

**Instalaciones solares fotovoltaicas.**

**IES “Fontexería”. Muros.**

**Curso 2022-2023.**



## INSTALACIONES DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICAS.

### ¿Que es la energía solar fotovoltaica?

Es la energía que se puede aprovechar a partir de la luz incidente del sol.

.- Otras formas de aprovechar la energía del sol (energías limpias).

En última instancia, casi todas las energías utilizadas hoy en día provienen del sol: ¿que energías son esas?, ¿cuales son las excepciones?

Energía solar fotovoltaica.

Energía térmica solar (colectores solares).

Energía eólica.

Energía hidráulica.

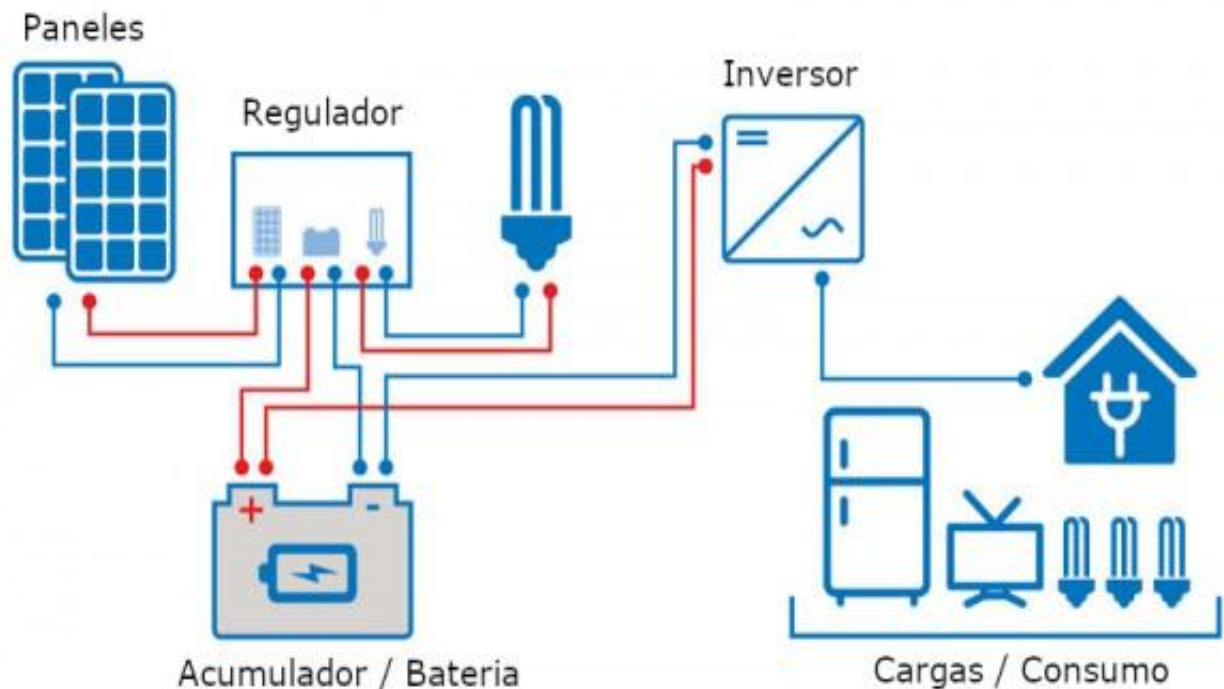
Energía facilitada por combustibles fósiles (carbón, gas natural, gas-oil en cogeneración (NOTA 1), etc)

La que no depende del sol es la nuclear de fisión, y la nuclear de fusión (en estudio). Tampoco depende del sol la geotérmica (por ejemplo, muy utilizada en Islandia).

.- Instalaciones aisladas de red.

Son las instalaciones solares que captan toda la energía que utiliza la vivienda (o local) directamente de la luz del sol (ver NOTA 2), sin utilizar la energía de la red de distribución convencional. Las tomaremos de referencia para introducirnos en el tema en profundidad y luego pasaremos a otras configuraciones.

El esquema general de estas instalaciones es el siguiente:



A lo largo de los siguientes capítulos se profundizará en los distintos elementos que componen el esquema anterior.

