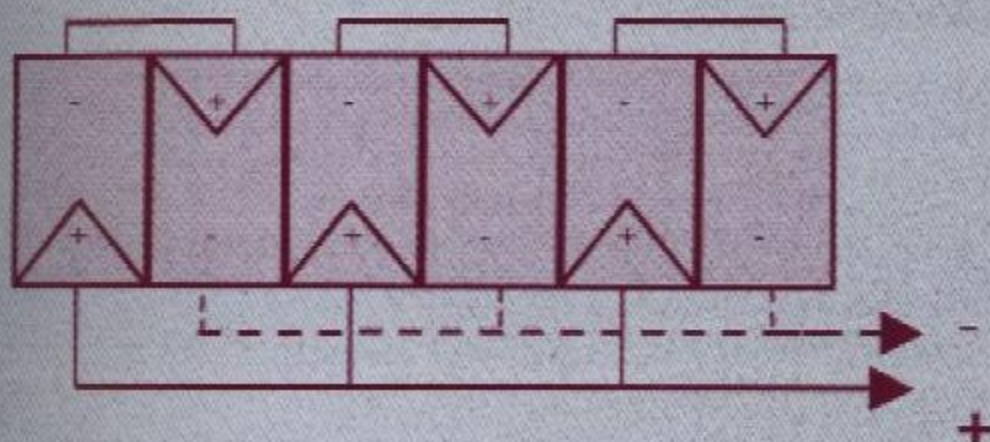


Figura 3.17: Esquema de conexionado de módulos fotovoltaicos

Sala de equipos

En algunos casos puede ser necesario disponer de una sala para la instalación de las baterías y los demás equipos.

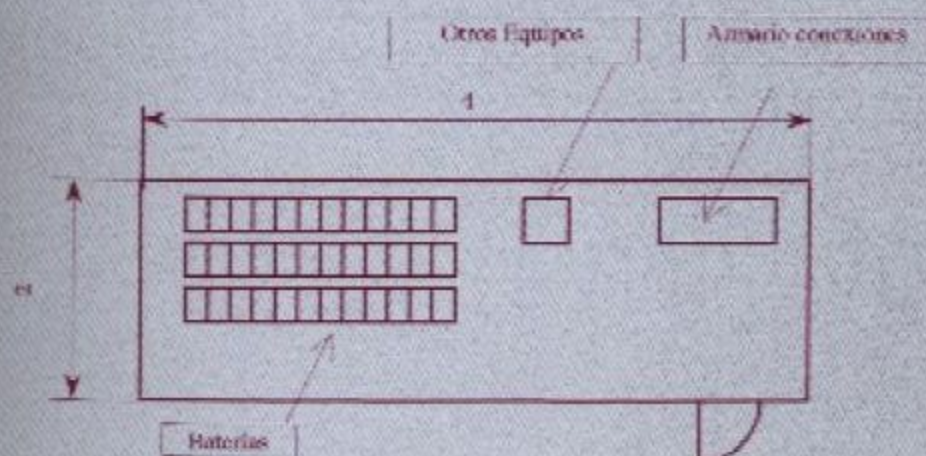


Figura 3.18: Plano de distribución de la sala de equipos

Estructura soporte

Existen diferentes tipos de estructuras soporte, que se explicarán con detalle en el correspondiente capítulo, dependiendo si los módulos van superpuestos en la superficie de la vivienda o si tienen cierta inclinación respecto a la horizontal o la vertical.

En las siguientes figuras se muestran dos tipos de estructura soporte.

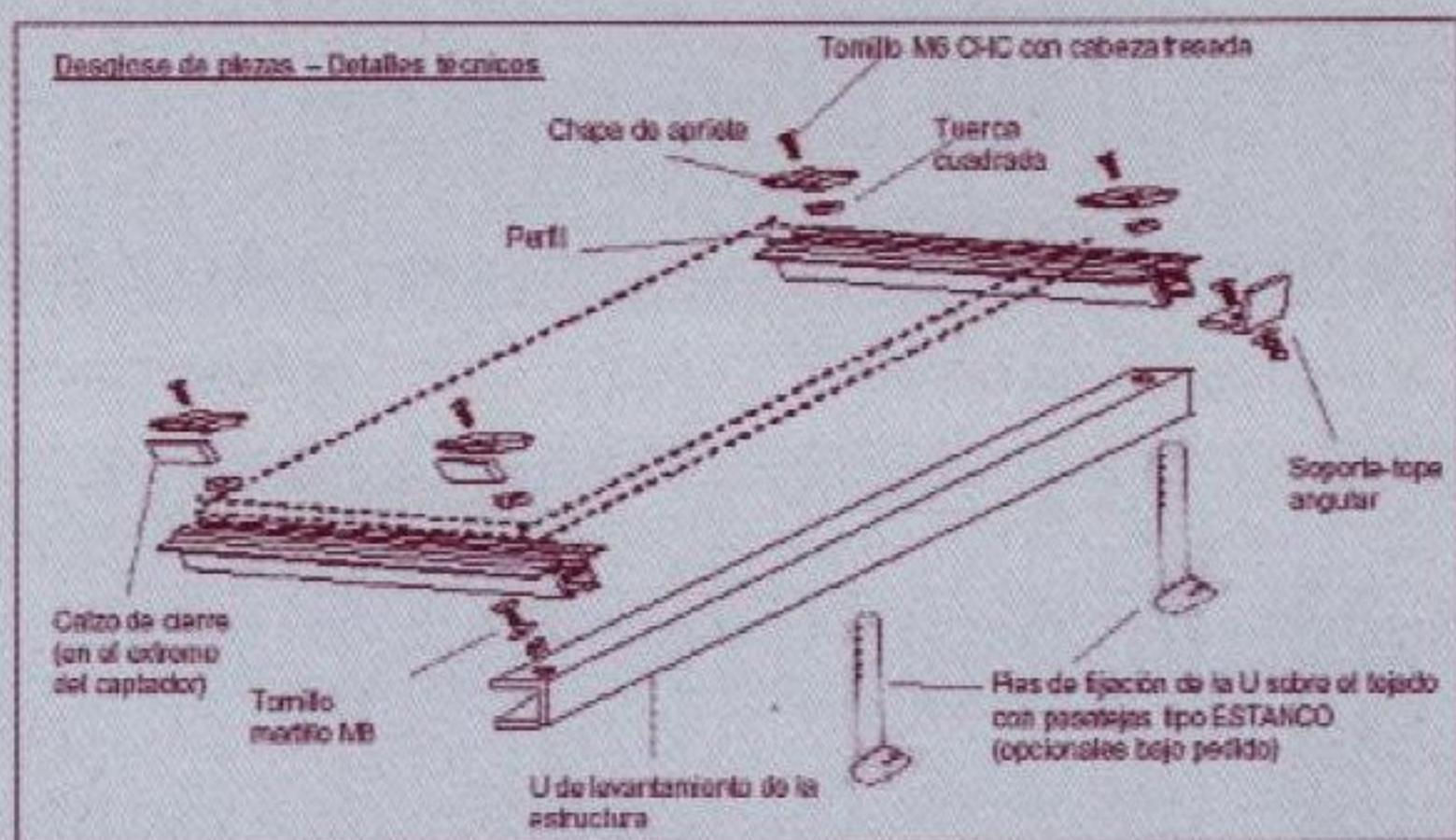
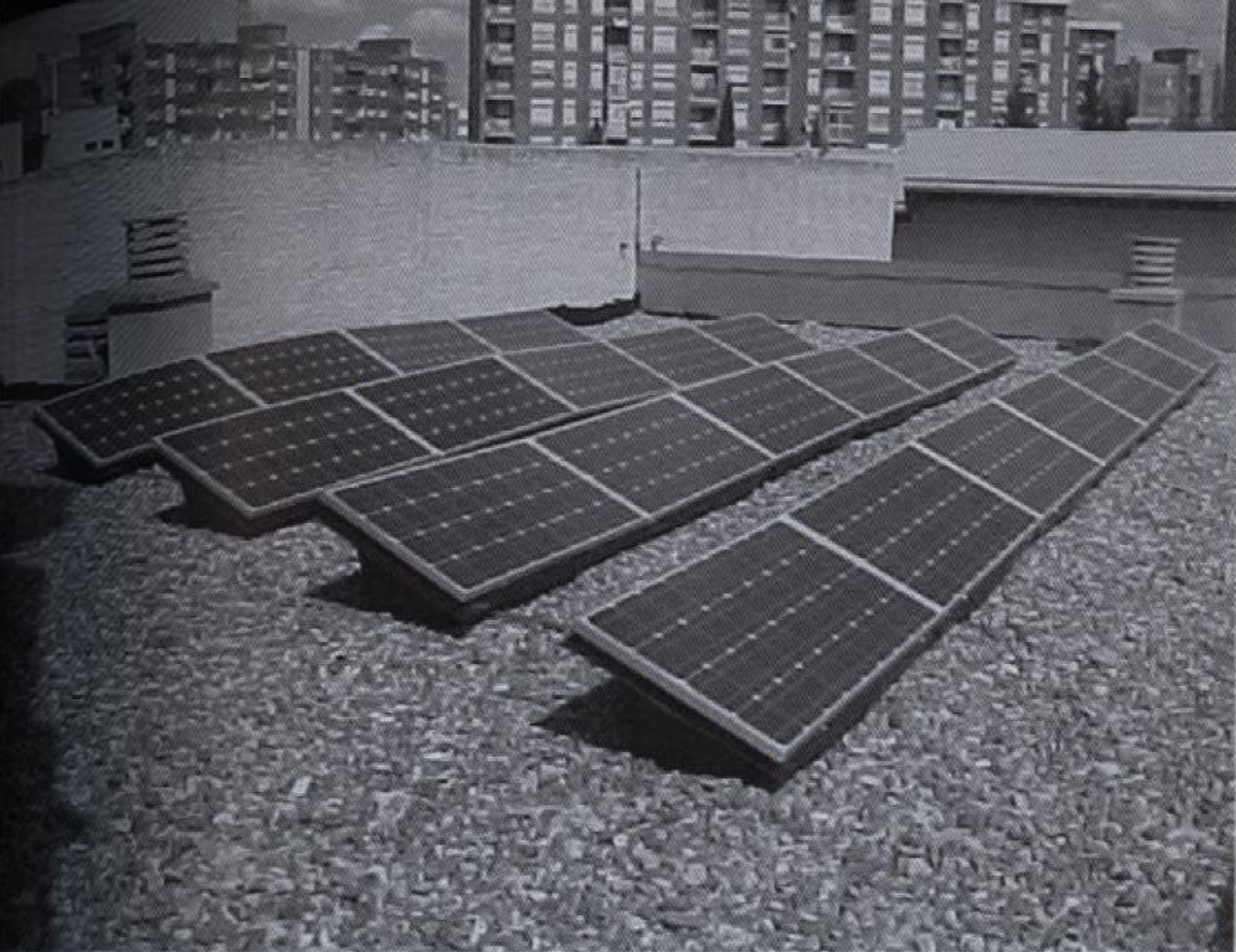


Figura 3.19: Plano de estructura para módulos superpuestos



Figura 3.20: Plano de estructura para módulos inclinados



I.E.S. María Moliner (Segovia)

4

Ubicación y montaje

de componentes

4 Ubicación y montaje de componentes

4.1. Generalidades

El montaje de una instalación es cometido de un técnico autorizado. Éste asume la responsabilidad de la instalación y la primera puesta en marcha.

Para el montaje e instalación de equipos se deben:

- Seguir atentamente todas las instrucciones especificadas en el proyecto técnico.
- Complementar las especificaciones de montaje con la aplicación de las reglamentaciones vigentes que tengan competencia en el caso.
- Seguir atentamente todas las recomendaciones del fabricante.
- Efectuar las tareas con el mayor cuidado posible.

Es responsabilidad del instalador:

- Utilizar materiales y procedimientos de ejecución que garanticen las exigencias de servicio, durabilidad, salubridad, seguridad y mantenimiento.
- Comprobar la calidad de los materiales.
- Vigilar los materiales durante el almacenaje, montaje e instalación, hasta la recepción.

Antes de comenzar los trabajos de montaje, la empresa instaladora deberá efectuar el replanteo de todos y cada uno de los elementos de la instalación.

Durante el curso del montaje y al finalizar la instalación se debe:

- Tener cuidado con los materiales frágiles y delicados, durante el almacenamiento en la obra y una vez instalados, que deberán quedar debidamente protegidos (como son las luminarias, mecanismos, equipos de medida, etc.).

- Evacuar de la obra todos los materiales sobrantes.
- Limpiar perfectamente todos los equipos (módulos, baterías, equipos, etc.), cuadros eléctricos, instrumentos de medida, etc., de cualquier tipo de suciedad, dejándolos en perfecto estado.
- Recubrir con dos capas de pintura antioxidante todos los elementos metálicos que no estén debidamente protegidos contra la oxidación por el fabricante.
- Los aparatos, equipos y cuadros eléctricos que no vengan reglamentariamente identificados con placa de fábrica, deben marcarse mediante chapa de identificación, sobre la cual se indicará el nombre y las características del elemento.
- Las placas de identificación se tienen que situar en lugares visibles y fijar mediante remaches, soldadura o material adhesivo resistente a las condiciones ambientales.
- Las uniones y cambios de dirección de las canalizaciones del cableado se realizarán con los correspondientes accesorios y/o cajas, centrando los ejes de las canalizaciones con los de las piezas especiales, sin tener que recurrir a forzar la canalización.

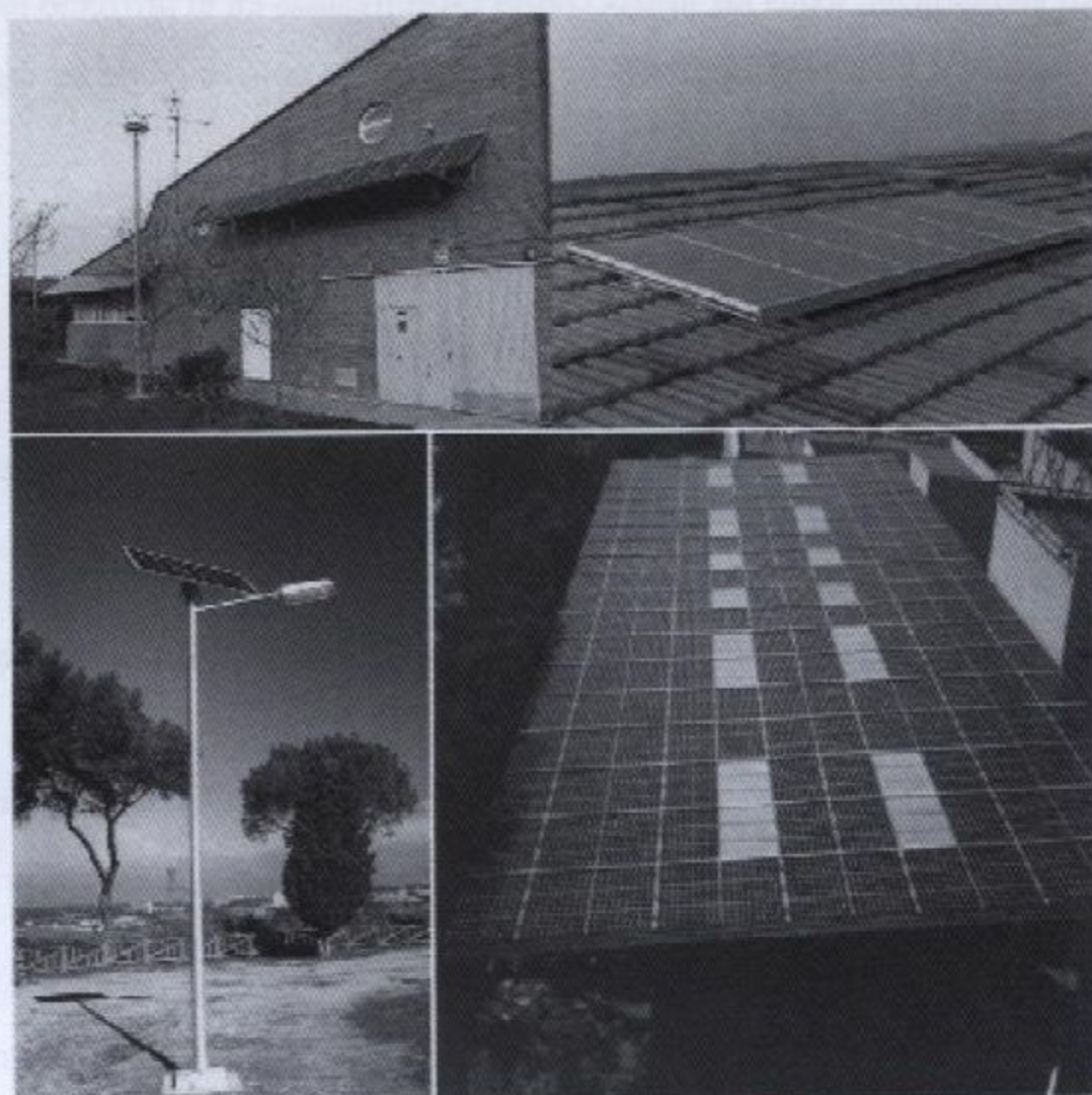


Figura 4.1: Ejemplos de ubicación de módulos

4.2. Orientación e inclinación de los módulos

Los módulos fotovoltaicos han de montarse de forma que aprovechen al máximo la radiación solar, por lo que *se orientarán hacia el sur geográfico* (si nos encontramos en el hemisferio norte) y con una *inclinación 10° superior a la latitud del lugar*.

Según el Plan Solar de Castilla y León:

Se admitirán unas desviaciones máximas de $\pm 20^\circ$ respecto al sur geográfico, para la orientación.

Se admitirán unas desviaciones máximas de $\pm 10^\circ$ respecto de la latitud, para la inclinación.



Figura 4.2: Orientación e inclinación de los módulos fotovoltaicos

Hay que procurar que la radiación solar incida casi perpendicularmente sobre la superficie del módulo al mediodía solar.

Pero además, la inclinación depende del uso previsto de la instalación, así pueden darse diferentes casos:

- *20° mayor que la latitud* para utilización principalmente en invierno (albergues de montaña).
- *10° mayor que la latitud* para utilización uniforme a lo largo de todo el año (electrificación de viviendas, bombas de agua, repetidores de TV, etc.).
- *10° menor que la latitud* para utilizaciones principalmente en primavera y verano.

Es conveniente saber que el sur geográfico no coincide con el magnético dado por la brújula. El sur geográfico se puede localizar de la siguiente manera:

- 2 ó 3 horas antes del mediodía solar, colocar una varilla vertical en el suelo, medir su sombra y hacer una señal.

- Hacer un círculo con la medida de la sombra en el suelo.
- Por la tarde, cuando la sombra tenga otra vez la medida del círculo, hacer otra señal.
- La recta que une ambas señales, mirando hacia la varilla, está orientada al sur geográfico.

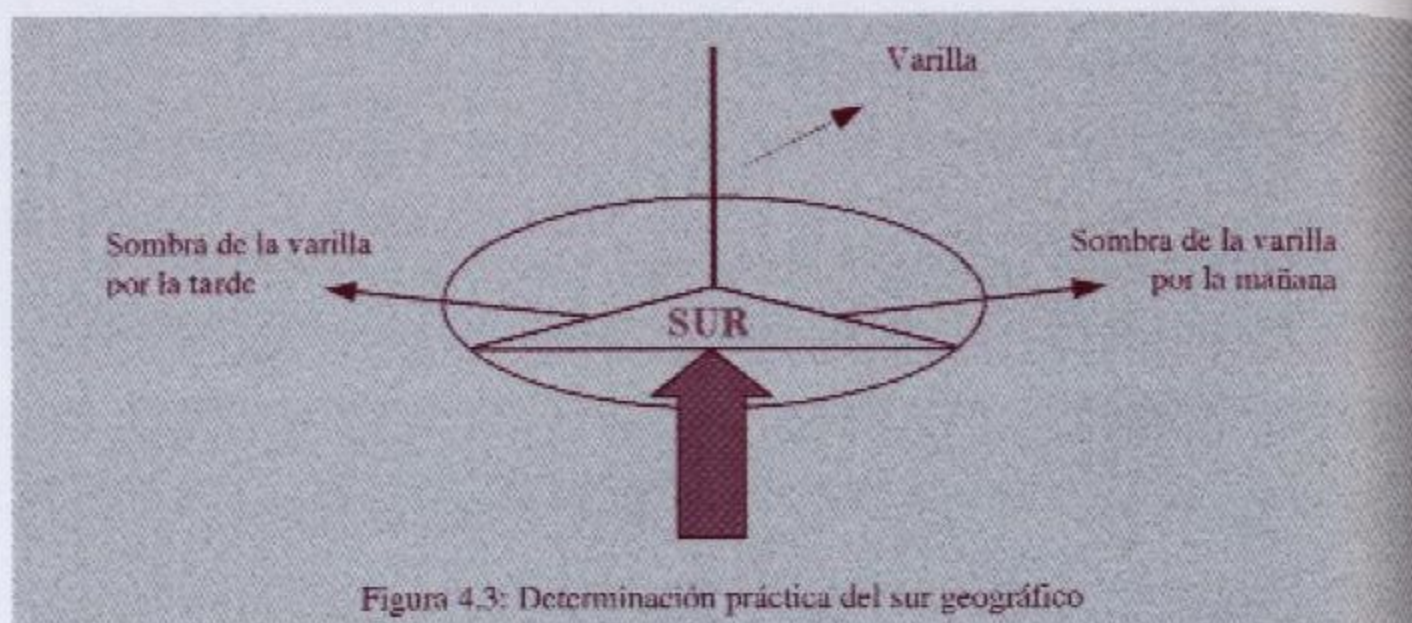


Figura 4.3: Determinación práctica del sur geográfico

Según el Plan Solar de Castilla y León:

- En instalaciones integradas en cubiertas por consideraciones de integración arquitectónica o impacto visual no será necesario ajustarse a lo especificado anteriormente en cuanto a orientación e inclinación.

Dispositivos de seguimiento solar

Generalmente los módulos de las instalaciones fotovoltaicas tienen una orientación e inclinación fijas pero, sin embargo, existen instalaciones con sistemas de modificación de la orientación e inclinación del módulo.

Estos sistemas logran mantener la superficie del panel lo más perpendicular posible a la radiación solar durante más tiempo que las fijas, proporcionando mayor cantidad de energía en cualquier época del año.

Dependiendo del mecanismo de rotación que se instale pueden realizarse los siguientes seguimientos:

- Seguimiento del acimut del sol (eje de giro en dirección Norte – Sur).
- Seguimiento de la altura solar (eje de giro en dirección Este – Oeste).
- Seguimiento en dos ejes, el primero es el eje polar del módulo (eje cuya inclinación

coincide con la latitud del lugar) y el segundo es un eje horizontal Este – Oeste que permite variar el ángulo del módulo respecto a la horizontal.

Según el Plan Solar de Castilla y León:

A efectos de esta especificación, se entenderá como sistema de seguimiento solar, a aquella estructura que permite orientar los módulos fotovoltaicos perpendicularmente al sol, en uno o dos ejes, *de manera automática*. En las instalaciones que incorporen sistemas de seguimiento solar se describirá su funcionamiento y solución constructiva en el proyecto técnico.

4.3. Determinación de sombras

A la hora del montaje de los módulos fotovoltaicos solares influyen las *sombras* que puedan proporcionar los obstáculos próximos (edificios colindantes, árboles, otros módulos, chimeneas, etc.), por lo que hay que evitar que queden a su sombra.

Según el Plan Solar de Castilla y León:

La instalación del campo de captadores se realizará de forma que se asegure que al mediodía solar del solsticio de invierno, no haya más de un 2% de la superficie útil de captación en sombra.

Por razones justificadas (integración arquitectónica, superficie libre para la ubicación de captadores, etc.) podrá no cumplirse el requisito anterior, en cuyo caso se evaluará la reducción producida por las sombras en las prestaciones energéticas de la instalación. En este caso se justificará el aumento de superficie de captación.

La determinación de sombras sobre módulos por parte de obstáculos próximos se efectúa, en la práctica, observando el entorno desde el punto medio de la parte inferior del captador y mirando hacia el sur. Haciendo un barrido visual de este a oeste no han de verse obstáculos frente al módulo o campo de módulos, con una altura superior a 15° en zonas geográficas de latitud en torno a los 40° (península) o a 25° en latitudes cercanas a 30° (Canarias).

4.4. Distancias mínimas

Es responsabilidad del instalador medir y colocar los captadores a la distancia mínima.

El cálculo de distancia mínima se realizará cuando exista peligro de proyección de sombras en los siguientes casos:

- Entre el campo fotovoltaico y algún obstáculo próximo.
- Entre dos filas de módulos, cuando estos tienen cierta inclinación con respecto a la horizontal o la vertical.

La distancia entre la parte posterior de una fila de módulos y el comienzo de la siguiente debe ser igual o mayor que el valor obtenido mediante la expresión:

$$d = h \cdot k$$

Siendo:

d la separación entre filas.

h la altura del obstáculo o diferencia de altura entre la parte alta de una fila de módulos y la parte baja de la siguiente.

k un coeficiente cuyo valor se obtiene en la tabla 4.2 a partir de la latitud del lugar.

Latitud (°)	29	37	39	41	43	45
k	1,280	1,732	1,881	2,050	2,246	2,475

Tabla 4.2: Coeficiente de separación entre filas de captadores

La distancia entre los módulos y los obstáculos de altura h que puedan producir sombras sobre las superficies de los mismos, se calculará de la misma manera.

4.5. Montaje de la estructura soporte

Dependiendo de si se trata de una instalación integrada en un edificio o no, el montaje de la estructura soporte tendrá diferentes peculiaridades.

En instalaciones no integradas, el anclaje de los módulos a la estructura del edificio dependerá de como esté construida la cubierta o los cerramientos y de las fuerzas que actúan sobre él como consecuencia de las sobrecargas de viento y nieve a que se encuentra sometido.

Según el **Plan Solar de Castilla y León:**

El instalador montará la estructura soporte *asegurándose que resista las cargas a que estará sometida*, definidas en el proyecto técnico.

Las instrucciones de montaje y ensamblado de la estructura se suelen indicar por los fabricantes de módulos fotovoltaicos en su documentación técnica.

Como normas a cumplir:

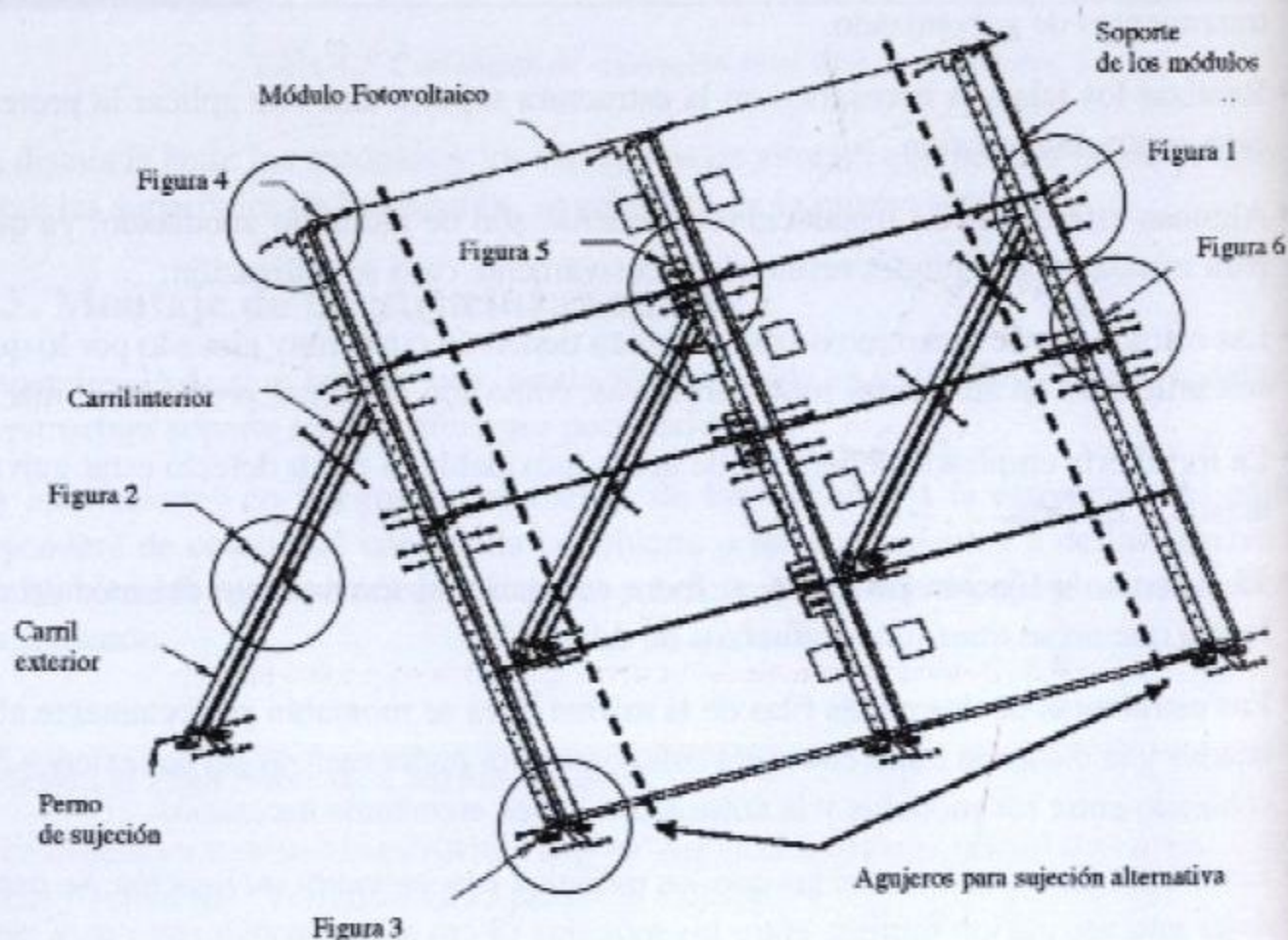
- Las estructuras sobre suelo se anclan sobre cimentaciones de hormigón calculadas para evitar el vuelco de la estructura por la acción del viento trasero (proveniente del Norte).
- La estructura se fija a las cimentaciones con tornillos introducidos previamente en el hormigón cuando se está realizando la cimentación.
- En estructuras sobre cubiertas, no se debe traspasar ésta con el anclaje para evitar infiltraciones de agua. En cubiertas planas se construirán muretes de hormigón armado con varilla metálica, que garanticen la total sujeción y eviten el vuelco del módulo.
- Para fijar la estructura en el tejado atravesando la cubierta es necesario colocar faldones y collarines estancos.
- Es más conveniente utilizar estructuras de perfiles atornillados y partes roscadas para simplificar las labores de mantenimiento, que encarecerían la instalación, sobre todo en instalaciones aisladas.
- Proteger contra la corrosión la estructura soporte, normalmente de hierro, aplicando tratamientos de galvanizado.
- Realizar los taladros necesarios en la estructura soporte antes de aplicar la protección contra la corrosión.
- Algunas estructuras de instalaciones pequeñas son de aluminio anodizado, ya que para instalaciones grandes resultaría excesivamente caro su utilización.
- Las estructuras de acero inoxidable también tienen un coste muy elevado por lo que son utilizadas en ambientes muy corrosivos, como son las zonas próximas al mar.
- La tornillería empleada deberá ser de acero inoxidable, o en su defecto estar galvanizada o zincada.
- El sistema de fijación permitirá, si fuera necesario, el movimiento del módulo de forma que no se transmitan esfuerzos de dilatación.
- Las estructuras de dos o más filas de la misma línea se montarán perfectamente alineadas y la distancia entre ellas será suficiente para poder realizar las conexiones de cableado entre los módulos y la colocación de los elementos necesarios.
- En el caso de estructuras en las que los módulos poseen cierta inclinación, se debe dejar una separación mínima entre los módulos (3 cm aproximadamente) para permitir el paso del aire y disminuir las cargas de viento sobre los módulos.

- Es muy importante realizar correctamente el aplomo de los elementos verticales de la estructura soporte, para la correcta transmisión de esfuerzos.
- Se debería tener en cuenta la posibilidad de ampliación de la instalación para lo cual la estructura debería de estar preparada.

En las siguientes figuras se muestran diferentes ejemplos y detalles de montaje de algunos tipos de estructuras básicas:



Figura 4.4: Esquema de estructura para instalar en cubierta plana o en suelo



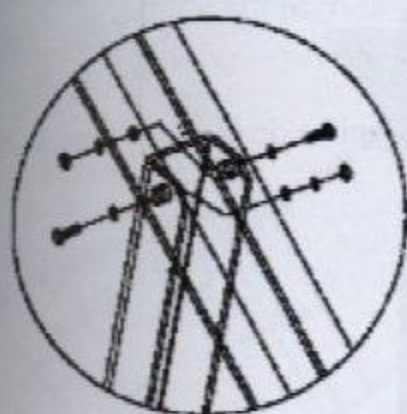


Figura 1

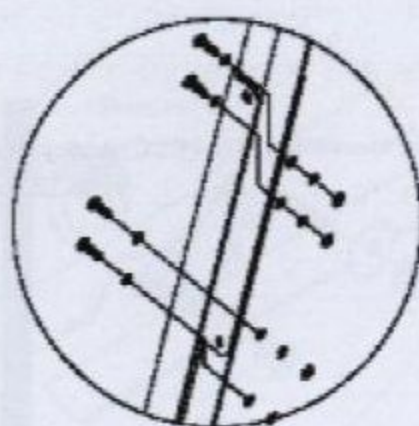


Figura 2

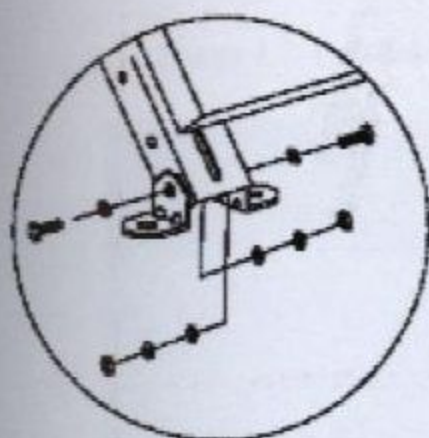


Figura 3

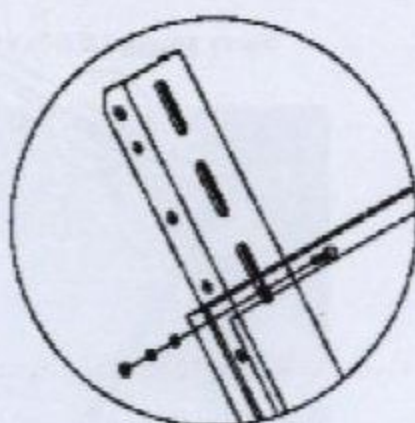


Figura 4

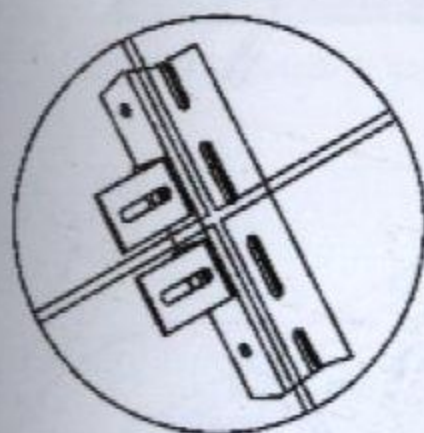


Figura 5

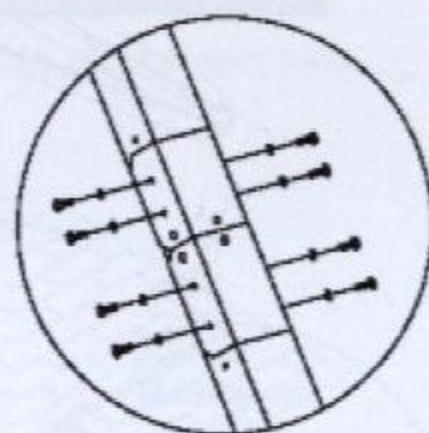


Figura 6

Figura 4.5: Detalles de montaje de estructura para cubierta plana o en suelo

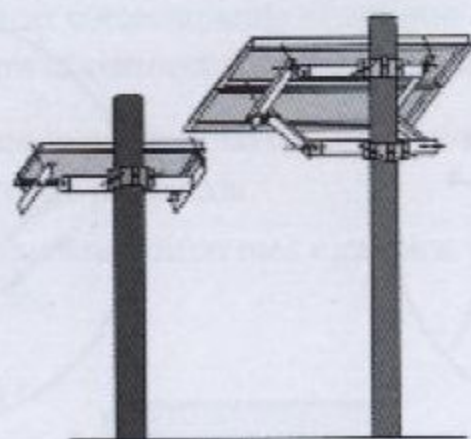


Figura 4.6: Esquema de estructura en poste

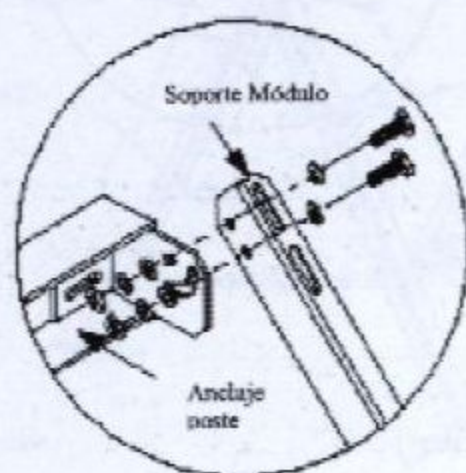
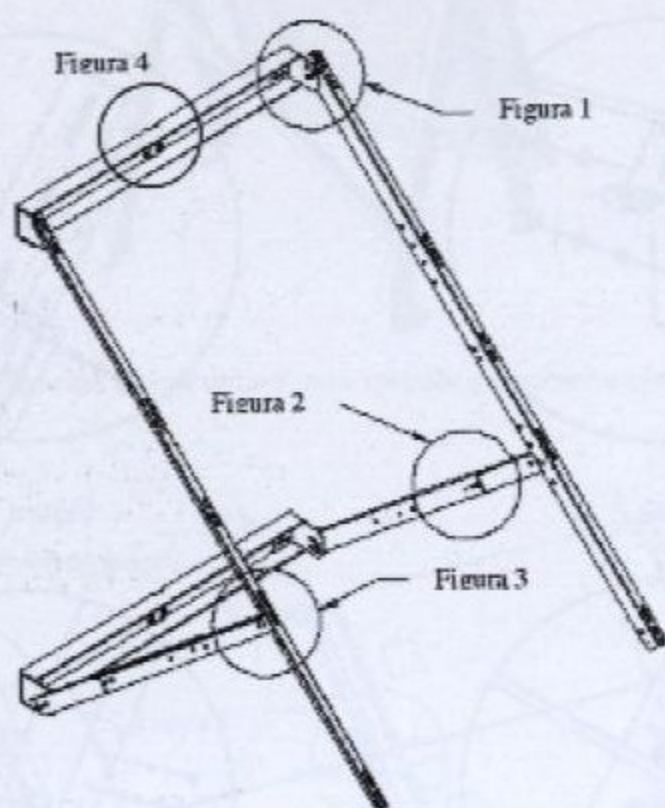


Figura 1

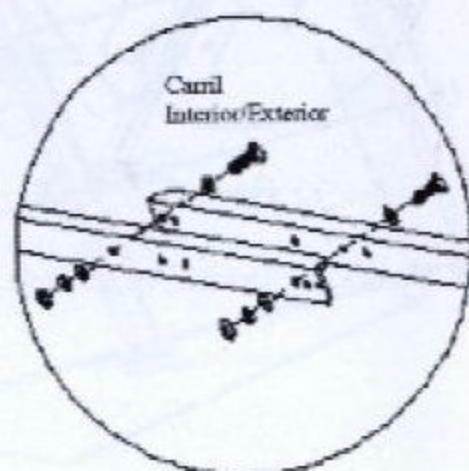


Figura 2

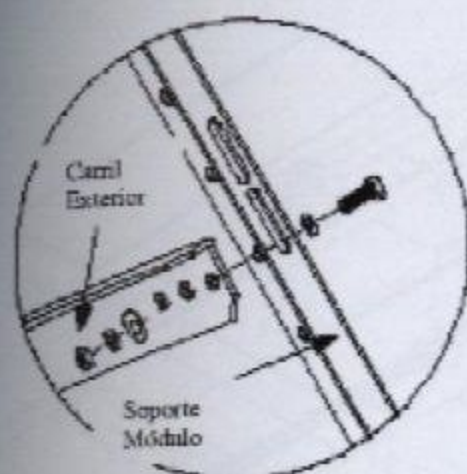


Figura 3

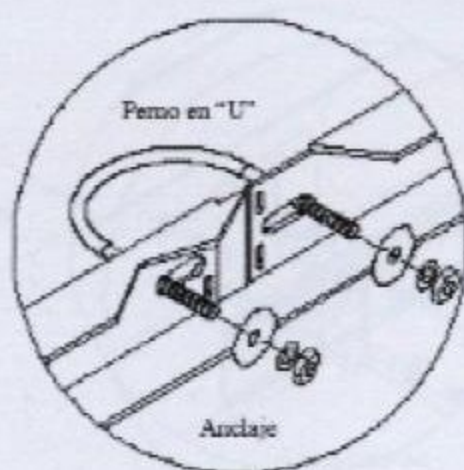


Figura 4

Figura 4.7: Detalles de montaje para estructura en poste

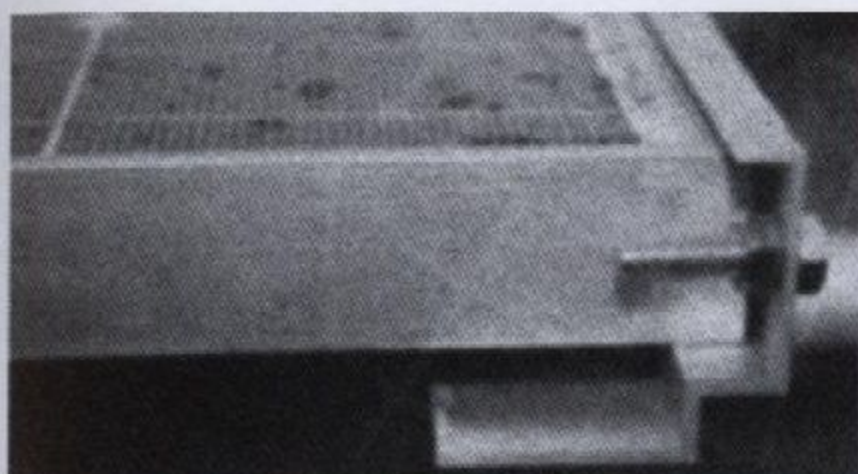


Figura 4.8: Detalle de una pieza para instalar módulos superpuestos

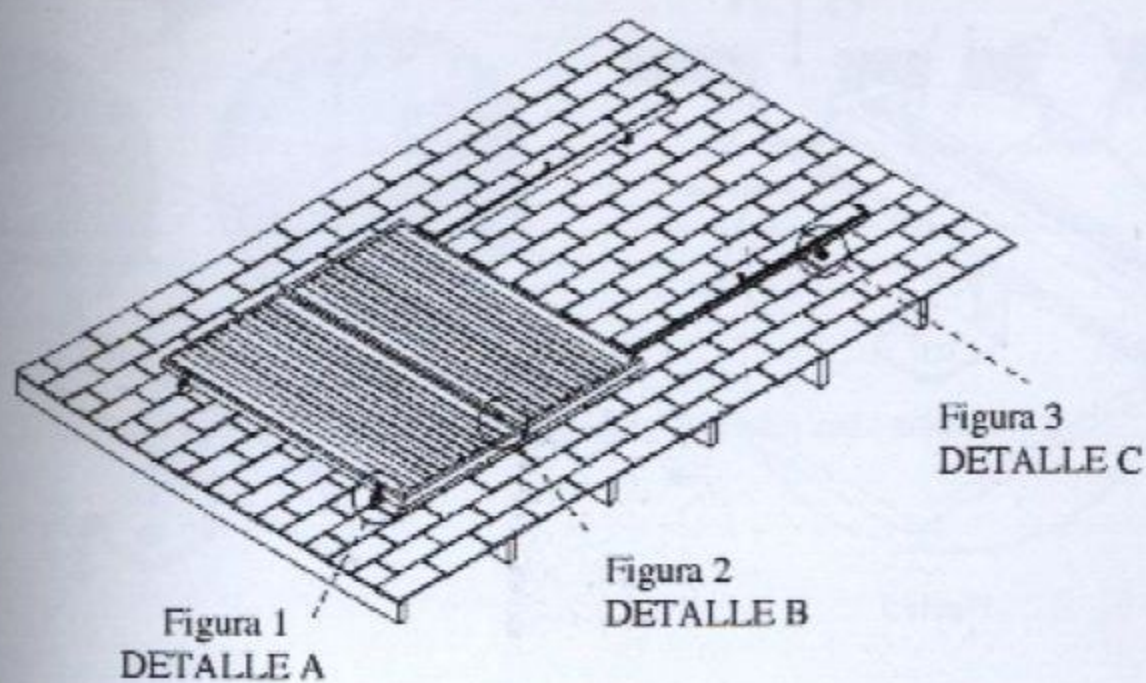


Figura 4.9: Montaje de estructuras superpuestas en tejados

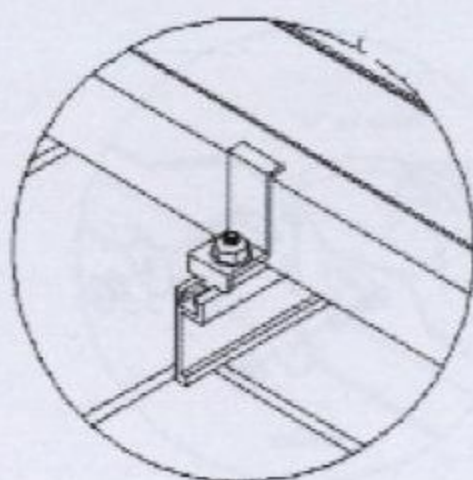


Figura 1

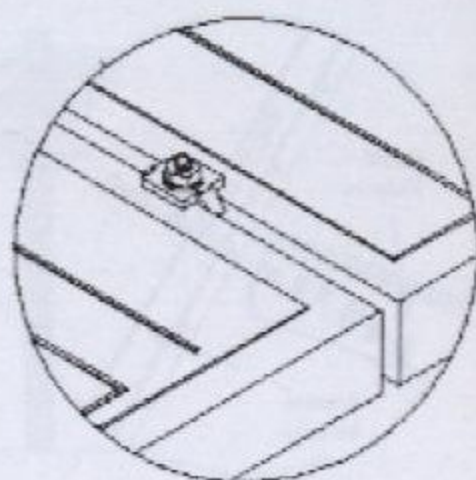
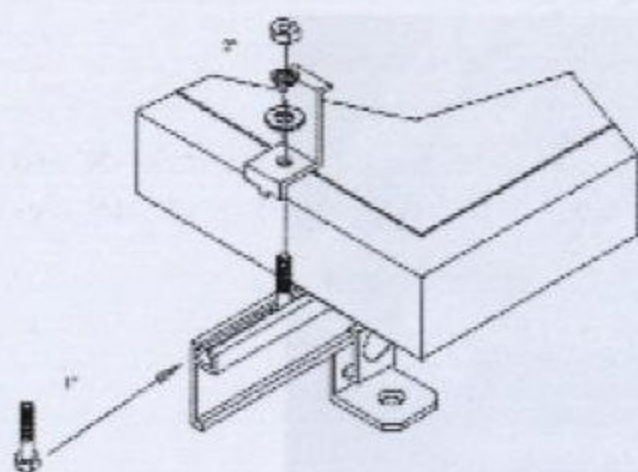
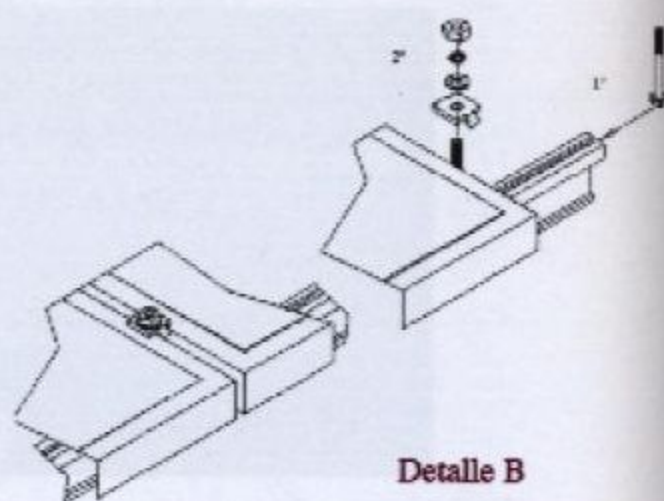