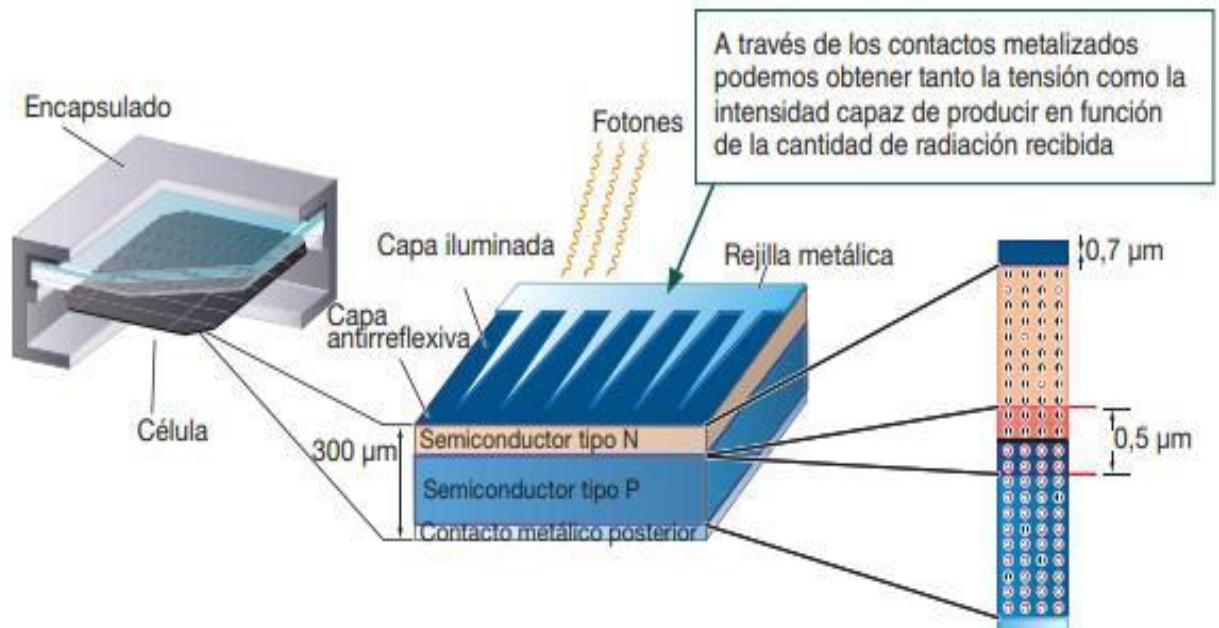
NOTA 1: Cogeneración es la utilización del calor generado para realizar procesos útiles cuando se produce electricidad en algunas factorías industriales. Por ejemplo se utiliza mucho en instalaciones conserveras; en dichas instalaciones se utiliza mucho el vapor para esterilizar las conservas y de la producción de dicho vapor se extrae también electricidad que se puede utilizar en la propia planta o venderse al exterior.

## ¿Con que elementos se capta la energía solar fotovoltaica?

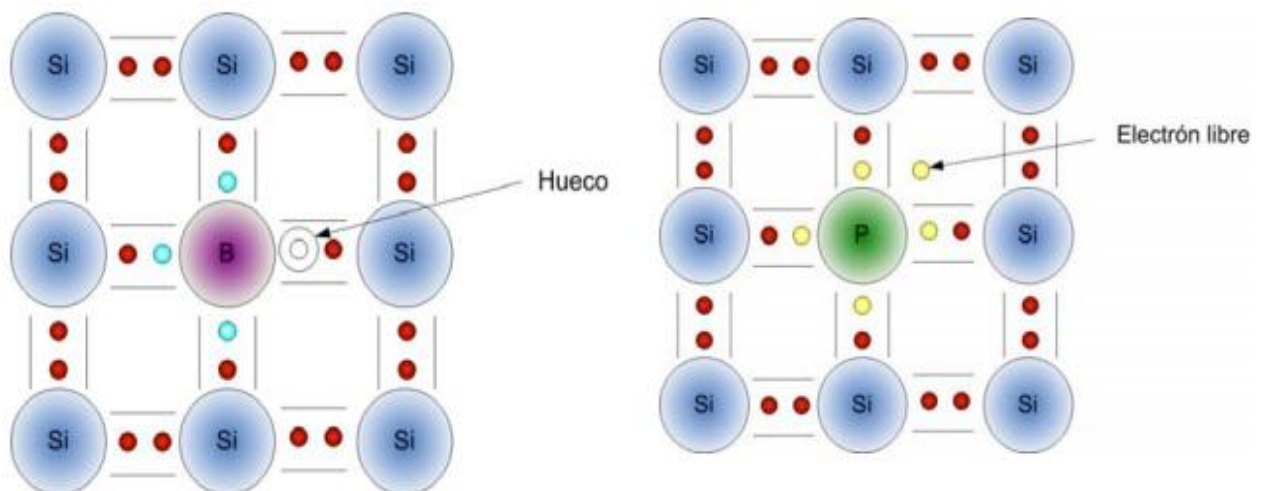
### - Elementos básicos (células).