Figura 2



Detalle A



Detalle B

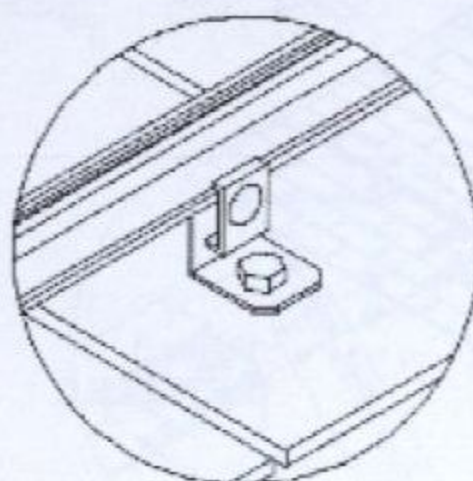
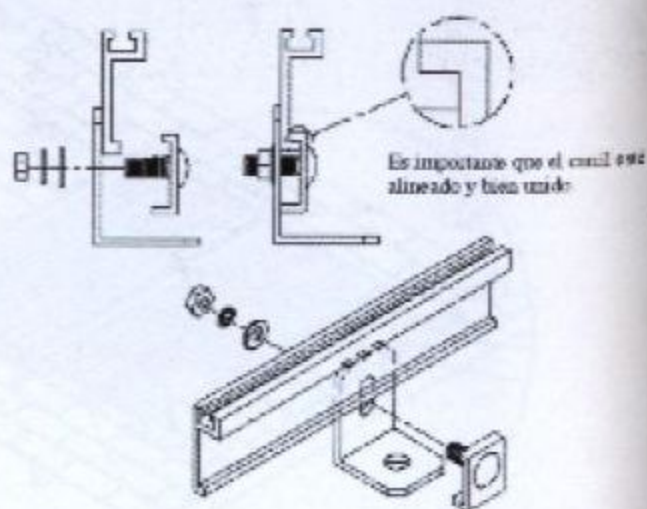


Figura 3



Detalle C

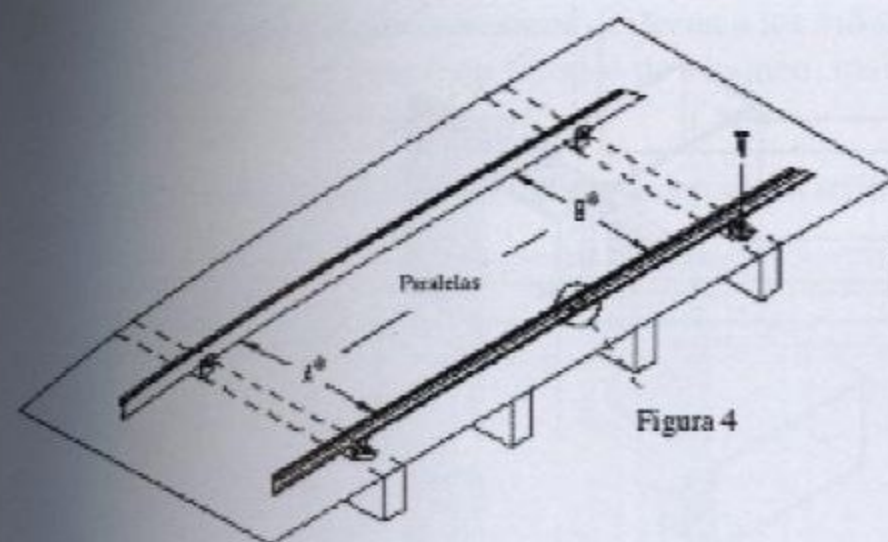


Figura 4

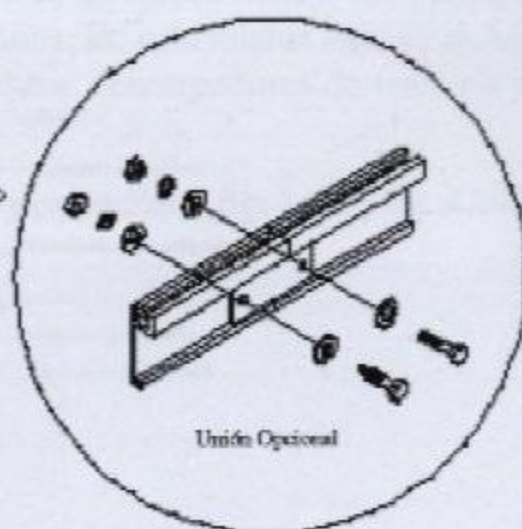


Figura 4

Figura 4.10: Detalles de montaje de estructuras superpuestas en tejados

En el caso de instalaciones integradas en el edificio no es necesaria la ejecución de una estructura soporte, pero si la instalación de sujeciones especiales dependiendo del elemento constructivo al que sustituyan.

En las figuras se muestran algunos ejemplos de estas sujeciones:

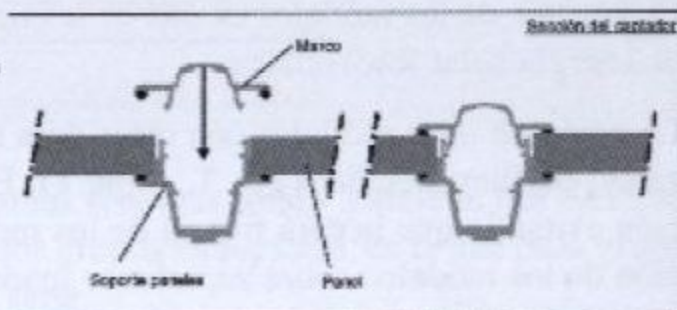
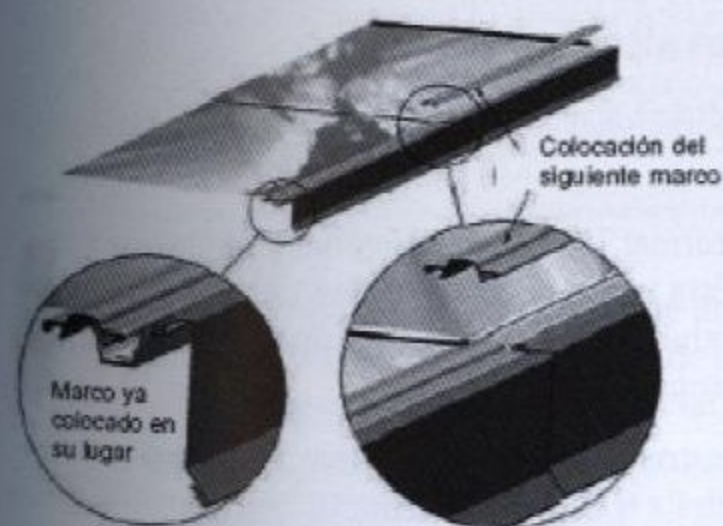


Figura 4.11: Detalles de estanqueidad y fijaciones entre módulos

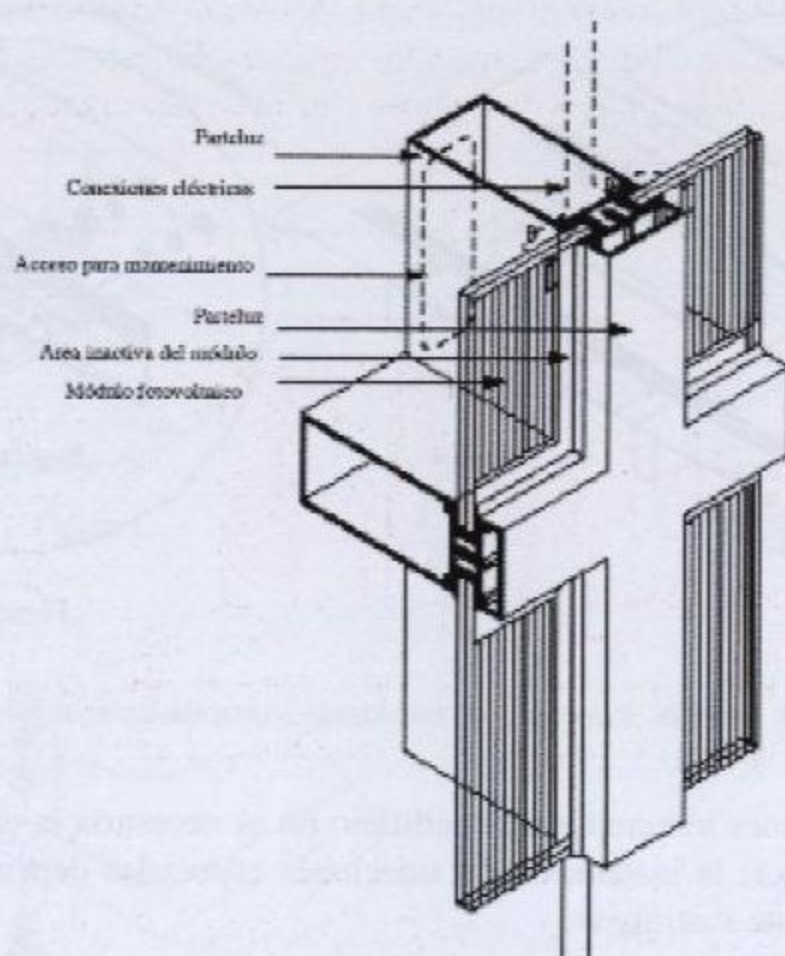


Figura 4.12: Detalle de instalación de estructura para instalación de módulos en fachadas

4.6. Montaje de los módulos fotovoltaicos

El montaje de los módulos es una de las operaciones más importantes en una instalación de energía solar fotovoltaica.

La unión de unos módulos con otros para formar las ramas fotovoltaicas se realiza utilizando perfiles metálicos (U, T, doble T). Esta unión debe ejecutarse con mucha precaución evitando que la cara frontal de los módulos sea dañada por golpes o por la colocación de los módulos sobre superficies inadecuadas.

Para fijar los módulos se deben seguir las instrucciones del fabricante. La sujeción de los módulos a la estructura solamente se realizará a través de los taladros que tenga el marco del módulo, evitando realizar otros taladros adicionales a los que vienen de fábrica.

Para evitar los pares galvánicos que se puedan producir entre la estructura y el marco se aislarán eléctricamente utilizando arandelas de teflón o nylon.

El conexionado de los módulos se realizará siguiendo los planos o esquemas de la instalación y utilizando las cajas de conexiones que incorporan los módulos y con materiales que tengan un grado de protección IP35.

La conexión de los módulos se hará siempre a través de terminales (Cap. 2. - Figura 2.8) nunca arrollando directamente el cable en el tornillo.

En instalaciones muy grandes las conexiones en paralelo de diferentes ramas de módulos se realizan en una caja de conexiones externa a los módulos. En esta misma caja se incluyen los sistemas de protección (diodos de bloqueo, fusibles, descargadores de tensión) y otros elementos de la instalación.

Las posibles conexiones entre módulos pueden ser en serie y en paralelo (fig. 4.13. y fig. 4.14.)

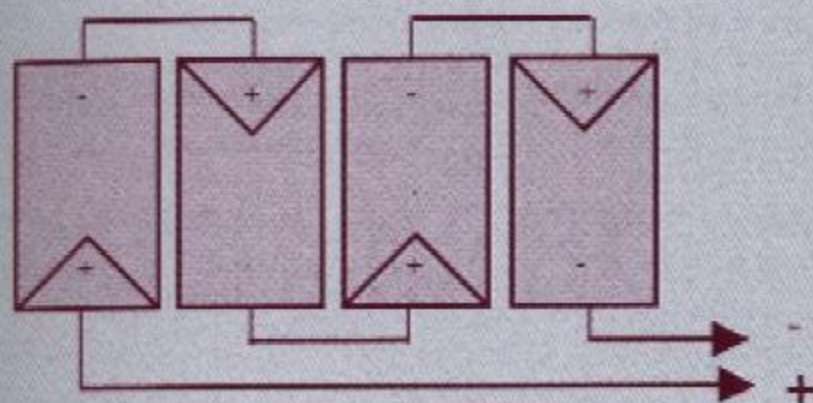


Figura 4.13: Acoplamiento en serie de 4 módulos

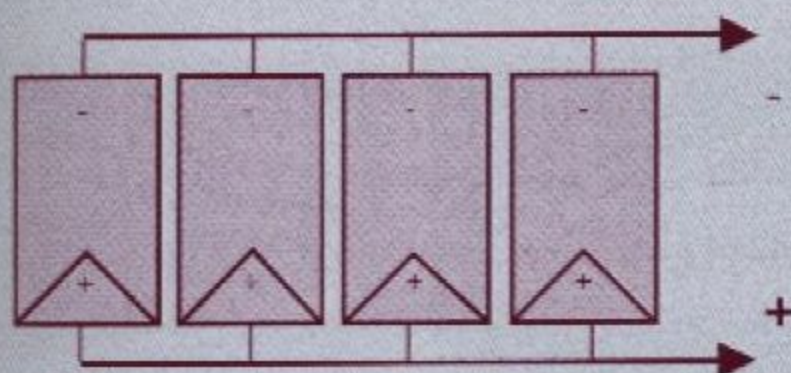


Figura 4.14: Acoplamiento en paralelo de 4 módulos

También puede existir una combinación de ambos sistemas serie – paralelo. Por ejemplo en la figura 4.15 se representa la conexión de dos grupos en paralelo, en la que cada grupo está formado por dos módulos conectados en serie.

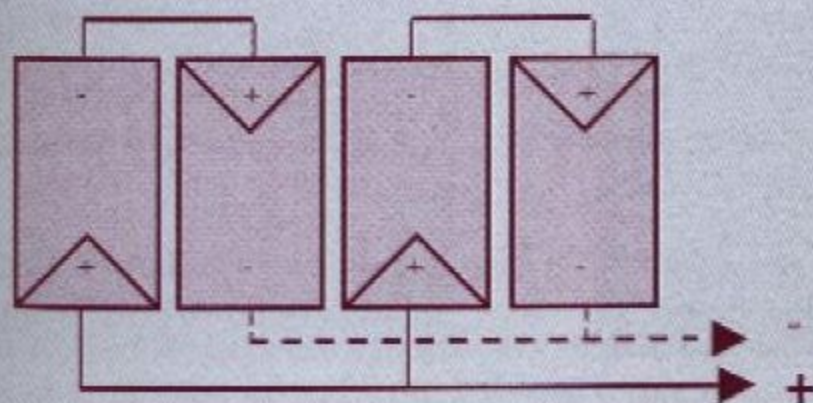


Figura 4.15: Acoplamiento serie – paralelo de módulos

Para la disposición de los módulos habrá que tener siempre presentes los criterios generales establecidos en el Plan Solar.

Según el Plan Solar de Castilla y León:

La instalación permitirá el acceso a los paneles de forma que su desmontaje sea posible en caso de rotura o su cableado se haya desconectado.

El instalador evitará que los paneles queden expuestos al sol por períodos prolongados durante el montaje, aislando eléctricamente las baterías entre sí.

Terminado el montaje, durante el tiempo previo al arranque de la instalación, si se prevé que éste pueda prolongarse, el instalador procederá a desconectar las baterías de paneles.

Reglas a tener en cuenta en el manejo de módulos:

- No desembalar los módulos hasta llegar al lugar de montaje final, para evitar que sufran daños.
- No colocar los módulos sobre lugares inestables.
- No tumbar los módulos con el lado acristalado hacia abajo.
- Guardar los módulos en un lugar limpio y seco hasta su utilización.
- Cubrir la cara anterior de los módulos hasta la puesta en marcha.
- Si los módulos deben ser dejados temporalmente a la intemperie una vez desembalados, se colocarán con un ángulo mínimo de 20° (apoyándose independientemente entre sí) y máximo de 80° (descansando uno sobre otro), con cartones o plástico de burbujas entre los módulos, evitando siempre la posición horizontal y la vertical, y con un máximo de 10 módulos.

4.7. Montaje de las baterías

A la hora del montaje de las baterías, el instalador tendrá que tener presentes las siguientes recomendaciones:

- Las baterías deben instalarse en casetas o recintos que las protejan de la intemperie.
- Estos locales deben tener una ventilación adecuada para evitar la acumulación de gases (hidrógeno y oxígeno) que se generan en las baterías durante los procesos de carga.

- Las aberturas para la ventilación de los locales se situarán en las partes altas del recinto debido a que el hidrógeno es mas ligero que el aire y tiende a ascender.
- Los recintos también protegerán a las baterías de la radiación solar directa y de condiciones meteorológicas extremas que influyen negativamente en el rendimiento de la batería (a temperaturas bajas decrece la capacidad de carga y a temperaturas elevadas se acorta la vida útil de las baterías).
- Las baterías se deben colocar sobre estructuras específicas para su instalación evitando el contacto directo con el suelo, asegurando que queden protegidas contra la humedad y la corrosión.
- El soporte de las baterías debe asegurar la horizontalidad y debe estar perfectamente fijado al suelo o las paredes del recinto en caso de que se trate de estanterías.
- Las baterías se deben comenzar a colocar en la estructura, desde el centro hacia los extremos y desde las partes inferiores a las superiores, para evitar desequilibrios.
- En relación con el conexionado de las baterías, es necesario seguir siempre lo indicado en el plano de diseño de la instalación para evitar conexiones incorrectas.



Figura 4.16: Estructuras soporte para baterías

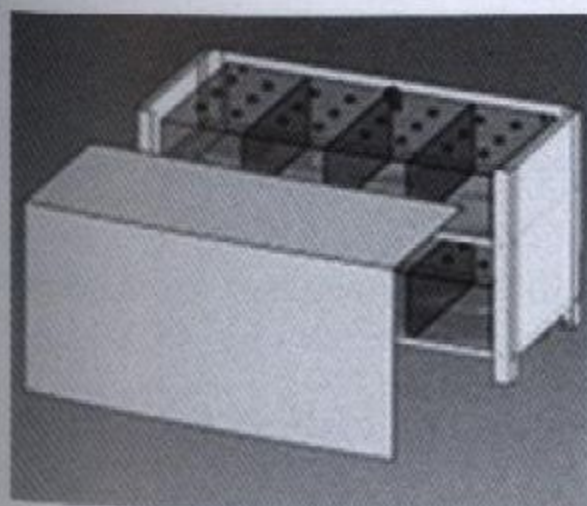


Figura 4.17: Armarios para baterías

Según el Plan Solar de Castilla y León:

El montaje de los acumuladores se realizará siguiendo las recomendaciones del fabricante y, en todo caso, evitando su contacto directo con el suelo a fin de protegerlos frente a contactos con superficies húmedas, supervisando la nivelación de la superficie sobre la cual se ubiquen en aras a mantener la concentración de líquido electrolítico por cada unidad o vaso.

Se identificará el peligro de descarga eléctrica por manipulación no autorizada de los bornes de los equipos, adoptándose las medidas de protección necesarias para evitar el cortocircuito accidental de los terminales, por ejemplo, mediante cubiertas aislantes.

A tales efectos, se prestará especial atención a la higiene personal tras la manipulación de las baterías.

En las siguientes figuras se muestran distintas posibilidades de conexionado de las baterías.

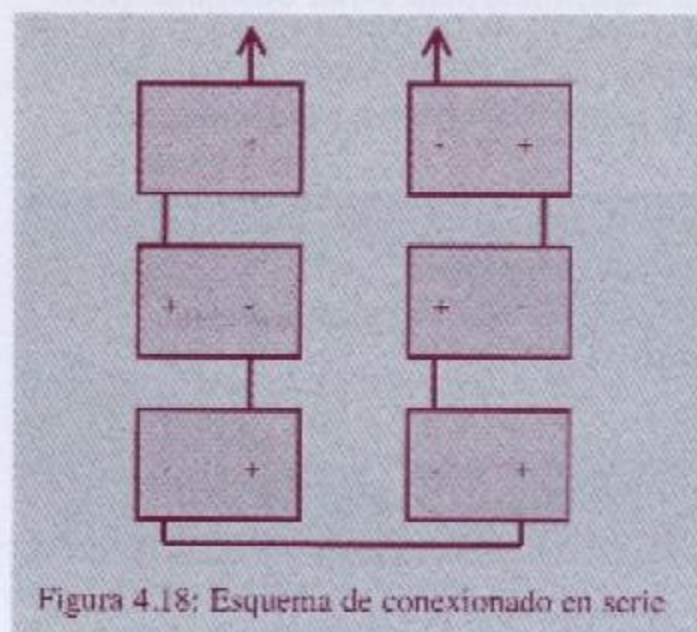


Figura 4.18: Esquema de conexionado en serie

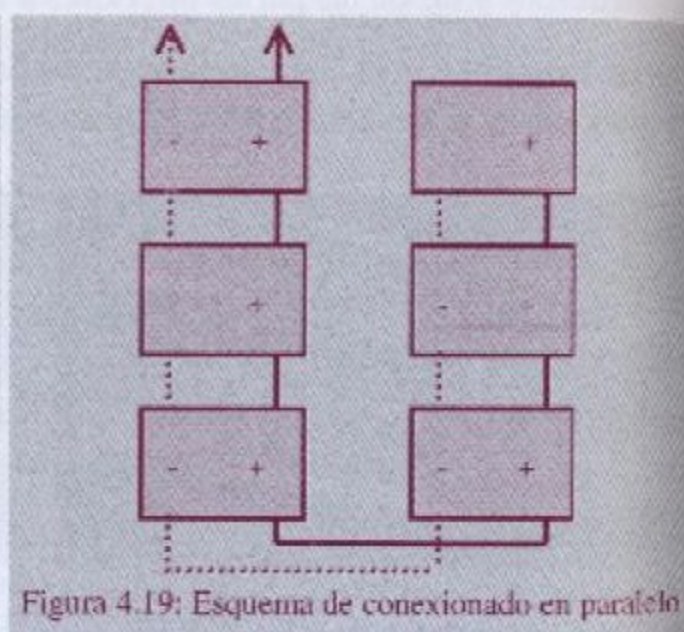


Figura 4.19: Esquema de conexionado en paralelo

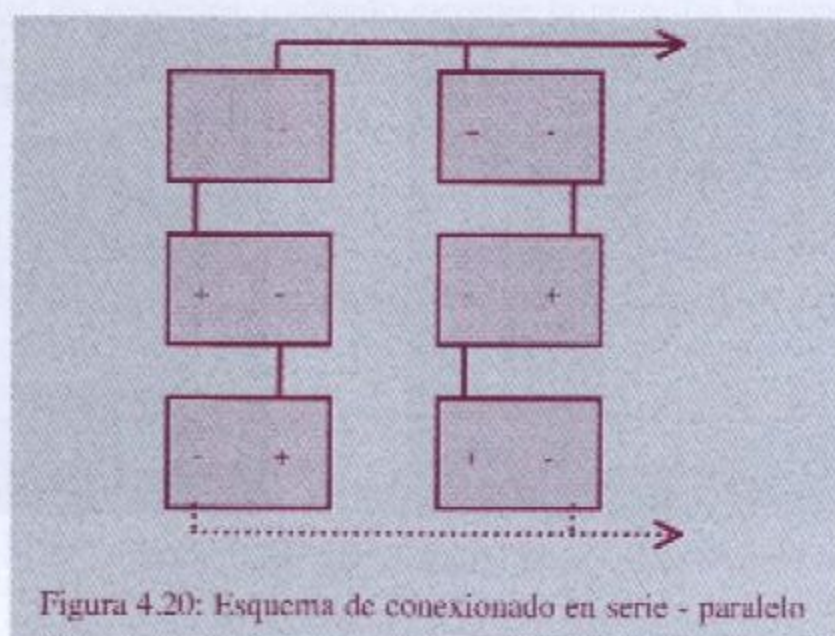


Figura 4.20: Esquema de conexionado en serie - paralelo

4.8. Montaje del resto de componentes

El resto de componentes que forman la instalación fotovoltaica (reguladores e inversores) deben instalarse lo más próximos posibles a las baterías para evitar caídas de tensión en los cableados.

El conjunto de la instalación eléctrica (cableado, conexiones, interruptores, etc.) cumplirá con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión en vigencia.

Los equipos se instalarán en armarios o cajas de conexiones de manera que queden protegidos de la intemperie y tengan accesibilidad para el manejo por parte del usuario y para realizar las tareas de mantenimiento y reparación.

Las conexiones que lo requieran tendrán identificado el terminal positivo y el negativo, para evitar confusiones.

En cualquier caso la instalación eléctrica se realizará siguiendo lo indicado en el esquema eléctrico adjunto al proyecto de la misma.

4.8.1. Montaje del regulador

Tal y como se ha mencionado en el apartado anterior, la distancia entre el regulador y las baterías debe ser la menor posible para evitar caídas de tensión en este circuito.

Por la experiencia se estima que la caída de tensión entre el regulador y las baterías no debe ser superior a 0,1 V.

Generalmente los reguladores se instalan en el armario o caja de conexiones junto con el resto de los equipos, pero también existen en el mercado reguladores preparados con la protección adecuada para su instalación a la intemperie.

En el caso de la instalación del regulador en cajas o armarios, estos estarán dotados de la ventilación necesaria para la correcta refrigeración de los equipos.

Generalmente los reguladores tienen perfectamente indicado cual es su posición para la correcta colocación en el cuadro de control y cual será su mecanismo de sujeción (tornillos, alcayatas, carriles, etc.). No se debe alterar el diseño del regulador practicando nuevos orificios que pueden dañar su funcionamiento.

Igualmente, los reguladores llevan indicado cuales son los terminales para realizar cada una de las conexiones: módulos, baterías y carga.

Según el Plan Solar de Castilla y León:

El regulador se instalará al abrigo de la intemperie, en lugar ventilado y suspendido de la pared a una distancia mínima de 1,5 m del suelo.

Su ubicación será lo más próxima posible de los paneles y las baterías, de las cuales deberá distar horizontalmente, al menos, 0,5 m.

Cuando se instalen aerogeneradores, el regulador deberá instalarse a menos de 100 m. de éstos.

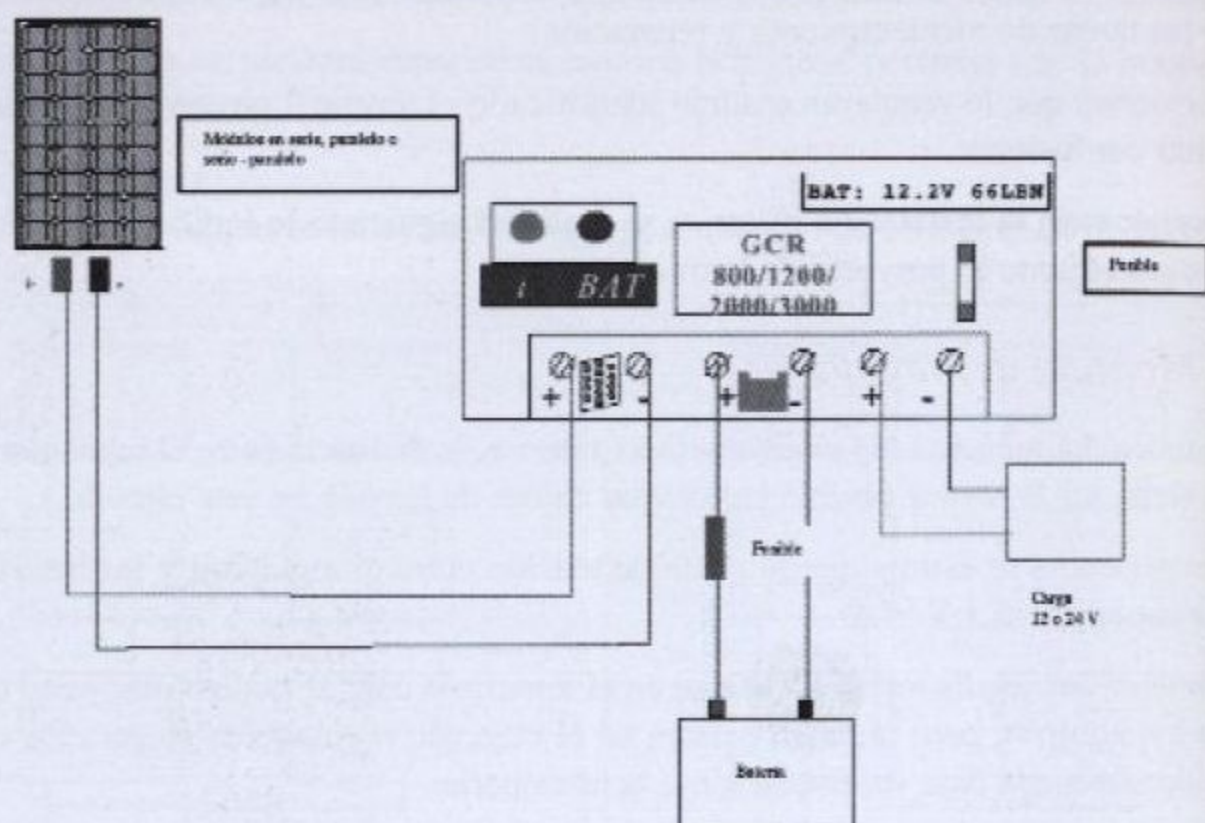


Figura 4.21: Esquema de conexión del regulador (BP Solar)

4.8.2. Montaje del inversor

Como ya se ha mencionado en el presente manual, el inversor es necesario en aquellas instalaciones fotovoltaicas que posean consumo en corriente alterna o se trate de una instalación conectada a la red general de distribución.

Al igual que ocurre en el caso del regulador, el inversor debe de instalarse lo más cerca de las baterías, en caso de instalaciones aisladas, y de los módulos fotovoltaicos en caso de instalaciones conectadas a red, para evitar excesivas caídas de tensión.

Los inversores suelen estar diseñados para instalarse en cajas o armarios de conexiones igual que los reguladores, pero también existen inversores preparados para instalarse a la intemperie, aunque esto no sea lo más habitual.

La conexión de los inversores se realizará siguiendo las instrucciones del fabricante. El inversor tendrá claramente indicados cuales serán los terminales de entrada desde la batería (en caso de que ésta exista) o desde el campo de módulos fotovoltaicos (si se trata de instalaciones conectadas a red), y los terminales de salida en corriente alterna (ya sean inversores monofásicos o trifásicos).

En el caso de los inversores, las conexiones no estarán accesibles por motivos de seguridad.

En cuanto a la colocación en los armarios de conexiones también hay que seguir las instrucciones del fabricante y respetar los sistemas de sujeción que tenga el inversor sin necesidad de practicar nuevos taladros.

Según el Plan Solar de Castilla y León:

El inversor se instalará al abrigo de la intemperie, en lugar ventilado y suspendido de la pared a una distancia mínima de 1,5 m del suelo.

Su ubicación será lo más próxima posible de los paneles y las baterías, de las cuales deberá distar horizontalmente, al menos, 0,5 m.

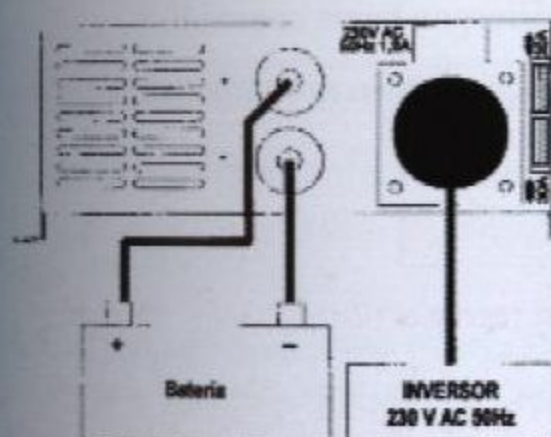


Figura 4.22:
Ejemplo de conexión
de un inversor para una
instalación aislada (IBERSOLAR)

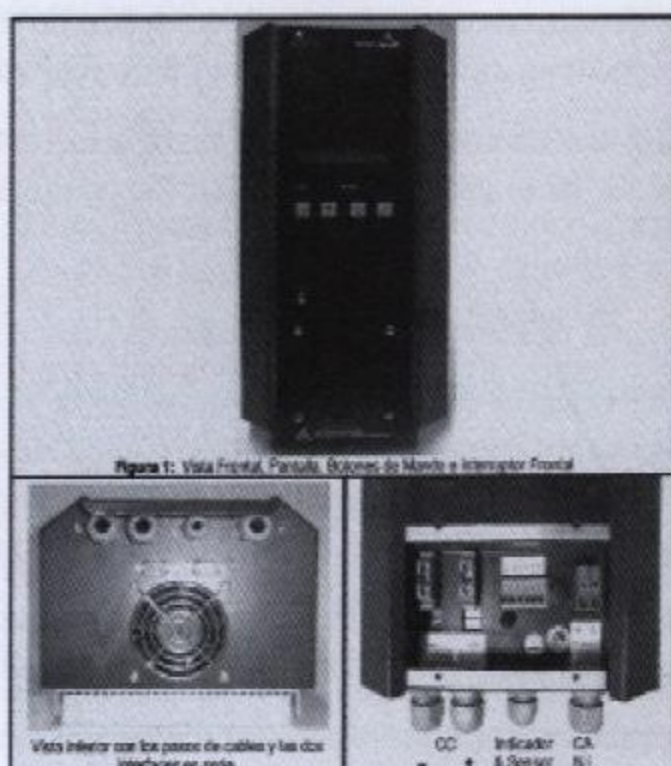


Figura 4.23:
Ejemplo de conexiones
de un inversor para una
instalación conectada
a red (IBERSOLAR)

4.8.3. Montaje del cableado y puesta a tierra

En el montaje del cableado de la instalación, al igual que en el resto de los componentes ya mencionados, se deben de cumplir con las especificaciones del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión en vigencia.

Los cables que se instalen en intemperie deberán estar debidamente protegidos (canales o tubos) de las condiciones climatológicas adversas.

En el tendido eléctrico de una instalación fotovoltaica pueden utilizarse los procedimientos habituales de otras instalaciones eléctricas.

Las conexiones a los equipos deben hacerse a través de terminales adecuados y no arrollando directamente los hilos en las partes roscadas.

La instalación fotovoltaica debe disponer de una conexión a tierra.

Tanto los módulos fotovoltaicos como su estructura de sujeción deben estar conectadas a tierra. Generalmente los módulos están provistos de un orificio característico que permite realizar esta conexión a tierra.

Asimismo, las torres o mástiles de los aerogeneradores deben unirse eléctricamente a una pica de tierra.

Los demás componentes también deben de estar conectados a tierra. Generalmente cada equipo lleva indicado el terminal para realizar la correspondiente conexión.

Las líneas de conducción de la instalación fotovoltaica también deben llevar su conexión a tierra, tanto en el lado de continua, como en el de alterna.

Según el Plan Solar de Castilla y León:

El montaje del cableado se realizará sin torsiones ni esfuerzos, disponiéndose mediante trazados horizontales y verticales y, preferentemente, anclados a la pared, conduciéndose con la debida protección en los lugares que discurran por el exterior y con la debida atención para no invertir las polaridades de los circuitos.

Los fusibles se instalarán, preferentemente, en las líneas de polaridad positiva.

Se comprobará el correcto dimensionado y cableado de todas las protecciones y seguridades precisadas, así como sus actuaciones y conexiones.

Se asegurará la puesta a tierra de todas las masas, así como el tamaño e instalación de la pica correspondiente.

4.8.4. Montaje de aerogeneradores

En el montaje de aerogeneradores la parte más importante para su sujeción es la cimentación de hormigón, por eso ésta tiene que ser de las dimensiones adecuadas para soportar el tamaño del aerogenerador y las cargas a las que éste se ve sometido.

Las cimentaciones o zapatas se realizarán siguiendo las indicaciones que aparezcan en el proyecto de la instalación eólico – fotovoltaica.

Para la correcta instalación de los aerogeneradores es necesario hacerlo en días en que no existan cargas de viento.

Se montarán los distintos elementos que conforman el sistema (torre, mástil, tensores, etc.) y se afianzarán adecuadamente.

Los tensores del mástil suelen ser cuatro cables de acero galvanizado con una inclinación de 45°. La unión de los cables al suelo se hace con tensores que permitan regular la tensión de cada cable, de forma que el mástil quede perfectamente aplomado.

El aerogenerador se montará tras la elevación del mástil, sobre la torre, con todos sus correspondientes sistemas de retención accionados.

Finalmente, se realizará el conexionado eléctrico, montaje de las hélices y cola del aerogenerador y la desconexión de los sistemas de retención.

Según el Plan Solar de Castilla y León:

Se supervisará que la ubicación prevista para la instalación del aerogenerador guarde las distancias mínimas de seguridad a los obstáculos más cercanos (construcciones, arbolado, etc.).

Se prestará especial atención al correcto dimensionado de la cimentación, así como al fraguado del hormigón de forma previa al montaje del mástil.

Especial atención se prestará a la seguridad de los operarios que efectúan el montaje de los aerogeneradores.

4.9. Seguridad y prevención de riesgos

El hecho de que una instalación fotovoltaica sea una instalación eléctrica supone un riesgo a priori, tanto para los operarios durante las labores de instalación y mantenimiento, como para los usuarios en su manejo cotidiano. Por este motivo tanto los primeros como los segundos tienen que cumplir estrictamente con las medidas de seguridad recomendadas por los fabricantes de los equipos y las genéricas de la instalación que se describirán posteriormente.

INTENSIDAD	PELIGRO
0,5 mA	Sensación muy débil
10 mA	Contracción muscular
30 mA	Parálisis respiratoria
75 mA	Fibrilación cardíaca irreversible
1 A	Paro cardíaco

Tabla 4.3: Efectos de la corriente eléctrica

Tanto en el transporte, como en el manejo y en el almacenamiento de los equipos que componen una instalación fotovoltaica, debe evitarse que estos sufran golpes y caídas.

Todos los equipos deben permanecer en su embalaje hasta el momento de su instalación y colocarse en la posición indicada en el mismo.

Los equipos deben almacenarse en lugar seguro para evitar que sufran robos y daños por ubicarse a la intemperie.

El instalador debe estar adecuadamente protegido con:

- Cascos.
- Guantes para manejo de material eléctrico.
- Calzado de seguridad, con suela lo más adherente posible, para trabajar en tejado inclinado.
- Cinturón o arnés de seguridad.
- Gafas protectoras. Tanto para evitar la entrada de partículas en los ojos como el deslumbramiento por los rayos solares.



Figura 4.24: Símbolos de protecciones

Algunos componentes de las instalaciones fotovoltaicas pueden tener un peso elevado, como las baterías, por esto no es conveniente su transporte manual ya que pueden provocar lesiones.

En las tareas de ejecución de la instalación se han de utilizar herramientas con aislamiento eléctrico para evitar cortocircuitos accidentales.

Todos los armarios o cajas que contengan equipos eléctricos donde puedan existir tensiones peligrosas para las personas, deben estar convenientemente señalizadas.

Habrà que tener especial precaución con la presencia de canalizaciones de agua próximas a la instalación fotovoltaica, a los componentes de la misma y a los tendidos del cableado eléctrico.

Según el Plan Solar de Castilla y León:

Las canalizaciones eléctricas discurrirán siempre por encima de las tuberías que conduzcan agua.

La distancia en línea recta entre el cable eléctrico o tubo protector y la superficie exterior de las tuberías de agua, con su eventual aislamiento, no deben ser inferiores a las siguientes:

- 5 cm para cables bajo tubo con tensión inferior a 1.000 V.
- 30 cm para cables sin protección con tensión inferior a 1.000 V.
- 50 cm para cables con tensión superior a 1.000 V.

Los equipos eléctricos no se instalarán nunca debajo de tuberías de agua.

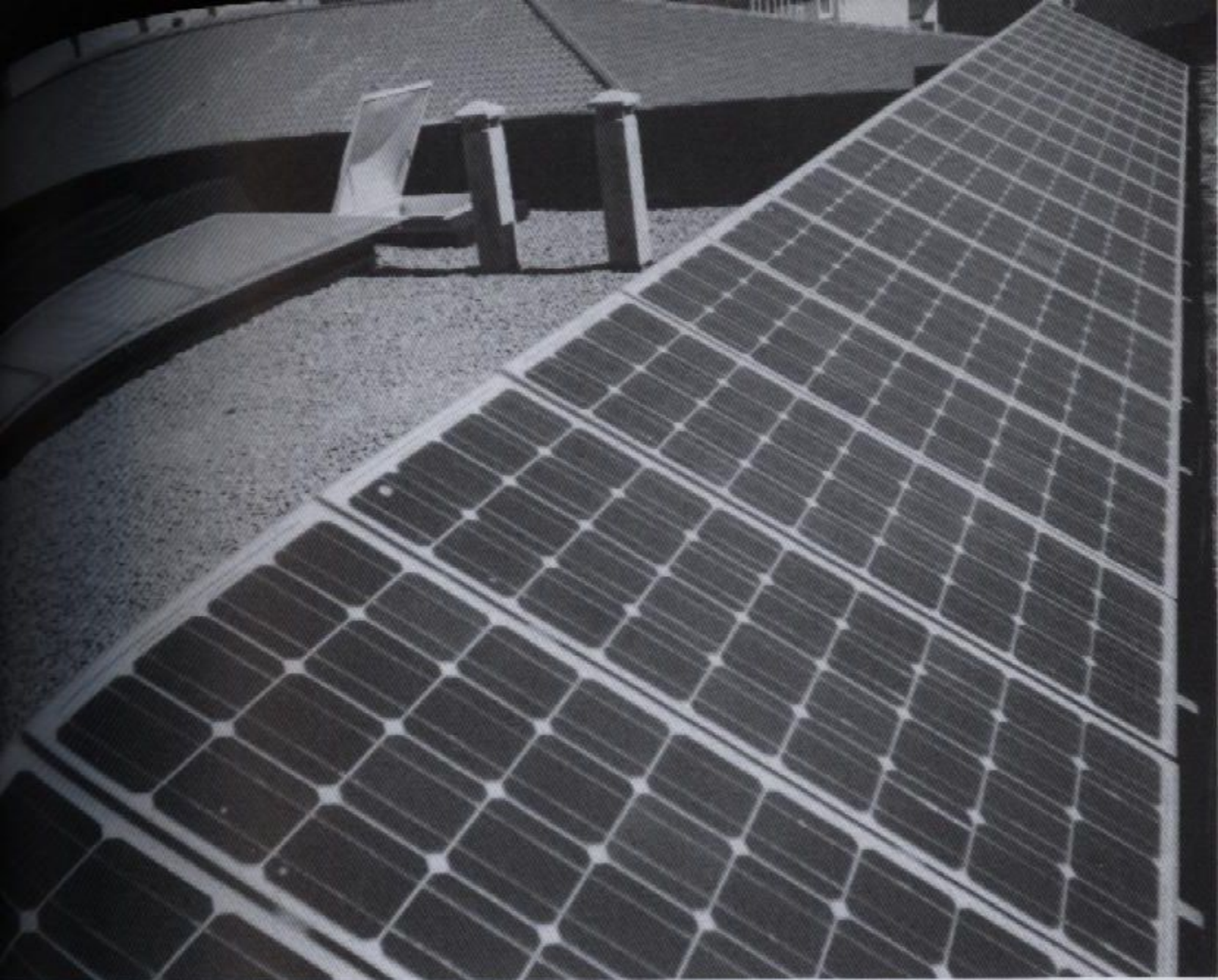
Las zonas en las que se está realizando la instalación deben estar señalizadas para evitar el paso de personal ajeno a la obra.

Además, el instalador debe cumplir las normas vigentes en materia de seguridad y salud.

Algunas de las señales que se utilizan para indicar riesgos eléctricos son las siguientes:



Figura 4.25: Símbolos de riesgos eléctricos



I.E.S. Vasco de la Zarza (Ávila)

5

Sistemas de medición energética

5 Sistemas de medición energética

5.1. Generalidades

La memoria de diseño o proyecto especificará las características del sistema de medición energética: sistema de adquisición de datos, elementos de medida, condiciones de funcionamiento, etc.

El sistema de monitorización se encargará de realizar la medida de parámetros funcionales necesarios para evaluar las prestaciones de la instalación.

Según el Plan Solar de Castilla y León:

El sistema de monitorización, cuando se instale, proporcionará medidas (en forma de medias diarias), como mínimo, de las siguientes variables:

Instalaciones no conectadas a la red general de distribución:

- Tensión y corriente DC del generador.
- Potencia DC consumida, incluyendo el inversor como carga DC.
- Potencia AC consumida si la hubiere, salvo para instalaciones cuya aplicación es, exclusivamente, el bombeo de agua.
- Contador volumétrico de agua para instalaciones de bombeo.
- Radiación solar en el plano de los módulos medida con una célula o un módulo de tecnología equivalente.
- Temperatura ambiente en la sombra.

Instalaciones conectadas a la red general de distribución:

- Voltaje y corriente DC a la entrada del inversor.
- Voltaje de fase/s en la red, corriente total de salida del inversor.
- Radiación solar en el plano de los módulos medida con una célula o módulo de tecnología equivalente.

- Temperatura ambiente en la sombra.
- Potencia reactiva de salida del inversor para instalaciones mayores de 5 kWp.
- Temperatura de los módulos en integración arquitectónica y siempre que sea posible en potencias mayores de 5 kW.

5.2. Contador de energía

Se entiende como contador de energía aquel equipo que permita medir el consumo (circuito de corriente continua y alterna) y/o la producción eléctrica (kWh) de la instalación solar. Estos equipos deberán estar convenientemente calibrados, así como cumplir con las especificaciones definidas en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Estos equipos suelen estar integrados en otros equipos como el regulador o los dispositivos de seguridad.



Figura 5.1:
Contador de energía integrado en un regulador

5.3. Medida de la radiación solar

La medida de la radiación global se podrá realizar mediante piranómetro o célula calibrada.



Figura 5.2:
Piranómetro

Las características de los piranómetros estarán comprendidas dentro de las especificaciones establecidas por la Organización Meteorológica Mundial:

Variación de la respuesta con la temperatura ambiente: $\pm 1\%$.

- Variación de la sensibilidad del sensor a las diferentes regiones del espectro de la radiación solar: $\pm 2\%$.
- Linealidad de respuesta: $\pm 1\%$.
- Variación de la respuesta con el ángulo de incidencia: $\pm 1\%$.

Se deben montar en el plano de los módulos del sistema y a la altura del perfil superior del mismo, de forma que en ningún caso se proyecten sombras sobre el propio módulo.

Deben estar bien ventilados por el aire ambiente.

El cableado ha de estar protegido de la radiación directa, así como de la radiación electromagnética, mediante malla exterior.

5.4. Medida de la temperatura ambiente

La medida de la temperatura ambiente se realizará mediante una sonda de insolación o un termómetro de mercurio, situados siempre a la sombra, para no verse afectados por la temperatura que puedan alcanzar los componentes.