El elemento principal de cualquier instalación de energía solar es el generador, que en este caso recibe el nombre de célula solar. Se caracteriza por convertir directamente en electricidad los fotones que provienen de la luz del sol.

Una célula solar se comporta como un diodo: la parte expuesta a la radiación solar es la N, y la parte situada en la zona de oscuridad, la P. Los terminales de conexión de la célula se hallan sobre cada una de estas partes del diodo: la cara correspondiente a la zona P se encuentra metalizada por completo (no recibe la luz), mientras que en la zona N el metalizado tiene forma de peine, a fin de que la radiación solar llegue al semiconductor.



El material más utilizado en la fabricación de células solares es el silicio (4 electrones de valencia) dopado con fósforo (5 electrones de valencia (tipo N, exceso de electrones)), y el silicio dopado con boro (3 electrones de valencia (tipo P, exceso de huecos)).



Recordemos también que un **átomo neutro** tiene tantos protones como electrones.

Para crear un campo eléctrico en este tipo de materiales se unen las dos regiones de silicio tratadas químicamente (dopadas), llamada unión P-N.

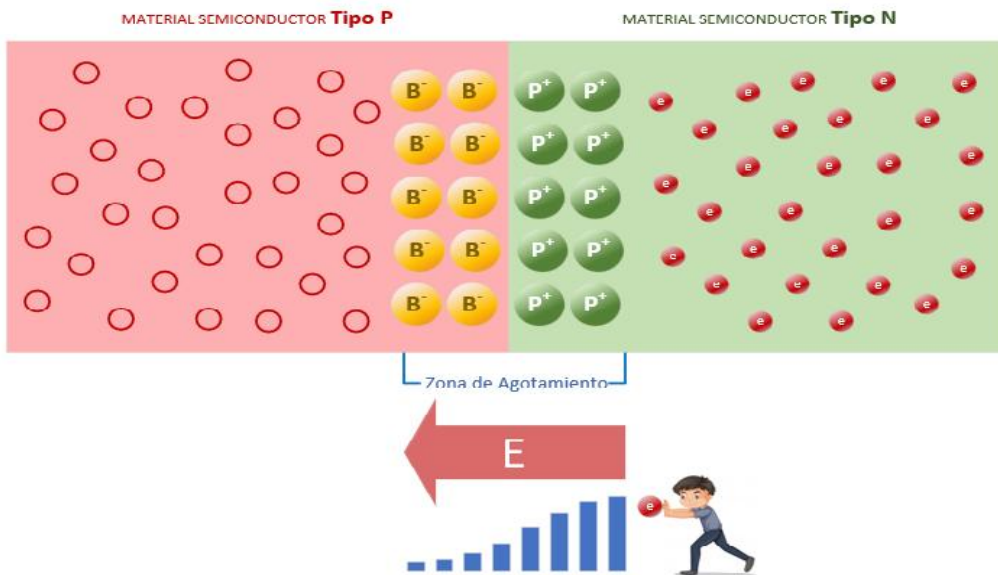
Al unir ambos cristales, se manifiesta una difusión de [electrones](#) del cristal, los electrones saltan a los huecos más próximos.

Al establecerse estas corrientes aparecen cargas fijas en una zona a ambos lados de la unión, llamada **barrera interna de potencial**.

A medida que progresa el proceso de difusión, la zona de carga espacial va incrementando su anchura profundizando en los cristales a ambos lados de la unión. Sin embargo, la acumulación de **iones positivos** en la zona n y de **iones negativos** en la zona p, crea un campo eléctrico (E) que actuará sobre los electrones libres de la zona n con una determinada **fuerza de desplazamiento**, que se opondrá a la corriente de electrones y terminará deteniéndolos. Es decir los electrones que saltan al boro producen iones negativos mientras que los electrones que saltan del fósforo producen iones positivos.