Figura 5.3:
Sonda de
Temperatura
ambiente

Con las características generales de la instalación, la temperatura ambiente, la radiación solar y la energía producida, se podrá verificar el correcto funcionamiento de la instalación.

5.5. Sistema de adquisición de datos

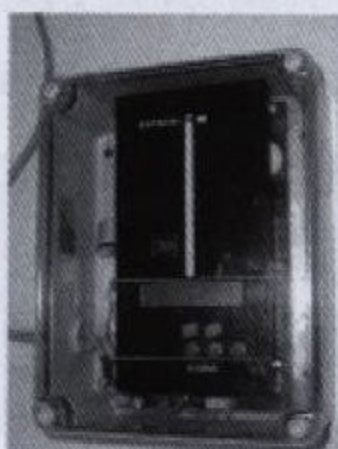
Cada vez va siendo más frecuente la utilización, en instalaciones fotovoltaicas, de elementos que faciliten al usuario información completa sobre el comportamiento general del sistema. Para ello es necesario utilizar un sistema de adquisición de datos.

La información recogida puede ser mostrada una vez que haya sido tratada convenientemente para hacerla entendible al usuario o mostrarla directamente por medio de indicadores y visualizadores presentes en los propios aparatos.

Figura 5.4:
Sistema de regulación y control
con funciones avanzadas de
adquisición de datos



Figura 5.5:
Sistema de adquisición y
almacenamiento de datos





I.E.S. Virgen del Espino (Soria)

6 Pruebas de puesta en marcha y recepción de la instalación

6 Pruebas de puesta en marcha y recepción de la instalación

6.1. Generalidades

Al finalizar el montaje de la instalación deberán realizarse unas comprobaciones para verificar el correcto funcionamiento de la instalación.

El proceso de puesta en marcha implica realizar una serie de pruebas que son *responsabilidad del instalador*.

Para realizar los ensayos de recepción, es necesario que la instalación esté totalmente terminada de acuerdo con el proyecto y con las modificaciones que por escrito hayan sido acordadas.

También es necesario que hayan sido previamente corregidas todas las anomalías denunciadas a lo largo de la ejecución de la obra y que la instalación haya sido conectada e instalada la puesta a tierra, protecciones y seguridades pertinentes, puesta a punto, limpia y convenientemente rotulada.

Deberá comprobarse la existencia de la acometida definitiva de energía eléctrica al consumo o a la red general de distribución.

6.2. Pruebas de puesta en marcha

Con las pruebas de puesta en marcha el instalador se responsabiliza del buen funcionamiento y estado de la instalación.

Las pruebas a realizar por el instalador serían como mínimo las siguientes:

1. Funcionamiento y puesta en marcha de todos los sistemas.
2. Pruebas de arranque y parada en distintos instantes de funcionamiento.
3. Pruebas de los elementos y medidas de protección, seguridad y alarma.
4. Determinación de la potencia instalada.

Estas pruebas deben realizarse en un día soleado, y/o ventoso si la instalación incorpora aerogeneradores, y con ellas se deben verificar los siguientes puntos:

- Que los voltajes e intensidades de los diferentes circuitos se corresponden con los de diseño (generador, regulador, inversor, batería y puesta a tierra).
- Correcto funcionamiento del regulador: El regulador detecta el funcionamiento del campo de paneles.
- Correcto funcionamiento del inversor.
- Correcta carga de la batería: La batería carga cuanto existe funcionamiento del campo de paneles y descarga cuando existe consumo.
- Correcto funcionamiento de los sistemas de seguridad (diodos, magnetotérmicos, diferenciales y puestas a tierra).
- Correcto suministro y funcionamiento del contador de energía, en instalaciones conectadas a red general.
- Correcto funcionamiento del sistema de control.
- Prestaciones energéticas reales frente a las prestaciones de diseño.

Para realizar las medidas de las prestaciones de la instalación se pueden utilizar los siguientes equipos:

1. Célula solar calibrada para calcular la radiación solar en W/m^2 , la célula se sitúa junto a los módulos en su mismo plano.
2. Termómetro para medir la temperatura ambiente en una zona de sombra próxima a los módulos.
3. Multímetro de corriente continua (CC) y corriente alterna (CA) para medir las tensiones en diferentes puntos de la instalación.
4. Pinza amperimétrica de CC y CA para medir las intensidades en diferentes puntos de la instalación.

Con los valores de radiación y temperatura ambiente se puede conocer la temperatura a la que trabajan los paneles fotovoltaicos, mediante la siguiente relación:

$$T_c = T_{amb} + (TONC - 20) R / 800$$

Donde:

- T_c = Temperatura de los paneles fotovoltaicos, en $^{\circ}C$.
- R = Radiación solar en W/m^2 .
- $TONC$ = Temperatura de operación nominal del módulo en $^{\circ}C$, ofrecida por el fabricante.
- T_{amb} = Temperatura ambiente en la sombra, en $^{\circ}C$.

Mediante las medidas realizadas con el multímetro y pinza amperimétrica se pueden conocer las siguientes prestaciones de la instalación.

- Tensión e intensidad (potencia) a la salida del campo generador.
- Comprobación de la caída de tensión de los diferentes puntos de la instalación: circuito campo generador – regulador, regulador – baterías y regulador – inversor, o campo generador – inversor.
- Intensidad que circula por los diferentes circuitos de la instalación.

6.3. Recepción de la instalación

Una vez concluidas las pruebas y la puesta en marcha, se efectuará la recepción de la instalación.

En la fase de recepción, el instalador debe:

- Emitir un certificado, *firmado por técnico competente*, de las pruebas anteriores.
- Limpiar la instalación y retirar de la obra todo el material sobrante.
- Comprobar, transcurridos 15 días de pleno uso de la instalación, el correcto funcionamiento y realizar una comparación entre los valores de producción recogidos y los considerados en la memoria de diseño.
- Hacer entrega al usuario de un manual de instrucciones y uso de la instalación.

Manual del usuario

El Manual de Uso e Instrucciones recogerá aquellas recomendaciones que garanticen la seguridad del usuario, así como las prestaciones y funcionamiento de la instalación.

Según se recoge en el Plan Solar de Castilla y León, el manual debe contener la siguiente información:

Memoria descriptiva, que contendrá al menos los siguientes conceptos:

- Formato básico de la Memoria de diseño.
- Dimensionado básico.
- Esquema eléctrico de principio.
- Especificación de componentes.

Características del funcionamiento, que incluirá, al menos, los siguientes conceptos:

- Descripción del funcionamiento: Recogerá una descripción de los elementos que constituyen la instalación y el cometido que juega cada uno de ellos (paneles, aero-

generadores, sistema de acumulación, regulador, inversor, sistema de monitorización y control), así como el funcionamiento del sistema, en relación con los consumos y la respuesta de la instalación ante variaciones de los mismos.

- Límites operacionales: Se dará cuenta de los límites de funcionamiento y operación característicos del sistema (estado de carga de las baterías, insolación, viento, consumos existentes), así como de los mecanismos adoptados para soportar los casos más desfavorables.

Instrucciones de seguridad, que detallarán las operaciones de manipulación y/o vigilancia que el usuario tiene que llevar a cabo, así como los sistemas que lleva incluida la instalación para ser actuados en los casos establecidos:

- Desconexión de circuitos y/o del inversor.
- Estado de las baterías y comprobación de nivel de líquido electrolítico.
- Actuación de protecciones.

Recomendaciones de uso

- Cambio en los consumos.
- Manipulaciones no permitidas.
- Interpretación y actuación ante los valores y señales proporcionadas por los equipos de medida y visualización incorporados.

6.4. Garantía

Recepcionada la instalación, comenzará la vigencia del periodo de garantía de la misma.

Según el Plan Solar de Castilla y León:

- Sin perjuicio de cualquier posible reclamación a terceros, la instalación será reparada de acuerdo con estas condiciones generales si ha sufrido una avería o no cumple con las prestaciones previstas a causa de un defecto de diseño, montaje, instalación, puesta en marcha o de cualquiera de los componentes, siempre que haya sido manipulada correctamente de acuerdo con lo establecido en el manual de instrucciones.
- La garantía se concede a favor del comprador de la instalación, lo que deberá justificarse debidamente mediante el correspondiente *certificado de GARANTÍA*, con la fecha en que se acredite la recepción de la instalación por parte del usuario.
- El instalador garantizará la instalación, para todos los materiales utilizados y el procedimiento empleado en su montaje, durante al menos un periodo de tres (3)

años. El instalador deberá realizar las labores de mantenimiento preventivo, sin coste alguno para el usuario, durante un periodo de tres (3) años para instalaciones de potencia total (pico y/o nominal) inferior o igual a 5 kW y durante cinco (5) años si la potencia supera los 5 kW.

- Si hubiera de interrumpirse la explotación de la instalación debido a razones de las que es responsable el instalador, o a reparaciones que el instalador haya de realizar para cumplir las estipulaciones de la garantía, por un plazo superior a una semana, el plazo se prolongará por la duración total de dichas interrupciones, lo que deberá de constar explícitamente en un anexo que se adjuntará al certificado de garantía.
- *La garantía se anulará cuando la instalación haya sido reparada, modificada o desmontada, aunque sólo sea en parte, por personas ajenas al instalador o a los servicios de asistencia técnica de los fabricantes no autorizados expresamente por el instalador, salvo en los casos de incumplimiento de garantías especificados en el punto anterior.*
- *Asimismo, quedará sin efecto la garantía de aquellos equipos que, por causa ajena al instalador resulten averiados, bien por manipulaciones incorrectas de la instalación, sobretensiones de la red general de distribución o causas de fuerza mayor.*



I.E.S. Camino de la Miranda (Palencia)

7

Operación y mantenimiento

7 Operación y Mantenimiento

7.1. Generalidades

Las operaciones y labores de mantenimiento son necesarias para asegurar el funcionamiento de la instalación, aumentar su fiabilidad y prolongar su duración durante toda su vida útil. De acuerdo con las especificaciones del Plan Solar, dichas actuaciones pueden resumirse en tres escalones:

- **Vigilancia:** Actuaciones consistentes en la observación de los parámetros funcionales principales de la instalación (estado de carga de la batería y actuación de regulador e inversor) para verificar el correcto funcionamiento de la misma. *La responsabilidad de su realización corresponde al usuario*, según la periodicidad marcada en el manual de uso e instrucciones, para lo cual habrá de ser adiestrado convenientemente por el instalador.
- **Mantenimiento preventivo:** Operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otros que, aplicados a la instalación, deben permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación. *El mantenimiento preventivo será realizado por personal técnico especializado.*
- **Mantenimiento correctivo:** Actuaciones realizadas como consecuencia de la detección de cualquier anomalía en el funcionamiento de la instalación, en el plan de vigilancia o en el de mantenimiento preventivo. Se corresponde con las operaciones de sustitución o reparación de la instalación.

7.2. Mantenimiento preventivo

De acuerdo con las especificaciones del Plan Solar, durante el periodo de garantía de la instalación, la empresa instaladora será la responsable de la realización de las labores de mantenimiento preventivo sin coste alguno para el usuario.

El mantenimiento preventivo implicará, como mínimo, una revisión de la instalación, de acuerdo a su configuración y potencia (pico o nominal), según la siguiente periodicidad:

Tipo de Instalación	Potencia pico o nominal (W)	Frecuencia (meses)
Fotovoltaicas no conectadas a la red general de distribución	Menor o igual a 750 W	12
	Mayor de 750 W	6
Eólico - fotovoltaicas no conectadas a la red general de distribución	Cualquier potencia	6
Fotovoltaicas conectadas a la red general de distribución	Menor o igual a 5 kW	12
	Mayor de 5 kW	6

A continuación se definen las operaciones del plan de mantenimiento preventivo (que en su caso deberá figurar en el contrato de mantenimiento) que deben realizarse en las instalaciones de energía solar fotovoltaica y eólico – fotovoltaica no conectada a red, la periodicidad mínima establecida (en meses) y observaciones en relación con las prevenciones a observar.

En lo que sigue aparecen las siguientes abreviaturas:

- IV: Inspección Visual.
- CF: Control (o comprobación) de Funcionamiento.

Equipo	Frecuencia	Operación
COLECTORES SOLARES		
Colectores	6	IV de diferencias sobre original
		IV de limpieza
	12	IV presencia daños que afecten la seguridad
Carcasa	12	IV de deformación, oscilaciones y estado de la conexión a tierra
Conexiones	12	IV de reapriete de bornes y conexiones y estado de diodos de protección
Estructura	12	IV de degradación, indicios de corrosión y apriete de tornillos
AEROGENERADORES		
Torre o mástil	12	IV de degradación, indicios de corrosión y apriete de tornillos y vientos
	6	CF engrase de uniones móviles
Regulador	12	CF de funcionamiento, de los indicadores y caídas de tensión entre terminales
		IV de conexión de terminales

Equipo	Frecuencia	Operación
ACUMULADORES (BATERÍAS)		
Batería	6	CF de densidad del líquido electrolítico
	24	IV de nivel de líquido electrolítico
	12	IV de terminales, su conexión y engrase
EQUIPOS ELECTRÓNICOS		
Reguladores	12	CF de funcionamiento, de los indicadores e intensidad y caídas de tensión entre terminales
		IV de cableado y conexión de terminales
Inversores	12	CF de rango de tensión, estado de indicadores y alarmas
		IV de conexión de terminales
Contadores	12	CF de funcionamiento y tolerancia de la medida
		IV de conexión de terminales
Sistemas de monitorización	6	CF de conexión remota, almacenamiento de registros, regulación y tolerancia de la medida
	12	IV de conexión de terminales
CABLES, INTERRUPTORES Y PROTECCIONES		
Cableado	12	CF de estanqueidad, protección y conexión de terminales, empalmes y pletinas
		CF de caídas de tensión (sólo CC)
Interruptores	12	CF de funcionamiento y conexión de terminales
Protecciones	12	CF de funcionamiento y actuación de los elementos de seguridad y protecciones: fusibles, tomas de tierra, interruptores de seguridad



Centro Específico de Formación Profesional (Zamora)

8 Posibles anomalías de funcionamiento de la instalación

8 Posibles anomalías de funcionamiento de la instalación

8.1. Generalidades

A la hora de enfrentarse con posibles anomalías del sistema, el instalador debe tener en cuenta diferentes situaciones:

- La avería afecta al funcionamiento de la instalación, produciendo una parada o interrupción en la producción eléctrica. En este caso la reparación debe ser inmediata.
- La avería no afecta aparentemente al funcionamiento de la instalación pero sí produce una reducción de las prestaciones, con lo que será necesario realizar un diagnóstico del sistema para valorar la urgencia de la reparación.

Es muy importante la calidad con que se realice la señalización del cableado eléctrico instalado, guías y planos de la instalación, ya que facilitará en gran medida la localización de las averías.

8.2. Averías de la instalación

Normalmente, las averías suelen producirse en mayor medida debido a errores durante la instalación o uso, que a fallos de fabricación de los componentes.

Para estudiar los posibles problemas se han considerado los diferentes componentes de la instalación: paneles fotovoltaicos, baterías, equipos de regulación e inversión y cableado eléctrico.

Averías en los paneles fotovoltaicos

- Deterioro o rotura del vidrio debido a un mal montaje o a golpes accidentales por descuido, o actos vandálicos. Debido a la rotura del vidrio puede producirse entrada de humedad en el interior del mismo produciendo la corrosión de las conexiones y circuitos del panel. Este tipo de problemas se presenta muy ocasionalmente.
- Calentamiento parcial o efecto de puntos calientes debido a sombreadamientos de distintas células del panel. Para corregir este problema, los paneles deben colocarse a una distancia tal de los obstáculos que se asegure que solo un porcentaje mínimo de

su superficie quede en sombra, así como instalarse diodos de paso que eviten que la parte sombreada se comporte como receptor de energía.

Averías en los acumuladores

- Agotamiento de la batería por un uso excesivo de la misma. En este caso la batería o el campo fotovoltaico ha sido dimensionado por debajo de las necesidades reales de consumo, o bien se ha consumido la energía acumulada en la batería por encima de su profundidad máxima de descarga.
- Sulfatado y corrosión de las placas por falta de control del nivel de electrolito.

Averías en reguladores e inversores

- Problemas por inversión de polaridad durante el montaje.
- Posibles fallos de fabricación, estos problemas son prácticamente nulos.
- Sobrecarga o sobretensión por ausencia de elementos de protección.

Averías en el cableado eléctrico

En este caso, los principales problemas provienen de un mal montaje:

- Desconexión y aflojamiento de las conexiones debido a un incorrecto apriete.
- Entrada de agua debido a una mala estanqueidad de las cajas de terminales y conexiones en general.
- Calentamiento excesivo de los cables eléctricos debido a un dimensionado erróneo de los mismos.
- Derivaciones a tierra del circuito o equipos eléctricos.



I.E.S. La Torre (León)

9

Esquemas eléctricos en instalaciones fotovoltaicas

9 Esquemas eléctricos en instalaciones fotovoltaicas

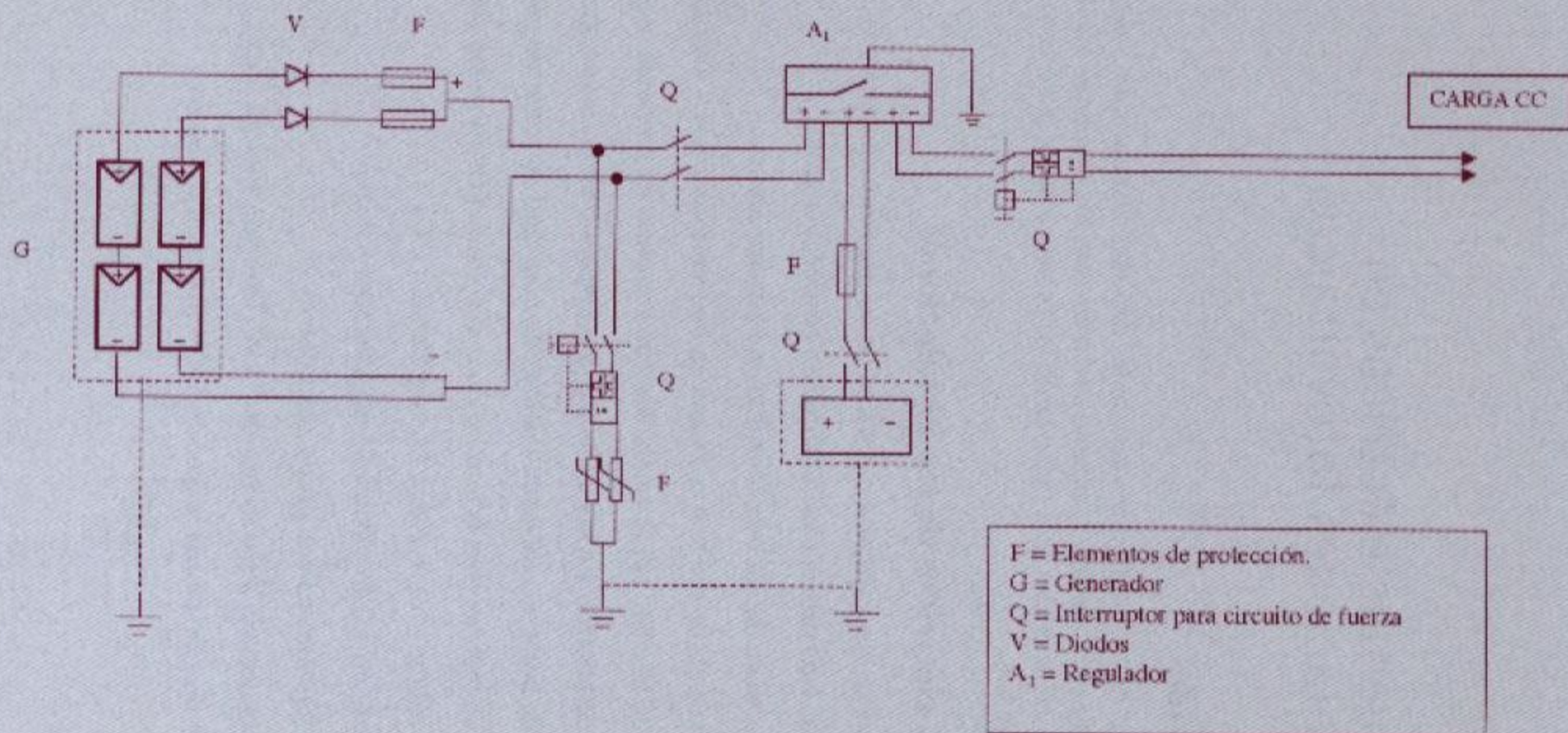
9.1. Generalidades

Como complemento de las configuraciones de las distintas instalaciones solares fotovoltaicas tipo descritas en el Capítulo 3, adjunto se desarrollan los esquemas eléctricos de las mismas, esquemas en los cuales se reflejan tanto las protecciones y puestas a tierra, como el cableado de CC y CA.

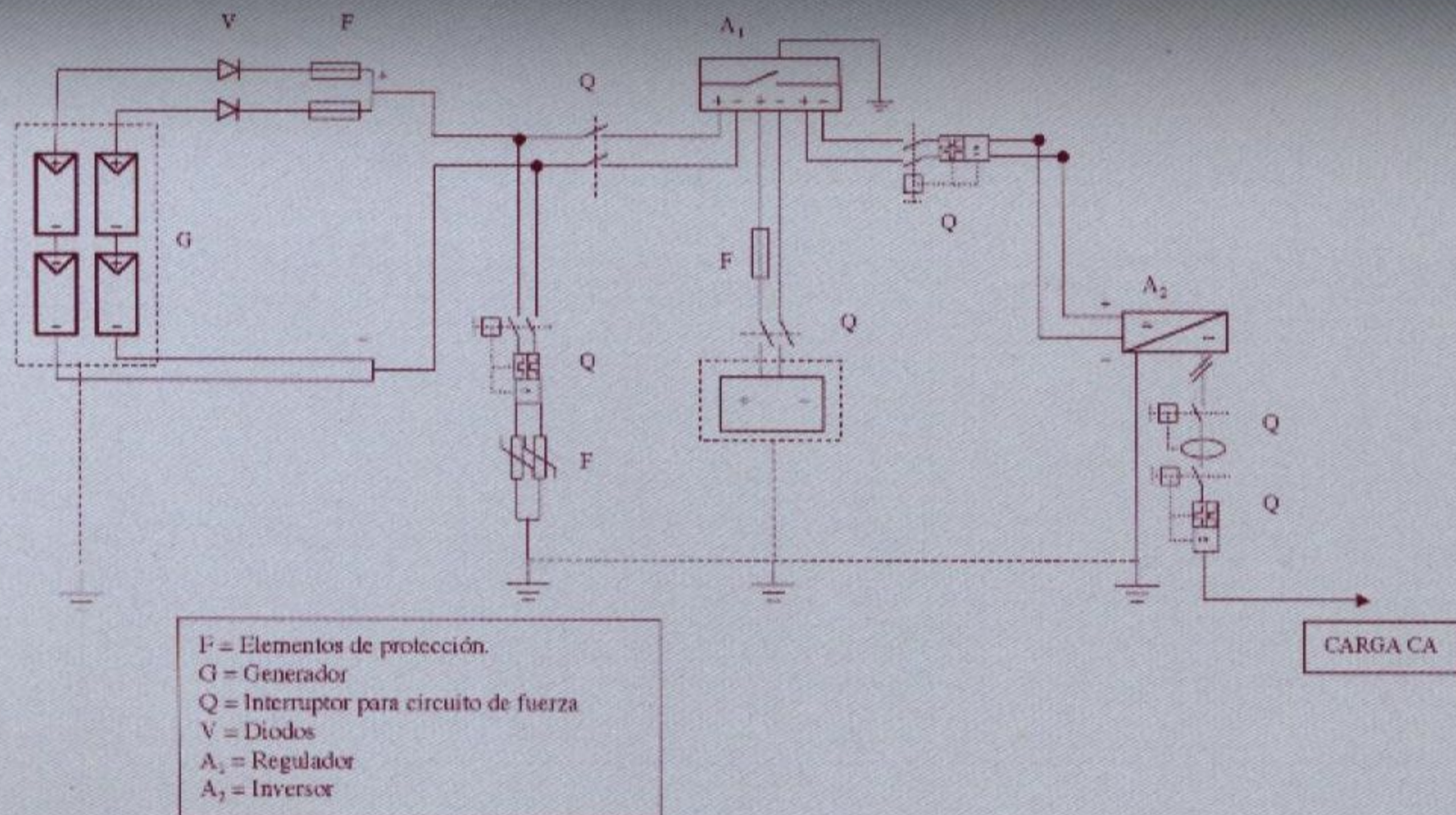
9.2. Esquemas eléctricos de las instalaciones

Adjunto se representan los esquemas eléctricos de las siguientes instalaciones tipo:

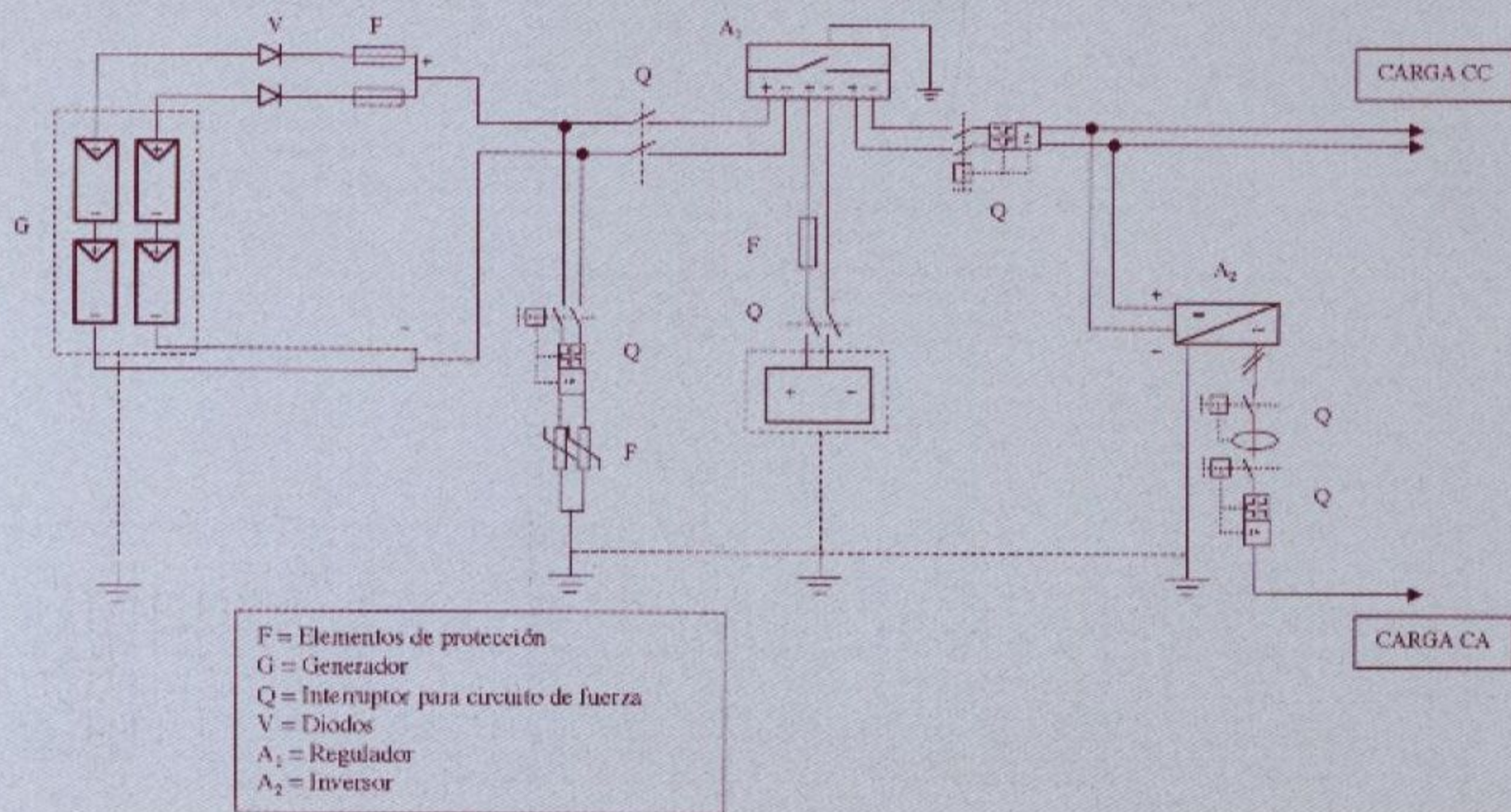
- 9.1. Instalación aislada de red con consumo en corriente continua.
- 9.2. Instalación aislada de red con consumo en corriente alterna.
- 9.3. Instalación aislada de red con consumo en corriente continua y alterna.
- 9.4. Instalación de bombeo sin acumulación con consumo en corriente continua.
- 9.5. Instalación de bombeo sin acumulación con consumo en corriente alterna.
- 9.6. Instalación de bombeo con acumulación con consumo en corriente continua.
- 9.7. Instalación de bombeo con acumulación con consumo en corriente alterna.
- 9.8. Instalación eólico – fotovoltaica (Aerogenerador CC).
- 9.9. Instalación eólico – fotovoltaica (Aerogenerador CA).
- 9.10. Instalación fotovoltaica con grupo electrógeno.
- 9.11. Instalación conectada a red menor de 5 kW (Inversor monofásico).
- 9.12. Instalación conectada a red mayor de 5 kW (Inversor trifásico).



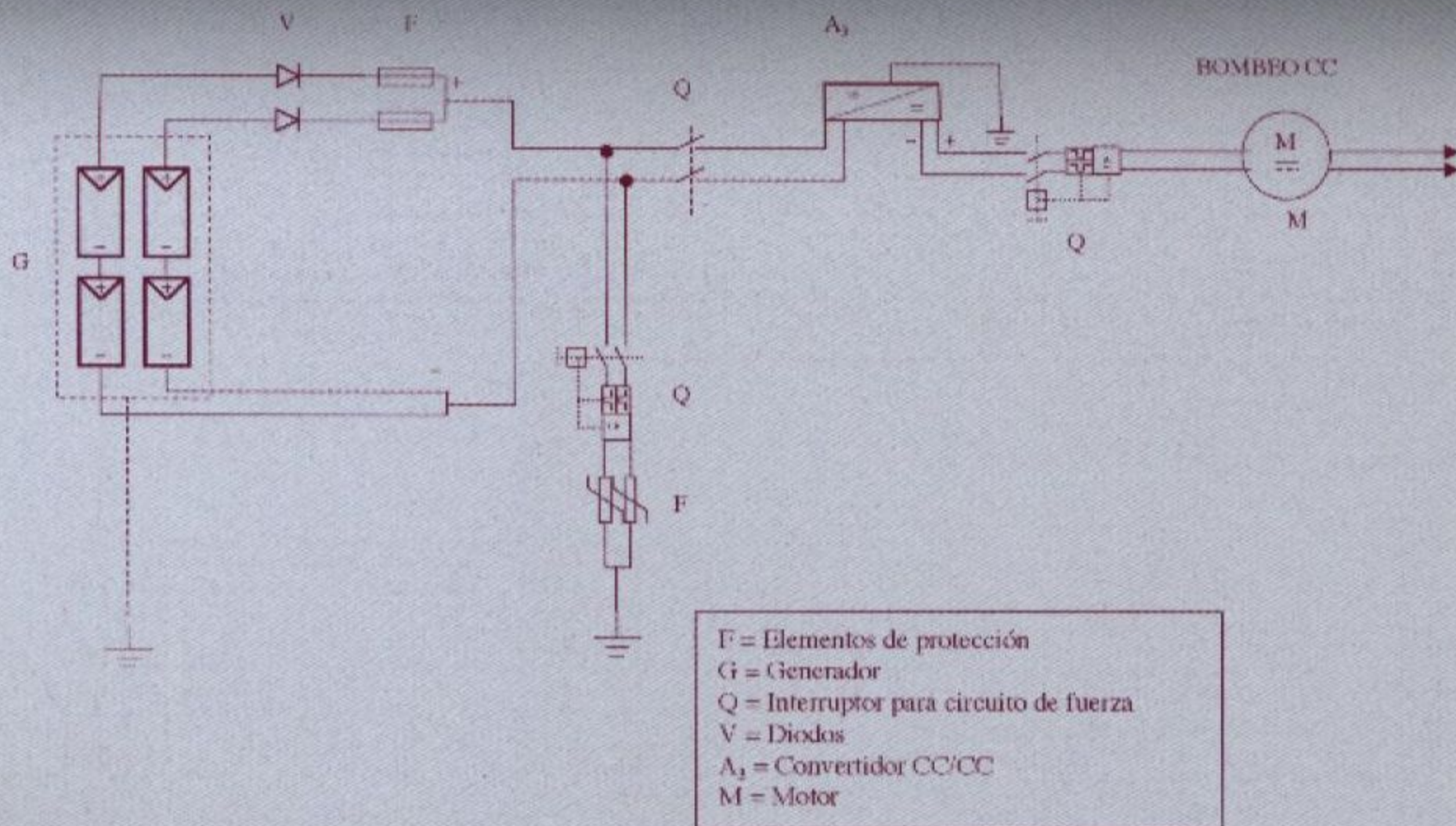
9.1. Instalación aislada de red con consumo en corriente continua



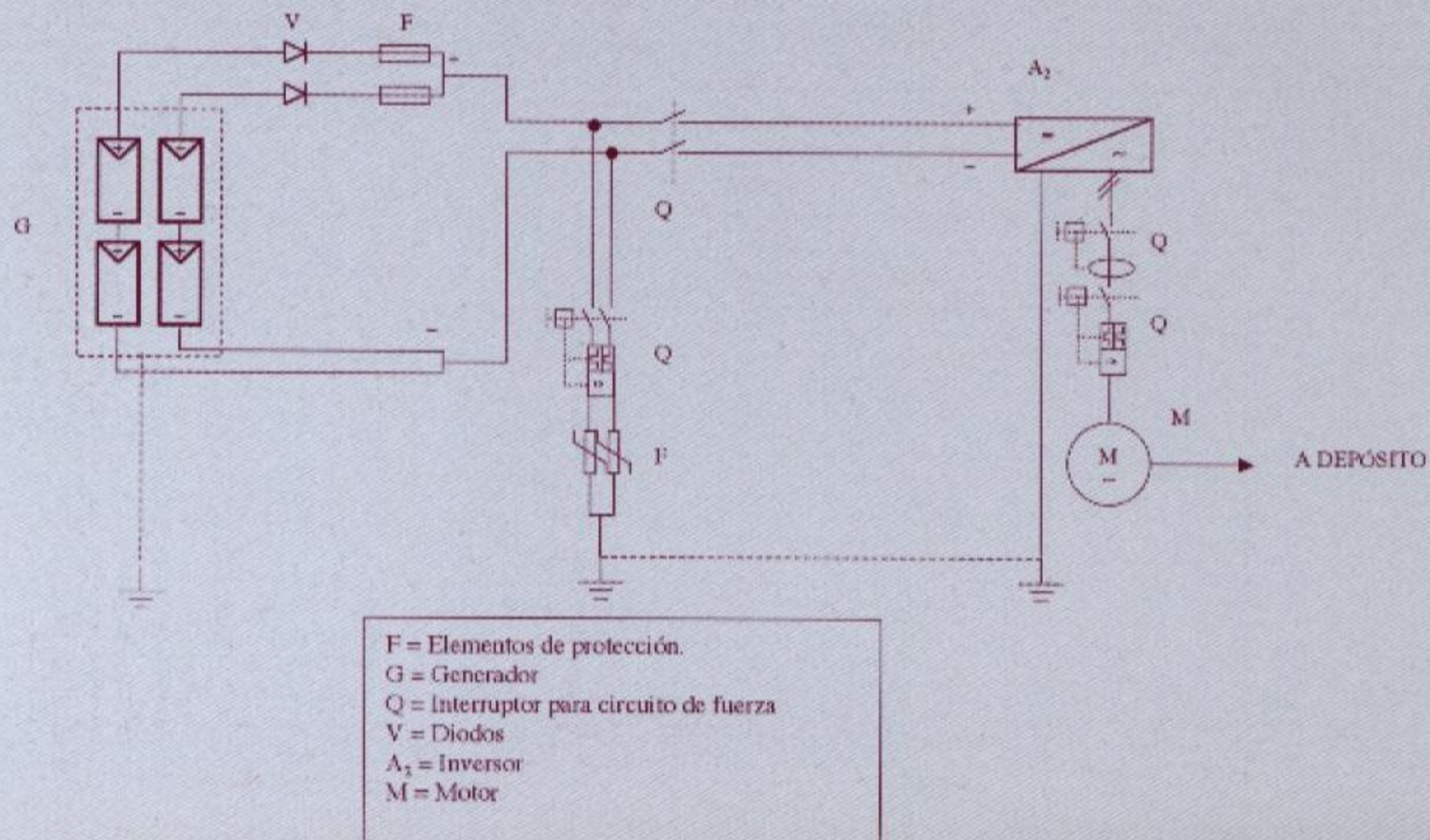
9.2. Instalación aislada de red con consumo en corriente alterna



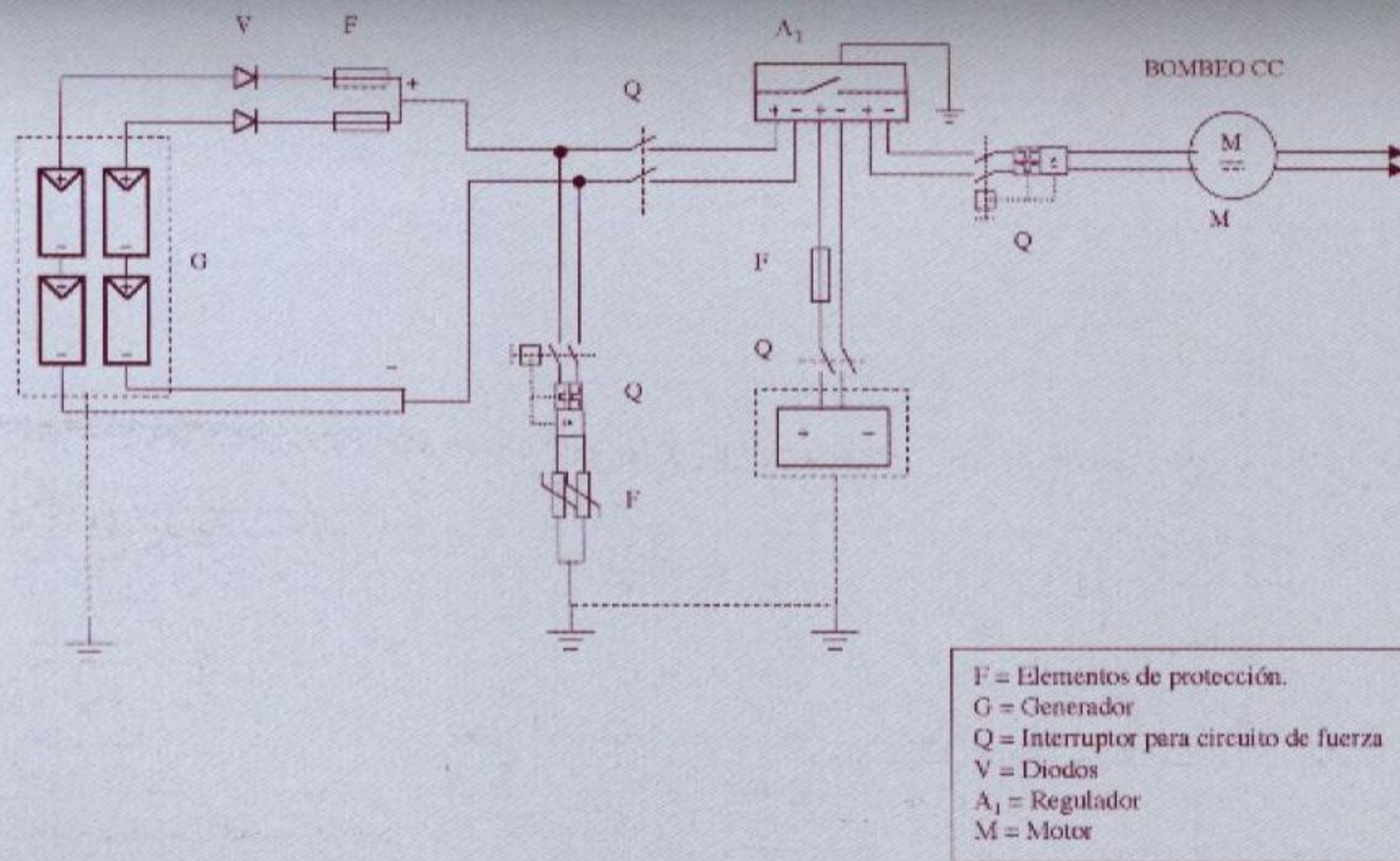
9.3. Instalación aislada de red con consumo en corriente continua y alterna



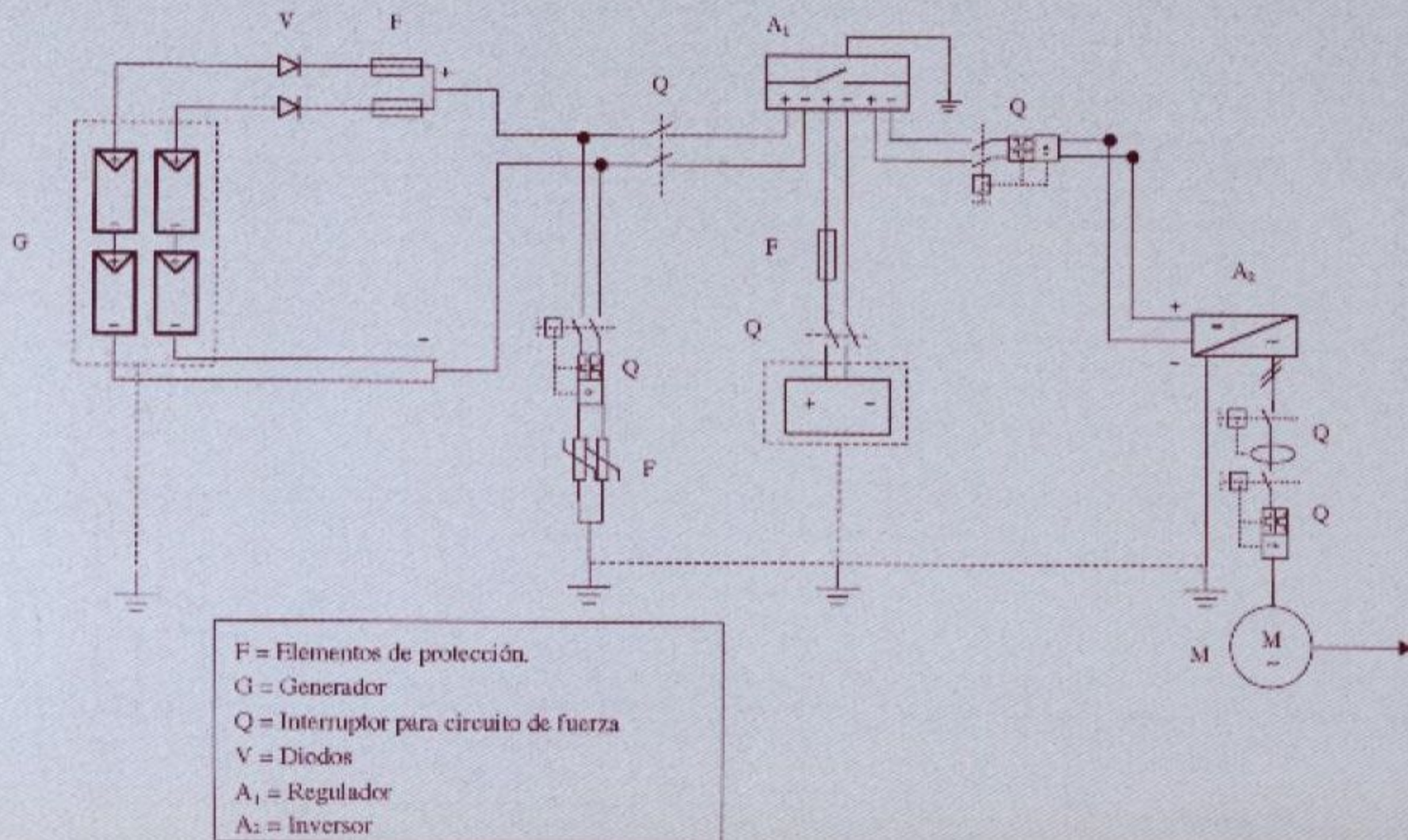
9.4. Instalación de bombeo sin acumulación con consumo en corriente continua



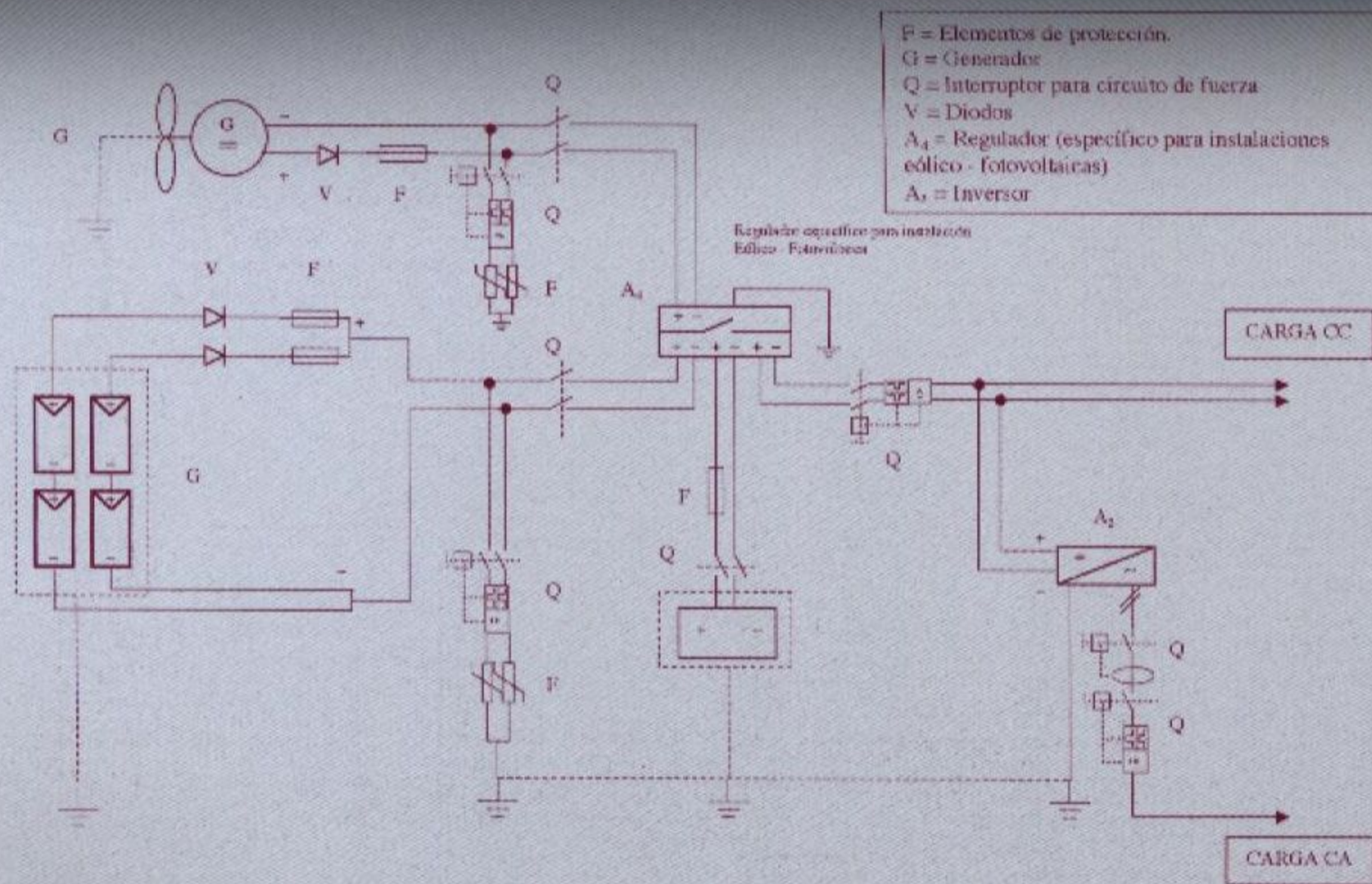
9.5. Instalación de bombeo sin acumulación con consumo en corriente alterna