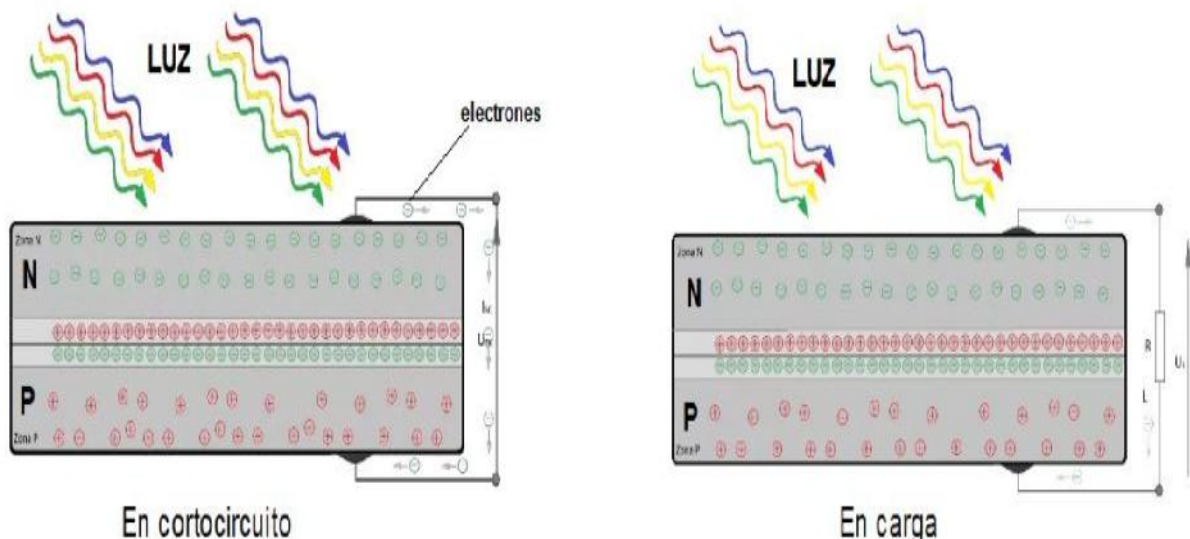
Este campo eléctrico es equivalente a decir que aparece una diferencia de tensión entre las zonas p y n. Esta diferencia de potencial ( $V_0$ ) es de 0,7 V en el caso del [silicio](#) y 0,3 V si los cristales son de [germanio](#).

La anchura de la zona de carga espacial una vez alcanzado el equilibrio, suele ser del orden de 0,5 [micras](#) pero cuando uno de los cristales está mucho más dopado que el otro, la zona de carga espacial es mucho mayor.



El campo eléctrico que se indica va de más a menos, es decir, se aplica el sentido convencional.

La luz al incidir sobre la capa N excita los electrones y produce una corriente eléctrica.





## - Paneles.

Un panel o módulo FV está típicamente formado por la interconexión, principalmente en serie, (aunque también en paralelo) de células FV. Aunque existen muchas variantes, un módulo estándar de Si cristalino podría ser el indicado en la siguientes figura, con 36 células conectadas en serie. ¿Qué tensión se obtendrá en bornes del panel? Evidentemente, en este caso  $V_{\text{panel}} = 36 \cdot V_{\text{célula}}$ .

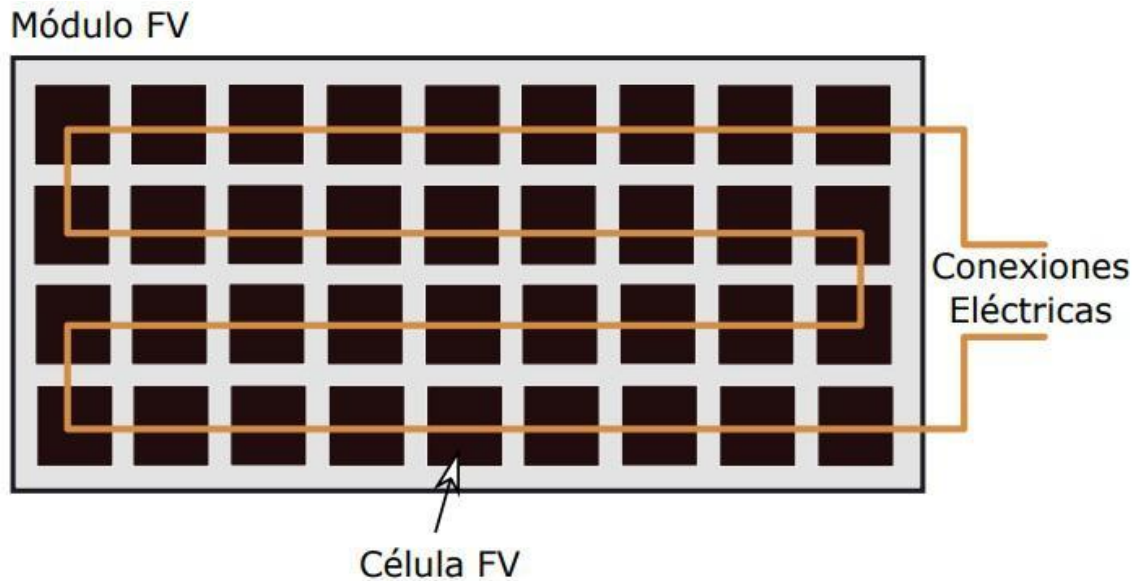
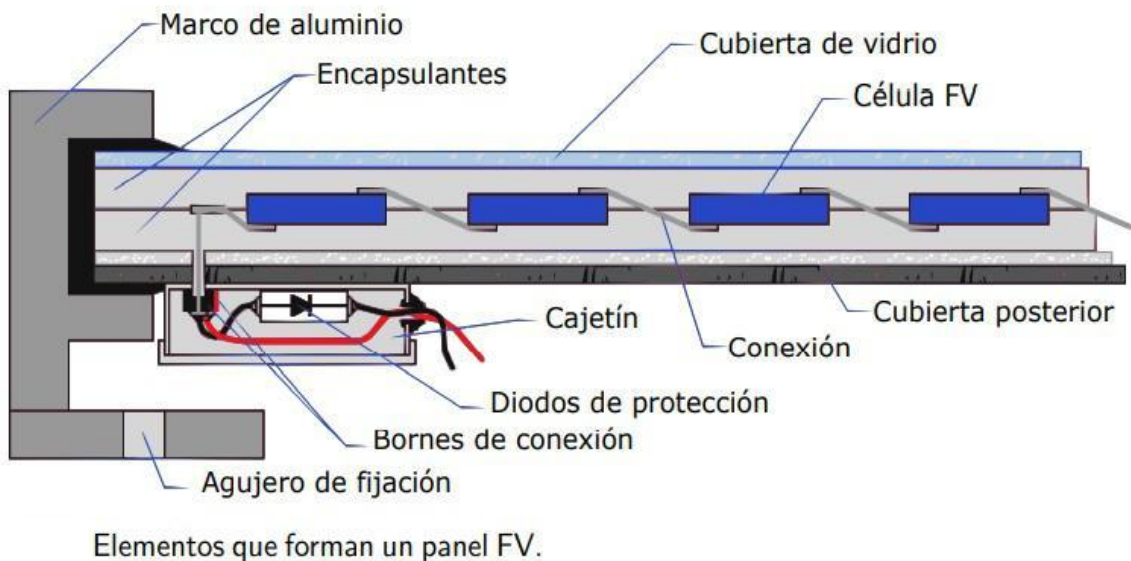


Figura 69. Ejemplo de módulo FV con células conectadas en serie.



¿Qué **parámetros** definen las curvas características de un panel y serán clave a la hora de dimensionar una instalación FV?

-. Potencia Máxima P<sub>MAX</sub>: Es la máxima potencia eléctrica que puede entregar un panel bajo las condiciones estándar de medida. Es el valor que se suele tomar como referencia a la hora de referirse a un modelo determinado (p.ej. HIT N240). Se suele expresar en vatios "pico" (Wp), más adelante veremos lo del "pico".

¿Como transforma el panel la potencia incidente proveniente del sol en potencia eléctrica?

La posición del sol varía durante el día y durante las estaciones, por lo tanto también varía el ángulo con el cual los rayos solares entran en contacto con una superficie como las de los paneles solares.

La energía recibida dependen **de la orientación y de la inclinación de los módulos fotovoltaicos**. Una superficie horizontal recibe la mayor cantidad de energía en verano, cuando la posición del sol es alta y los días son más largos, mientras que una superficie vertical expuesta al sur recibe más aportes en invierno que en verano, aproximadamente 1,5 veces más con respecto a una horizontal.

Se debe buscar siempre una inclinación **similar a la de la latitud** del lugar (30-35° por ejemplo) y **lo más orientada al Sur**.

Si se suma toda la radiación global que incide sobre una superficie en un lugar determinado en un periodo de tiempo definido (hora, día, mes, año) se obtiene la energía en kWh/m<sup>2</sup> (o en MJ/m<sup>2</sup>). Este valor es diferente según la región a la que hagamos referencia.

Para poder efectuar el diseño de una instalación fotovoltaica se necesita saber la radiación del lugar. Para ello se ha de disponer de las tablas de radiación solar actualizadas de nuestro emplazamiento.