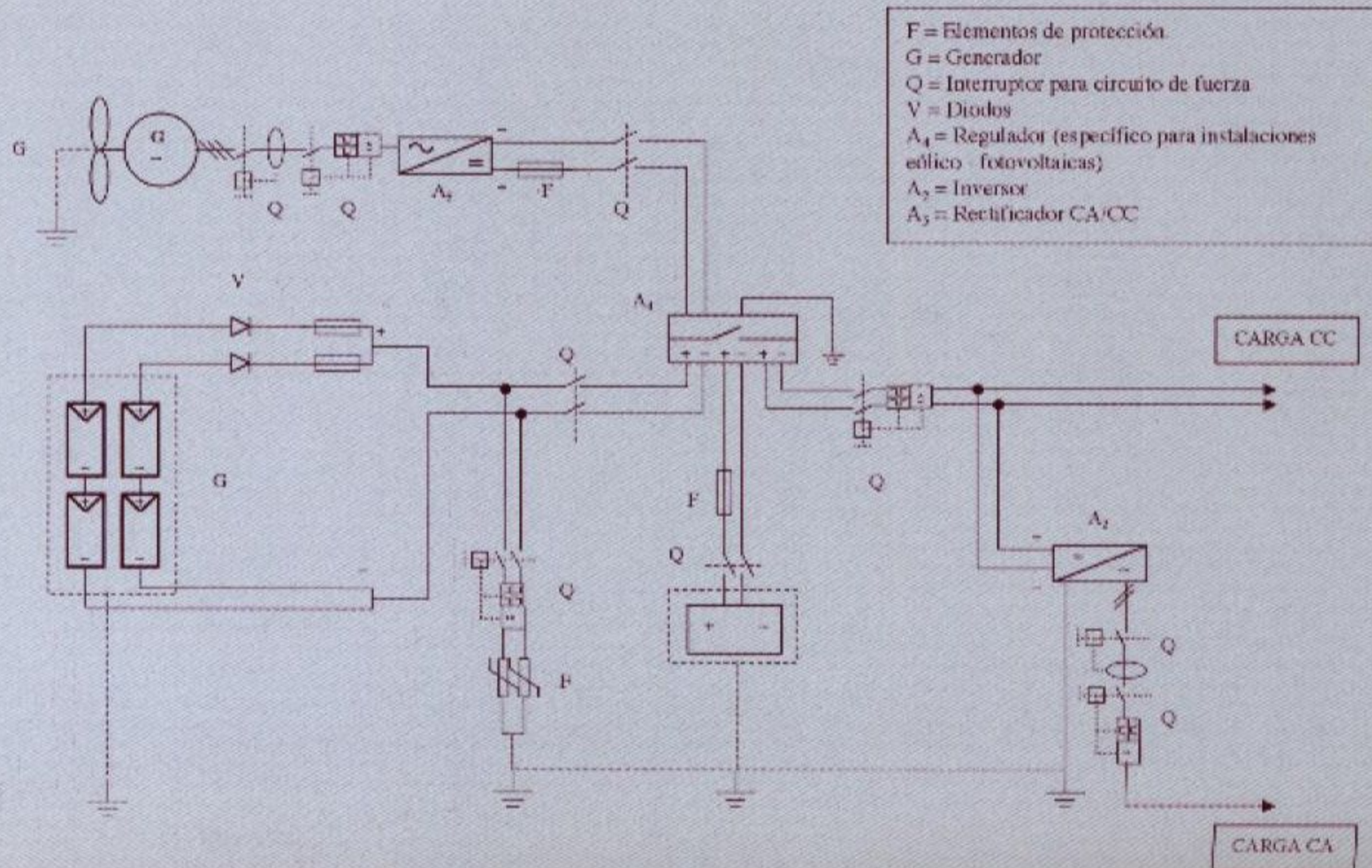
9.6. Instalación de bombeo con acumulación con consumo en corriente continua



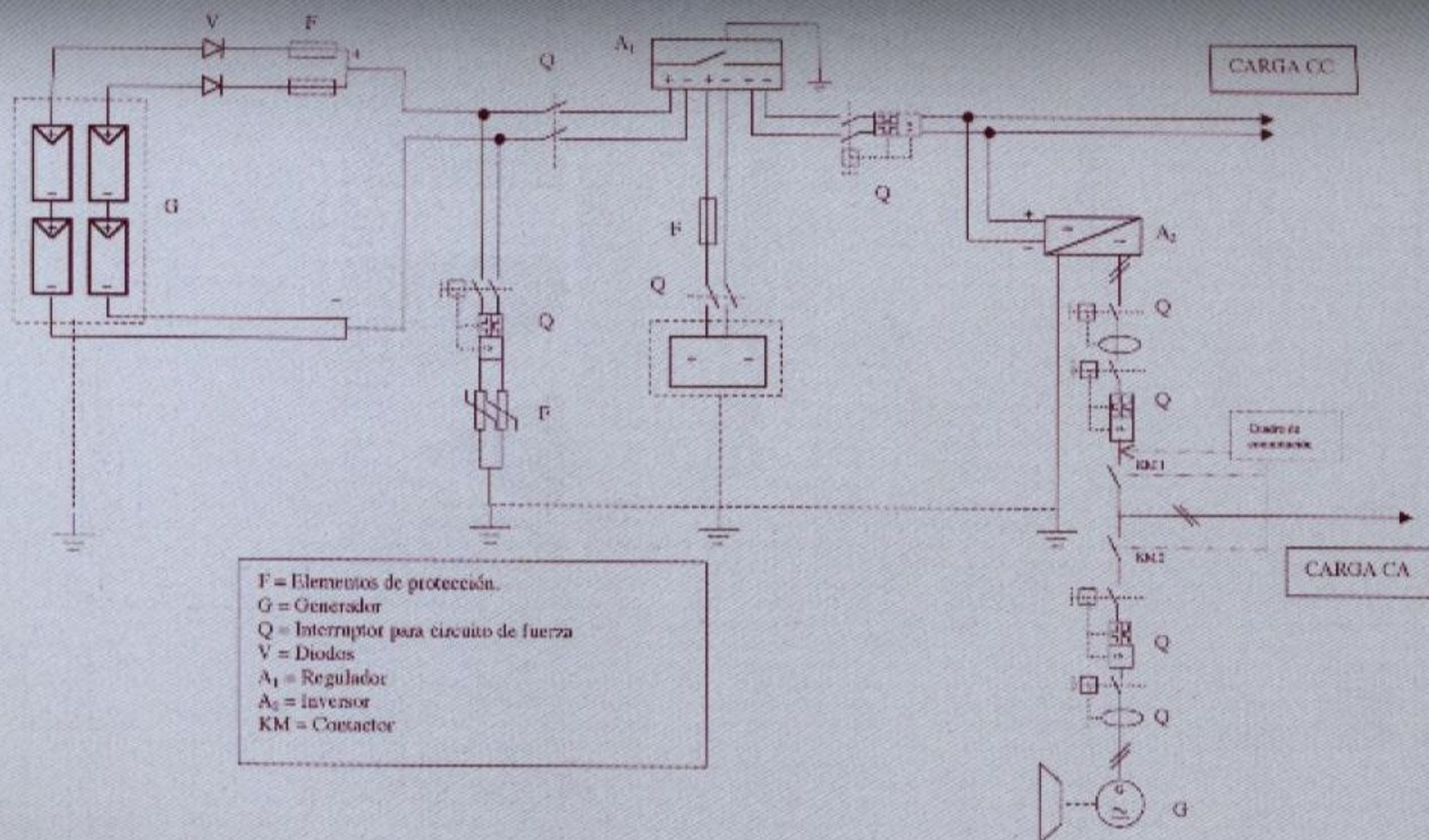
9.7. Instalación de bombeo con acumulación con consumo en corriente alterna



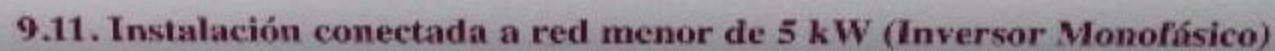
9.8. Instalación eólico – fotovoltaica (Aerogenerador CC)

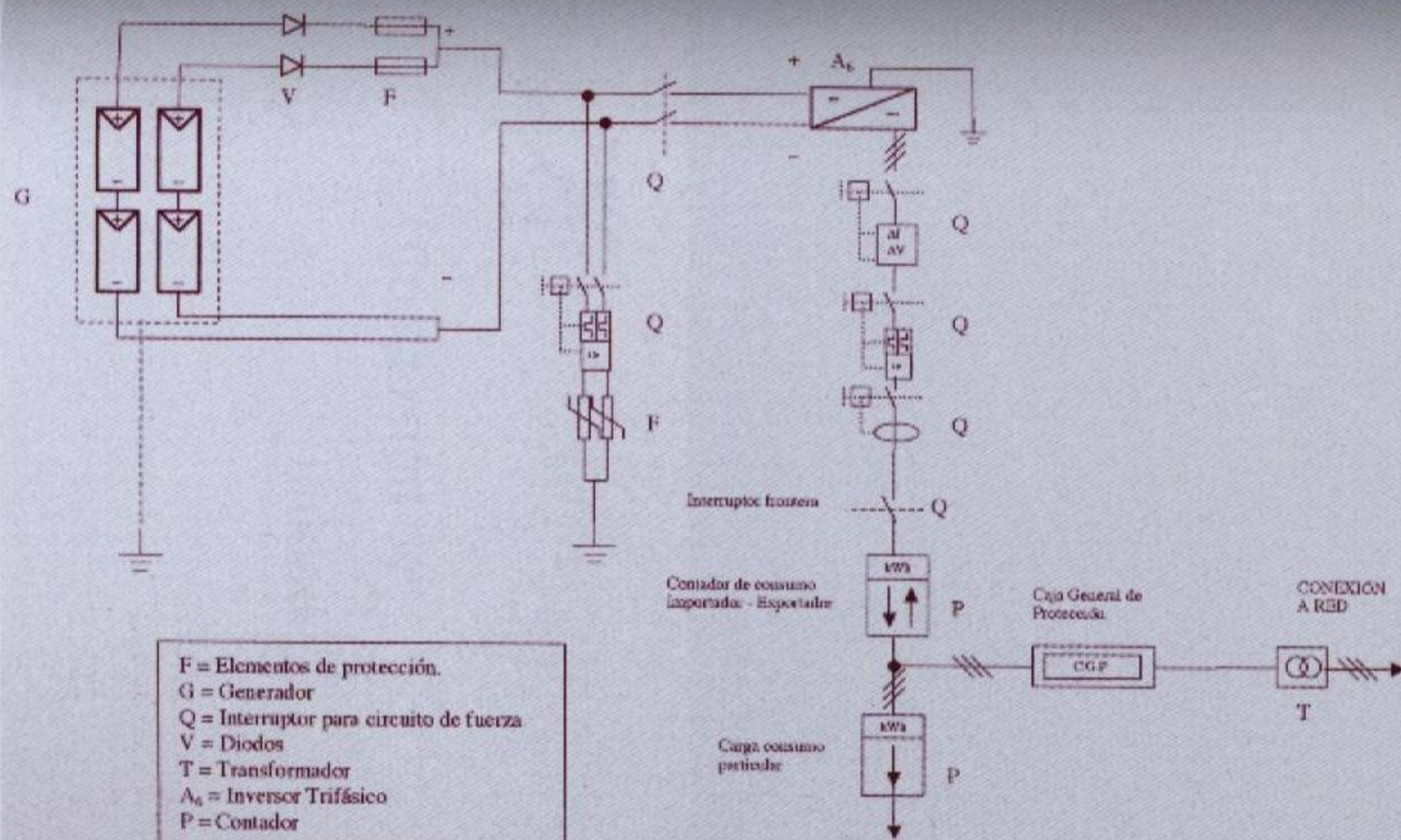


9.9. Instalación eólico – fotovoltaica (Aerogenerador CA)



9.10. Instalación fotovoltaica con grupo electrógeno





9.12. Instalación conectada a red mayor de 5 kW (Inversor Trifásico)



I.E.S. Simón de la Colanía (Burgos)

Anexo

I

Conversión de

unidades

I

Conversión de unidades

Múltiplos y submúltiplos

Múltiplo	Prefijo	Símbolo
1.000.000.000 (10^9)	Giga	G
1.000.000 (10^6)	Mega	M
1.000 (10^3)	kilo	k
100 (10^2)	hecto	h
10 (10^1)	deca	da
0,1 (10^{-1})	deci	d
0,01 (10^{-2})	centi	c
0,001 (10^{-3})	mili	m
0,000001 (10^{-6})	micro	μ

Unidades básicas

Magnitud	Unidad	Símbolo
Longitud	metro	m
Masa	gramo	g
Tiempo	segundo	s
Corriente eléctrica	amperio	A

Unidades eléctricas

Magnitud	Unidad	Símbolo	Expresión en unidades básicas
Potencia eléctrica	vatio	W	$V \cdot A$ $m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
Tensión eléctrica	voltio	V	$W \cdot A^{-1}$ $m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
Resistencia eléctrica	ohmio	Ω	$V \cdot A^{-1}$ $m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
Energía eléctrica	vatio hora	Wh	-

Corriente Continua	Corriente Alterna
Potencia eléctrica es: $P = V \cdot I$	Potencia eléctrica es: $P = V_e \cdot I_e \cdot \cos\phi$
Donde:	Donde:
V =Tensión	V_e =Tensión eficaz
I =Intensidad	I_e =Intensidad eficaz
	$\cos\phi$ =Factor de potencia

La unidad más común para medir la potencia eléctrica es el Vatio (W). ($W = V \cdot A$).

El vatio (W) es la potencia que consume un elemento al que se le ha aplicado una tensión de un voltio y circula por él una intensidad de un amperio.

V = Voltio

A = Amperio

Como múltiplos más usuales se emplean:

1 Kilovatio = $1kW = 10^3$ VATIOS

1 Milivatio = $1mW = 10^{-3}$ VATIOS

1 Watio = $1W = 1.000 \text{ mW} = 0.001 \text{ kW}$

Tensión eléctrica

A la diferencia de potencial entre los terminales o polos del generador se le llama tensión o voltaje.

La unidad que mide la tensión eléctrica es el Voltio (V). ($V = A \cdot \Omega$).

Donde:

A = Amperio

Ω = Ohmio

Como múltiplos más usuales se emplean:

$$1 \text{ kilovoltio} = 1\text{kV} = 10^3 \text{ Voltios}$$

$$1 \text{ milivoltio} = 1\text{mV} = 10^{-3} \text{ Voltios}$$

$$1 \text{ voltio} = 1\text{V} = 0.001 \text{ KV} = 1.000 \text{ mV}$$

Resistencia eléctrica

La dificultad que ofrece el conductor al paso de una corriente eléctrica se llama resistencia eléctrica.

Corriente Continua	Corriente Alterna
Resistencia eléctrica: $R = V/I$	Resistencia eléctrica: Impedancia Z
Donde:	
$V = \text{Tensión}$	$Z = R / \cos \varphi$
$I = \text{Intensidad}$	

La unidad que mide la resistencia es el Ohmio (Ω). ($\Omega = \text{V/A}$).

Donde:

$$V = \text{Voltios}$$

$$A = \text{Amperio}$$

Como múltiplos usuales se emplean:

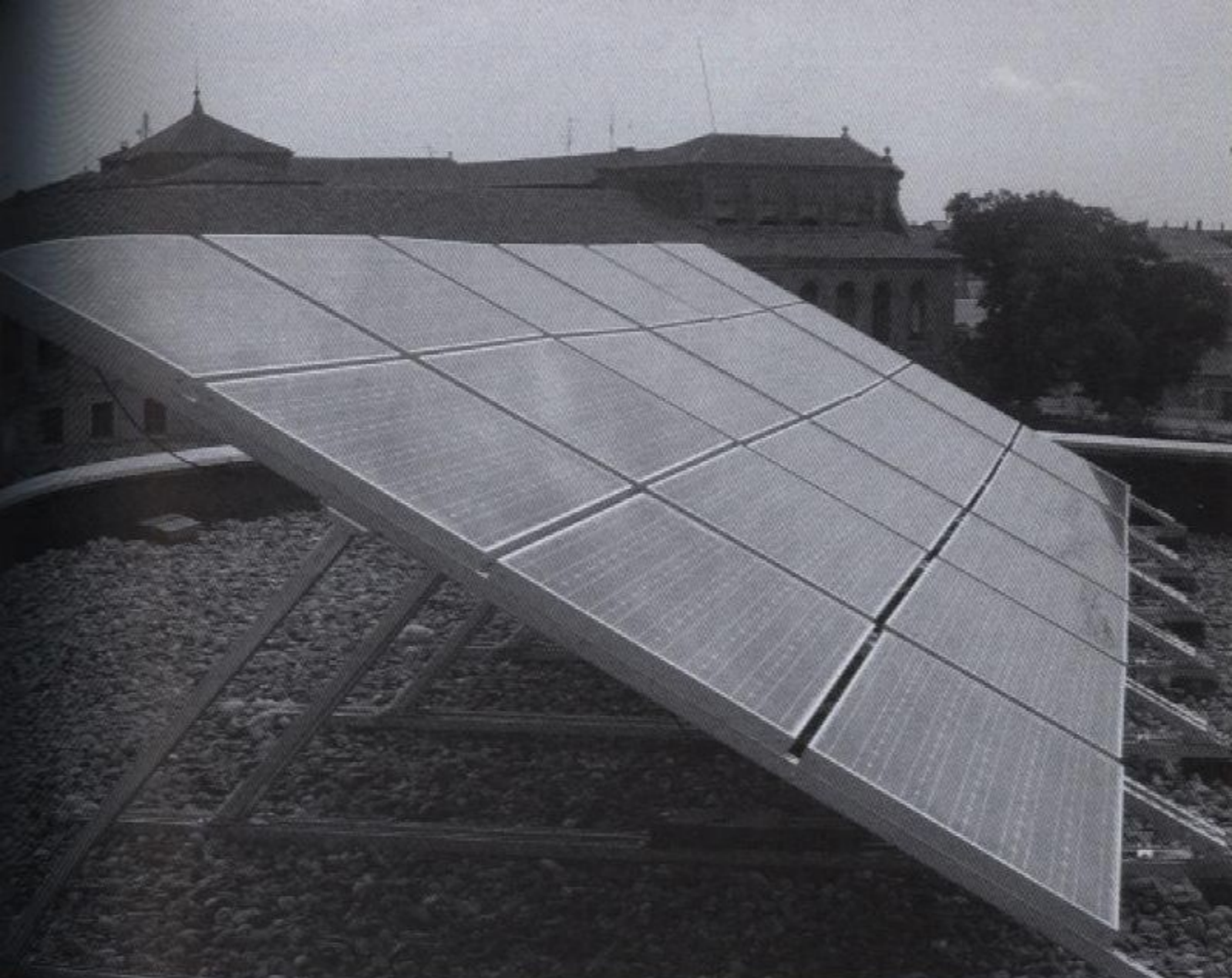
$$1 \text{ kiloOhmio} = 1\text{k}\Omega = 10^3 \text{ Ohmios}$$

$$1 \text{ megaOhmio} = 1\text{M}\Omega = 10^6 \text{ Ohmios}$$

$$1 \text{ Ohmio} = 1\Omega = 0.001 \text{ K}\Omega = 0.000001 \text{ M}\Omega$$

Energía eléctrica

La unidad más común para medir la energía eléctrica es el Kilowatio hora (kWh).



I.E.S. Gómez Pereira (Valladolid)

Anexo

II

Glosario

II Glosario

Acumulador eléctrico: Elemento de la instalación capaz de almacenar la energía eléctrica transformándola en energía química. Se compone de diversas baterías conectadas entre sí en serie o paralelo.

Aporte solar, Factor de: Porcentaje de la energía total demandada, cubierta por la energía solar.

Arquitectura solar o Bioclimática: Conjunto de soluciones arquitectónicas que permiten la captación, almacenamiento y distribución de la energía solar que incide sobre el edificio, mediante la combinación de paredes opacas y transparentes, de la masa térmica del edificio, de la circulación natural del aire y de captadores solares, teniendo en cuenta las condiciones climatológicas locales.

Autodescarga: Pérdida de carga de la batería cuando ésta permanece en circuito abierto. Habitualmente se expresa como porcentaje de la capacidad nominal, medida durante un mes, y a una temperatura de 20 °C.

Batería Monoblock: Sistema de acumulación basado en una batería compacta capaz de suministrar 12 V.

Batería Modular: Sistema de acumulación basado en la conexión en serie y paralelo de diferentes módulos, de aproximadamente 2 V.

Capacidad Nominal: C_{20} (Ah): Cantidad de carga que es posible extraer de una batería en 20 horas, medida a una temperatura de 20 °C, hasta que la tensión entre sus terminales llegue a 1,8 V/vaso. Para otros regímenes de descarga se pueden usar las siguientes relaciones empíricas:

$$C_{100} / C_{20} \approx 1,25; C_{50} / C_{20} \approx 1,14; C_{20} / C_{10} \approx 1,17.$$

Capacidad útil: Capacidad disponible o utilizable de la batería. Se define como el producto de la capacidad nominal y la profundidad máxima de descarga permitida, PDmax.

Capacidad de sobrecarga del inversor: Capacidad del inversor para entregar mayor potencia de la nominal durante ciertos periodos de tiempo.

Campo de paneles: Parte del generador fotovoltaico encargada de la transformación de la radiación solar en energía eléctrica.

Célula fotovoltaica: Elemento de la instalación en el que se transforma la energía solar en energía eléctrica.

Cerramiento: Cuando los módulos constituyen el tejado o la fachada de la construcción arquitectónica, debiendo garantizar la debida estanqueidad y aislamiento térmico.

CEM (Condiciones Estándar de Medida): Condiciones de irradiancia y temperatura en la célula solar, utilizadas como referencia para caracterizar células, módulos y generadores fotovoltaicos y definidas del modo siguiente:

- Irradiancia (GSTC): 1000 W/m^2
- Distribución espectral: AM 1,5 G
- Incidencia normal
- Temperatura de célula: 25°C

Convertidor continua - continua: Elemento de la instalación encargado de adecuar la tensión que suministra el generador fotovoltaico a la tensión que requieran los equipos para su funcionamiento.

Corriente de cortocircuito o Intensidad de corriente de cortocircuito: Intensidad de la corriente de un cortocircuito eléctrico cuando éste está cortocircuitado y sin cargas.

Dimensionado: Proceso por el cual se estima el tamaño de una instalación solar fotovoltaica para atender unas necesidades determinadas con unas condiciones meteorológicas dadas.

Efecto Fotovoltaico: Conversión directa de energía luminosa en energía eléctrica.

Electrolito: En el caso de las baterías empleadas en sistemas fotovoltaicos, es una solución diluida de ácido sulfúrico en la que se verifican los distintos procesos que permiten la carga y descarga de la batería.

Elementos de sombreado: Cuando los módulos fotovoltaicos protegen a la construcción arquitectónica de la sobrecarga térmica causada por los rayos solares, proporcionando sombras en el tejado o en la fachada del mismo.