Las magnitudes empleadas para ello son las siguientes:

- Irradiancia: Es la magnitud que describe la radiación o intensidad de iluminación solar que llega hasta nosotros medida como una potencia instantánea por unidad de superficie, W/m<sup>2</sup> o unidades equivalentes.

- **Irradiación**: Es la cantidad de irradiancia recibida en un lapso de tiempo determinado, es decir, la potencia recibida por unidad de tiempo y por unidad de superficie (es decir, la energía por unidad de superficie). Se suele medir en Wh/m<sup>2</sup> o, en caso de un día, en Wh/(m<sup>2</sup>·día) o unidades equivalentes.

### Horas de sol pico (H.S.P).

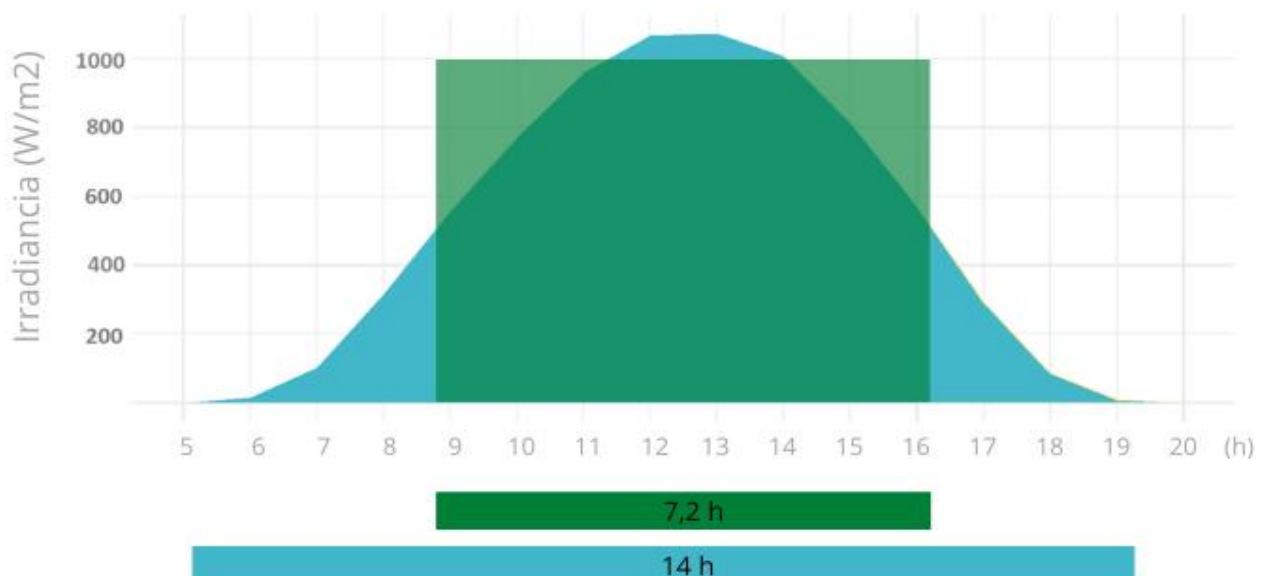
Las “**horas de sol pico**” pueden definirse cómo el número de horas al día con una hipotética irradiancia de 1.000 W/m<sup>2</sup> que en conjunto suman la misma irradiación total que la real de ese día para dicha superficie de 1 m<sup>2</sup>.

Dicho en otras palabras, es un modo de contabilizar la energía recibida del sol agrupándola en paquetes, siendo cada “paquete” de 1 hora recibiendo 1000 watts/m<sup>2</sup> (es decir, es equivalente a una media de toda la radiación que cae sobre la superficie de 1 m<sup>2</sup>).

Hay que tener en cuenta que la potencia máxima no será la que un panel genere en todo momento, ya que la irradiancia de 1000W/m<sup>2</sup> sólo se dará en condiciones óptimas (climatológicas y de inclinación del panel, por ejemplo).



## Horas de sol pico (HSP)



Para calcular entonces el valor de HPS se debe dividir el valor de la irradiación incidente entre el **valor de la potencia de irradiancia en condiciones estándar de medida (STC)** (que es de 1000 vatios/m<sup>2</sup>), pues es en esas condiciones donde se cumplen las características eléctricas de los módulos fotovoltaicos.

Por ejemplo, si tenemos una irradiación de 3.800 Wh/m<sup>2</sup>, para pasarla a HSP, se divide entre 1.000W/m<sup>2</sup>, con lo que obtenemos 3.8 Horas Pico Solar.