Efectividad, eficiencia o rendimiento del módulo: Relación entre la energía útil recogida y la incidente (disponible) sobre el módulo.

Estado de carga: Cociente entre la capacidad residual de una batería, en general parcialmente descargada, y su capacidad nominal.

Foco: Punto en el que inciden los rayos solares tras su reflexión o refracción en las superficies o medios correspondientes.

- Ganancia solar directa:** Radiación solar directa que pasando a través de áreas acristaladas contribuye al calentamiento del espacio interior.
- Ganancia solar indirecta:** Transferencia de energía solar del espacio a calentar, a través de un captador unido a dicho espacio, mediante un medio transmisor de calor. Ejemplos de estos captadores son los muros o techos de almacenamiento térmico.
- Ganancias internas:** Energía disipada en el interior del espacio a calentar por las personas o las máquinas en funcionamiento que lo ocupan. Esta energía contribuye a disminuir los requerimientos de calentamiento del espacio.
- Generador fotovoltaico:** Asociación en paralelo de ramas fotovoltaicas.
- Heliostato:** Sistema que comprende un dispositivo absorbente o reflectante. Orientable de forma tal que la radiación directa incidente es absorbida o reflejada en este último caso en un punto fijo, independiente de la posición del sol, durante las horas de luz diurna.
- Inclinación:** Ángulo que forma el panel fotovoltaico con una superficie perfectamente horizontal o a nivel.
- Instalación Centralizada:** Tipo de instalación de electrificación en la que un único generador fotovoltaico con sus sistemas de adaptación de la corriente da servicio a un conjunto de viviendas o instalaciones.
- Instalación Descentralizada:** Tipo de instalación de electrificación en la que cada usuario dispone de su sistema fotovoltaico completo.
- Insolación:** El total de radiación solar que llega a la placa de cubierta del módulo. Comprende las radiaciones difusa, directa y reflejada.
- Instalaciones fotovoltaicas interconectadas:** Aquellas que normalmente trabajan en paralelo con la empresa distribuidora.
- Irradiancia:** Flujo de radiación solar que incide sobre la unidad de superficie por unidad de tiempo. Se trata de una densidad de potencia. Se mide en kW/m^2 .
- Irradiación:** Energía incidente en una superficie por unidad de superficie y a lo largo de un cierto período de tiempo. Se mide en kWh/m^2 .
- Inversor (convertidor continua – alterna):** Elemento capaz de transformar la corriente continua que suministran las baterías o el campo colector en corriente alterna para su uso en los elementos de consumo.
- Integración arquitectónica de módulos fotovoltaicos:** Cuando los módulos fotovoltaicos cumplen una doble función, energética y arquitectónica (revestimiento, cerramiento o sombreado) y, además, sustituyen a elementos constructivos convencionales.
- Interruptor automático de la interconexión:** Dispositivo de corte automático sobre el cual actúan las protecciones de interconexión.

Interruptor general: Dispositivo de seguridad y maniobra que permite separar la instalación fotovoltaica de la red de la empresa distribuidora.

Línea y punto de conexión y medida: La línea de conexión es la línea eléctrica mediante la cual se conectan las instalaciones fotovoltaicas con un punto de red de la empresa distribuidora o con la acometida del usuario, denominado punto de conexión y medida.

Microclima: Conjunto de condiciones climáticas que afectan a un área geográfica muy reducida y que difieren apreciablemente de las predominantes en su entorno.

Módulo Fotovoltaico: Dispositivo destinado a captar la radiación solar incidente para convertirla, en general, en energía eléctrica.

Orientación: Angulo de desviación respecto al sur geográfico de una superficie. El sur real no debe confundirse con el magnético, del que se diferencia por efecto de la declinación magnética.

Potencia máxima del generador (potencia pico): Potencia máxima que puede entregar el módulo en las CEM.

Potencia nominal del inversor (VA): Potencia especificada por el fabricante, y que el inversor es capaz de entregar de forma continua.

Profundidad de descarga (PD): Cociente entre la carga extraída de una batería y su capacidad nominal. Se expresa en porcentaje.

Radiación: Emisión y propagación de energía bajo la forma de ondas o de partículas subatómicas.

Radiación difusa: Parte de la radiación solar incidente que procede de todas las direcciones después de su difusión en la atmósfera y eventuales reflexiones en la superficie terrestre.

Radiación directa: Parte de la radiación solar incidente que no sufre ningún cambio de dirección.

Radiación infrarroja: Radiación invisible electromagnética de longitud de onda superior al intervalo correspondiente a la luz visible.

Radiación, transmisión de calor por: Radiación electromagnética que transmite calor desde un objeto a otro, sin necesidad de medio material entre ambos, y sin calentamiento del espacio comprendido entre ellos.

Radiación ultravioleta: Radiación invisible electromagnética de longitud de onda inferior al intervalo correspondiente a la luz visible. Esta parte de la radiación solar interviene en los procesos de deterioro de las superficies expuestas al sol.

Rama Fotovoltaica: Subconjunto de módulos fotovoltaicos interconectados en serie o en asociaciones serie - paralelo con voltaje igual a la tensión nominal del generador.

Reflectividad, reflectancia o factor de reflexión: Relación entre la radiación reflejada por una superficie y la radiación incidente sobre la misma.

Reflectora, superficie: Superficie concentradora basada en la reflexión de la radiación.

Reflexión: Cambio de dirección de las ondas luminosas o sonoras que inciden sobre una superficie.

Refracción: Cambio de dirección que experimenta la luz al pasar de un medio a otro.

Régimen de carga (o descarga): Parámetro que relaciona la capacidad nominal de la batería y el valor de la corriente a la cual se realiza la carga (o la descarga). Se expresa normalmente en horas, y se representa como un subíndice en el símbolo de la capacidad y de la corriente a la cual se realiza la carga (o la descarga). Por ejemplo, si una batería de 100 Ah se descarga en 20 horas a una corriente de 5 A, se dice que el régimen de descarga es 20 horas ($C_{20} = 100 \text{ Ah}$) y la corriente se expresa como $I_{20} = 5 \text{ A}$.

Regulador: Dispositivo encargado de proteger a la batería frente a sobrecargas y sobredescargas. El regulador podrá proporcionar datos del estado de carga.

Revestimiento: Cuando los módulos fotovoltaicos constituyen parte de la envolvente de una construcción arquitectónica.

Sistema auxiliar: Instalación de energía convencional (no solar) que contribuye a completar la demanda eléctrica total.

Sistema solar activo: Sistema que utiliza módulos solares para transformar una parte de la energía solar incidente sobre el edificio en energía eléctrica.

Sistema solar pasivo: Sistema que utiliza directamente los componentes de un edificio (por ejemplo: ventanas convenientemente orientadas, muro trombe).

Tensión de circuito abierto: Es la diferencia de potencial medida entre dos extremos de un circuito eléctrico, cuando éste está abierto y sin carga.

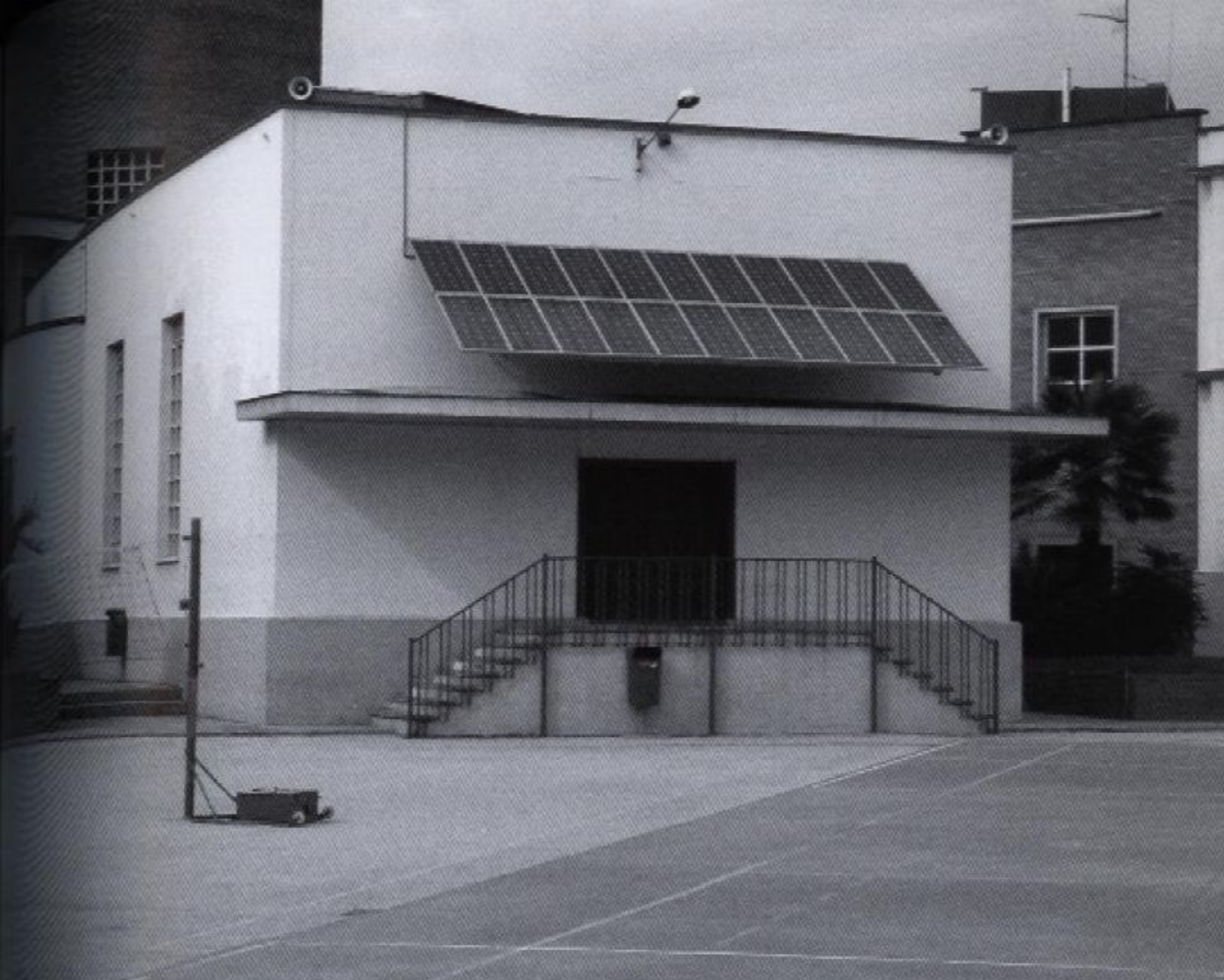
Tensión nominal: Diferencia de potencial específica, para la que se diseña un equipo o una instalación.

TONC: Temperatura de operación nominal de la célula, definida como la temperatura que alcanzan las células solares cuando se somete al módulo a una irradiancia de 800 W/m^2 con distribución espectral AM 1.5 G, la temperatura ambiente es de 20°C y la velocidad del viento de 1 m/s .

Voltaje de desconexión de las cargas de consumo: Voltaje de la batería por debajo del cual se interrumpe el suministro de electricidad a las cargas de consumo.

Voltaje final de carga: Voltaje de la batería por encima del cual se interrumpe la conexión entre el generador fotovoltaico y la batería, o reduce gradualmente la corriente media entregada por el generador fotovoltaico.

Watio Pico: Potencia que hace referencia al producto de la tensión de máxima potencia por la intensidad de máxima potencia del módulo fotovoltaico.




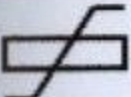
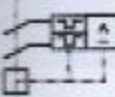



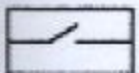
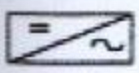
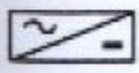
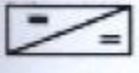


I.E.S. Virgen de la Encina (Ponferrada - León)

Anexo III

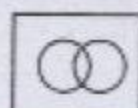
Simbología

III Simbología

Simbolo	Descripción
	Diodo
	Fusible
	Interruptor
	Varistor
	Magnetotérmico
	Interruptor diferencial
	Interruptor vigilante de tensión y de frecuencia
	Conexión a tierra
	Regulador
	Inversor CC/CA
	Rectificador CA/CC
	Convertidor CC/CC

Símbolo

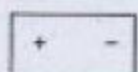
Descripción



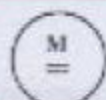
Transformador



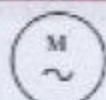
Módulos fotovoltaicos



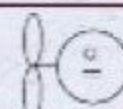
Batería



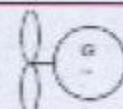
Motor corriente continua



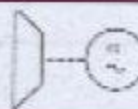
Motor corriente alterna



Aerogenerador CC



Aerogenerador CA



Grupo electrógeno



Contador de energía entrada – salida (Importador – Exportador)



Contador de energía entrada (Carga Particular)



Línea monofásica



Línea trifásica



I.E.S. Valle del Tietar (Arenas de San Pedro - Ávila)

Anexo

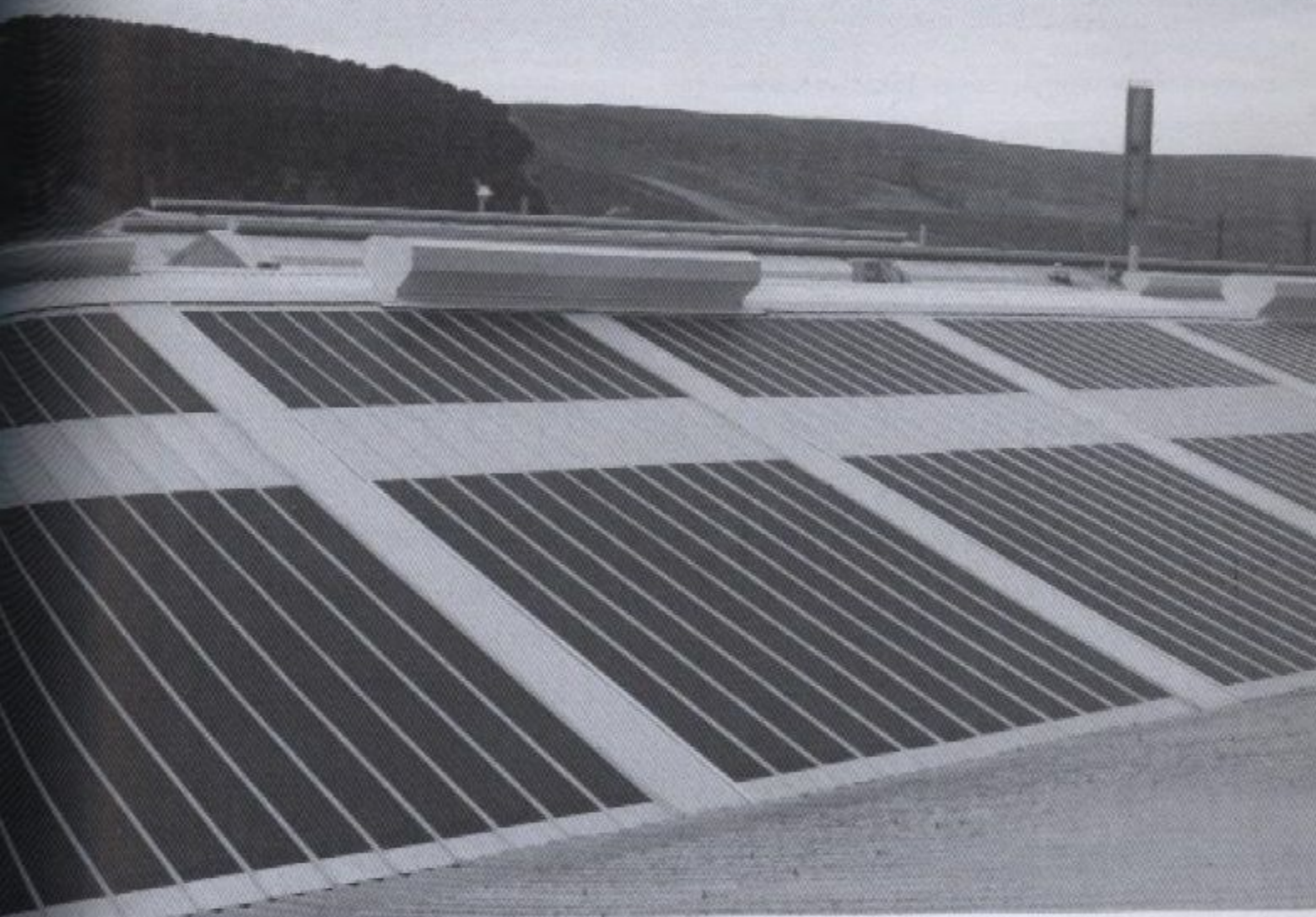
IV

Bibliografía

IV Bibliografía

- **CENSOLAR** (Centro de estudios de la energía solar). "Instalaciones de Energía Solar. Sistemas de Conversión Eléctrica".
- **CENTRO DE ESTUDIOS DE LA ENERGÍA**. "El sol, un viejo conocido". Ministerio de Industria y Energía.
- **EREN** (Ente Regional de la Energía de Castilla y León). Plan Solar de Castilla y León. Convocatoria 2004.
- **IDAE** (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía). "Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red". Octubre 2002.
- **IDAE** (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía). "Pliego de condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red". Octubre 2002.
- **IDAE** (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía). "Manuales de Energías Renovables. Energía Solar Fotovoltaica". Octubre 1992.
- **IDAE** (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía). "Manuales de Energías Renovables. Energía Eólica". Octubre 1992.
- **OLMOS MARTÍN, ELENA**. "Integración Arquitectónica de Captadores de Baja Temperatura en la Envolvente de los Edificios". Proyecto fin de carrera. Valladolid, 2001.
- **LIBRO VERDE**. "Hacia una estrategia europea de seguridad del abastecimiento energético". Oficina de publicaciones de las comunidades europeas. Luxemburgo, 2001.
- **GREENPEACE**. "Cómo disponer de energía solar fotovoltaica en edificios conectados a la red eléctrica". 1999.
- "Guía de las energías renovables aplicadas a las Pymes". CEPYME ARAGÓN.
- "Building – Integrated Photovoltaic Desings for Commercial and Institutional Structures". Patricia Eiffert, Ph. D. Gregory J. Kiss.

- **"Optimal Building – Integrated Photovoltaic Applications"**. Gregory J. Kiss, Jennifer Kinkcad.
- **"Energía Solar Fotovoltaica"**. Boixareau Editores (Marcombo).
- **"Energía Solar Fotovoltaica en la Comunidad de Madrid"**. Cámara de Comercio de Madrid. (ASIF).
- **"Las nuevas energías"**. Iberdrola.
- **"Sistemas de Energía Fotovoltaica"**. ASIF. 2002.
- **"Instalaciones Solares Fotovoltaicas"**. E. Alcor.
- **"Manual del usuario de instalaciones fotovoltaicas"**. Colectivo.
- **"Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica"**, Alcor Cabrerizo, E. "Serie monográfica: Energía solar y ahorro energético".
- **"Manual de Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica"**, Lorenzo E; Kreizinger, A.
- **Solar Electricity**, Roberts, S., Prentice Hall International. Hertfordside (Gran Bretaña), 1991.
- **Curso sobre fundamentos, dimensionado y aplicaciones de la Energía Solar Fotovoltaica**, CIEMAT, Madrid, 1991.
- **Photovoltaic Technologies. The State of the Art**. Gillet, G.B.; Munto, D.K.; Kant, W., Seminario y Salón de las Energías Renovables, EURES, Sevilla, 1992.



Ubisa (Burgos)

Anexo

V

Direcciones

de interés

V Direcciones de interés

A.V.1. Junta de Castilla y León

- **CONSEJERÍA DE ECONOMÍA Y EMPLEO**

Jesús Rivero Meneses, 3 47014 Valladolid.

Tel.: 983 41 41 00. Fax: 983 41 13 95

- **CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE**

Rigoberto Cortejoso, 14 47071 Valladolid.

Tel.: 983 41 99 88. Fax: 983 41 99 66

- **DIRECCIÓN GENERAL DE ENERGÍA Y MINAS**

Avda. Reyes Leoneses, 11 24008 León.

Tel.: 987 84 02 56. Fax: 987 84 93 90

- **ENTE PÚBLICO REGIONAL DE LA ENERGÍA**

DE CASTILLA Y LEÓN - EREN,

Edificio EREN, Avda. Reyes Leoneses, 11 24008 León.

Tel.: 987 84 93 93. Fax: 987 84 93 90

<http://www.jcyl.es/jcyl-client/jcyl/cee/eren>

Correo electrónico: eren@jcyl.es

A.V.2. Entidades Públicas, Centros de Investigación y Universidades

- COMISIÓN EUROPEA – Dirección General de Transportes y Energía (TREN).

Rue de la Loi, 200 B – 1049 Bruselas

Tel.: 32 2 299 11 11

http://europa.eu.int/comm/dgs/energy_transport/index_es

- FEDERACIÓN EUROPEA DE AGENCIAS REGIONALES DE ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE - FEDARENE.

Rue de Beau – Site, 11 B - 1000 Bruselas.

Tel.: 32 2 646 82 10. Fax: 32 2 646 89 75

<http://www.fedarene.org>

- MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Pasco de la Castellana, 160 28071 Madrid.

Tel.: 91 349 49 76/49 61/49 99/49 74. Fax: 91 457 80 66

<http://www.mcyt.es> Correo E.: info@mcyt.es

- INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO

DE LA ENERGÍA – IDAE

Madera, 8 28004 Madrid.

Tel.: 91 456 49 00. Fax: 91 555 13 89

<http://www.idae.es>

- CENTRO DE INVESTIGACIONES ENERGÉTICAS, MEDIOAMBIENTALES Y TECNOLÓGICAS - CIEMAT.

Avda. Complutense, 22 28040 Madrid.

Tel.: 91 346 60 95. Fax: 91 346 64 34

<http://www.ciemat.es>

- INSTITUTO DE CRÉDITO OFICIAL – ICO

Paseo del Prado, 4 28014 Madrid.

<http://www.ico.es>

• UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

Pza. de Santa Cruz, 8 47002 Valladolid

Tel.: 983 42 30 00. Fax: 983 54 65 21

<http://www.uva.es> Correo E.: webmaster@uva.es

• UNIVERSIDAD DE LEÓN

Avda. de la Facultad, 25 24071 León

Tel.: 987 29 16 07. Fax: 987 29 19 39

<http://www.unileon.es> Correo E.: webmaster@unileon.es

• UNIVERSIDAD DE BURGOS

Hospital del Rey, s/n 09001 Burgos

Tel.: 947 25 87 36. Fax: 947 25 87 44

<http://www.ubu.es>

• UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

Patio de Escuelas, s/n 37008 Salamanca

Tel.: 923 29 44 00. Fax: 923 29 44 94

<http://www.usal.es>

• CENTRO DE ESTUDIOS DE ENERGÍA SOLAR – CENSOLAR

Parque Industrial PISA – Edificio CENSOLAR

Comercio, 12 41927 Mairena de Aljarafe (Sevilla).

Tel.: 954 18 62 00. Fax: 954 18 61 11

<http://www.censolar.es> Correo E.: central@censolar.org

• CONSEJO RECTOR DE CENTROS TECNOLÓGICOS DE CASTILLA Y LEÓN

(AGENCIA DE DESARROLLO ECONÓMICO) JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN

Duque de la Victoria, 23 47001 Valladolid

Tel.: 983 41 14 20. Fax: 983 41 49 70

A.V.3. Otras direcciones de interés

- PORTALENERGÍA

<http://www.portaenergia.com>

- PORTALSOLAR

<http://www.portalsolar.com>

- REVISTA DE ENERGÍAS RENOVABLES

<http://www.energiasrenovables-larevista.es>

- www.pvresources.com

- ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN

<http://www.kisscathcart.com>

**Relación de instaladores y fabricantes en Castilla y León
disponible en:**

<http://www.jcyl.es/jcyl-client/jcyl/cee/eren>



PLAN SOLAR DE CASTILLA Y LEÓN

Energía Solar Fotovoltaica

Manual del Instalador