Entonces, visto lo anterior; ¿cuanto producirá un panel fotovoltaico con una potencia pico de 240 W?

El panel produce 240 vatios cada vez que inciden sobre el 1000 W de luz solar.

Toda la luz solar que logra alcanzar la superficie del panel solar, tendría que llegar a una potencia de 1.000 vatios por metro cuadrado y el panel tendría que estar a 25°C de temperatura, solo en estas condiciones (**son las condiciones en las que se prueban los paneles en el laboratorio**) se obtendrá la potencia máxima que generará nuestro panel; es decir, la potencia pico.

Según la horas pico del lugar (por ejemplo 3,5 HPS/día) la **energía** que podrá producir dicho panel en un día será de 240 W \* 3,5h = 840 Wh/día (sería como la media del día).

- Tensión en circuito abierto VOC. Máxima tensión que puede entregar el panel. Es por lo tanto una buena referencia para realizar los cálculos de dimensionamiento (por ejemplo a la hora de calcular la tensión asociada a una cadena de paneles y ver si supera el umbral del inversor asociado).

- Corriente de corto-circuito ISC. Máxima corriente que puede entregar el panel. Es por lo tanto una buena referencia para realizar los cálculos de dimensionamiento (por ejemplo a la hora de calcular la corriente que llegará al inversor y verificar si está dentro del rango permitido).

¿Según la siguiente tabla para el municipio de Muros, cuanta energía producirá al día un panel con las siguientes características **455W JA Solar Mono PERC** (203 euros) ?

Consultamos la aplicación "PVGIS tool". Seleccionamos español y buscamos "Muros".

Según la tabla indicada la energía media diaria de incidencia es de 4,72 kWh/día.

Las horas de pico solar para la energía anterior son 4,72 kWh/día / 1000 W = 4,72 h/día.

Por lo tanto la producción por día medio si tenemos en cuenta todo el año será de: 455W · 4,72 h/día = 2147,6 Wh.

**Ojo. Esto es cierto, pero hay que tener en cuenta que la producción mensual varía bastante en según que meses, y para lograr una aplicación correcta hay que tener en cuenta otras cuestiones.**

# Rendimiento de un sistema FV conectado a red

PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar:

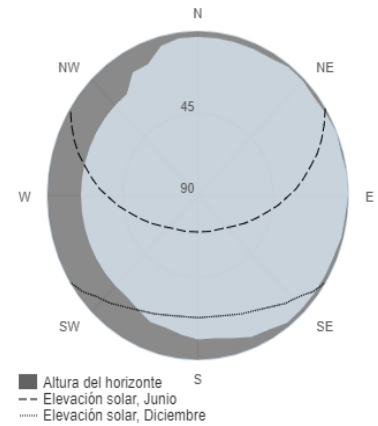
## Datos proporcionados:

Latitud/Longitud: 42.775,-9.063  
 Horizonte: Calculado  
 Base de datos: PVGIS-SARAH2  
 Tecnología FV: Silicio cristalino  
 FV instalado: 400 kWp  
 Pérdidas sistema: 10 %

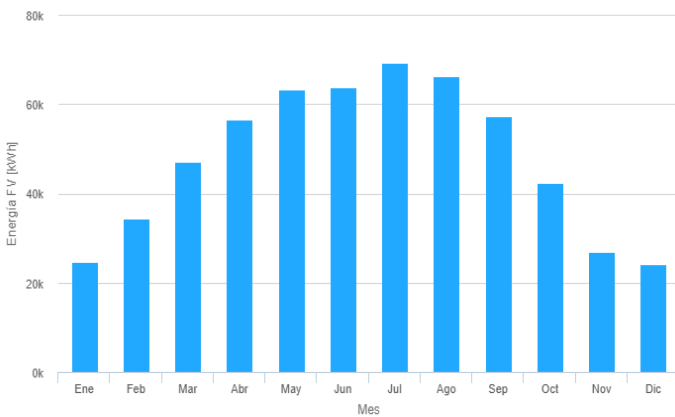
## Resultados de la simulación

Ángulo de inclinación: 33 (opt) °  
 Ángulo de azimut: -11 (opt) °  
 Producción anual FV: 576562.08 kWh  
 Irradiación anual: 1660.98 kWh/m<sup>2</sup>  
 Variación interanual: 18905.79 kWh  
 Cambios en la producción debido a:  
 Ángulo de incidencia: -2.62 %  
 Efectos espectrales: 1.08 %  
 Temperatura y baja irradiancia: -2.04 %  
 Pérdidas totales: -13.22 %

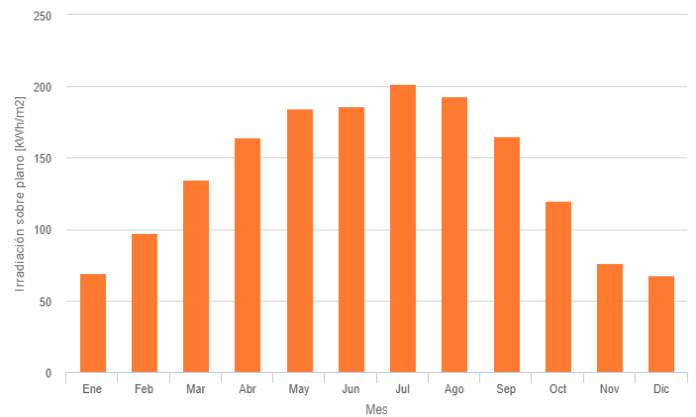
## Perfil del horizonte en la localización seleccionada



## Producción de energía mensual del sistema FV fijo:



## Irradiación mensual sobre plano fijo:



## Energía FV y radiación solar mensual

Mes	E_m	H(i)_m	SD_m
Enero	24740.3	69.7	5282.3
Febrero	34420.3	97.6	6563.9
Marzo	47088.4	134.6	8703.3
Abril	56677.3	164.6	5809.5
Mayo	63342.7	184.8	6721.9
Junio	63815.8	186.0	4586.9
Julio	69255.0	201.6	4774.1
Agosto	66413.5	193.3	6352.0
Septiembre	57314.4	164.8	4164.7
Octubre	42254.0	119.7	7873.7
Noviembre	27004.2	76.3	6043.7
Diciembre	24236.5	68.1	3640.1

E\_m: Producción eléctrica media mensual del sistema definido [kWh].

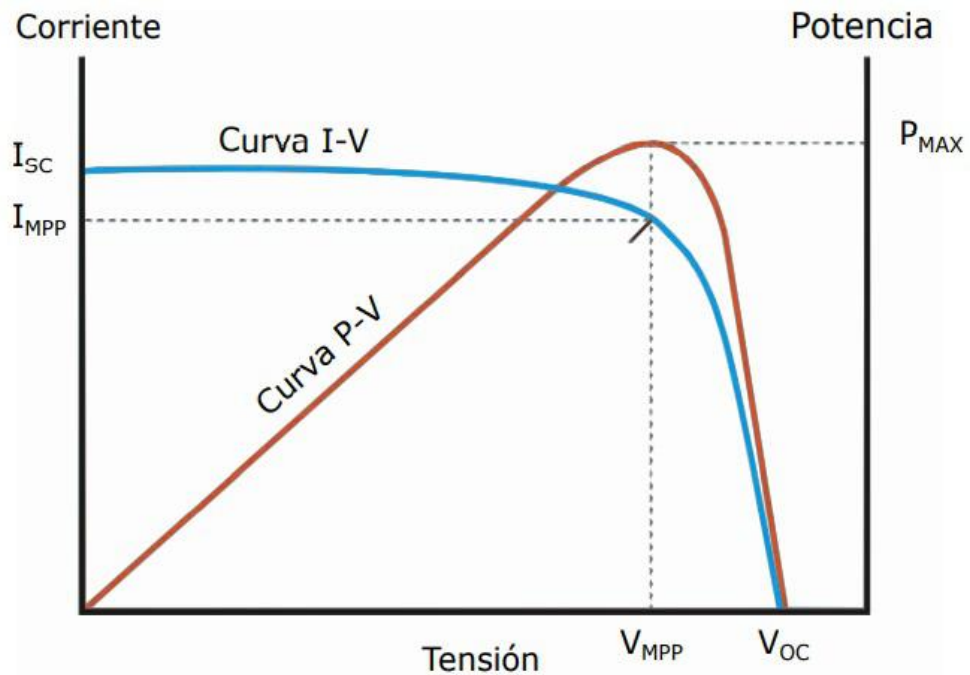
H(i)\_m: Suma media mensual de la irradiación global recibida por metro cuadrado por los módulos del sistema dado [kWh/m²].

SD\_m: Desviación estándar de la producción eléctrica mensual debida a la variación interanual [kWh].



## Curvas I-V y P-V características de una célula FV.

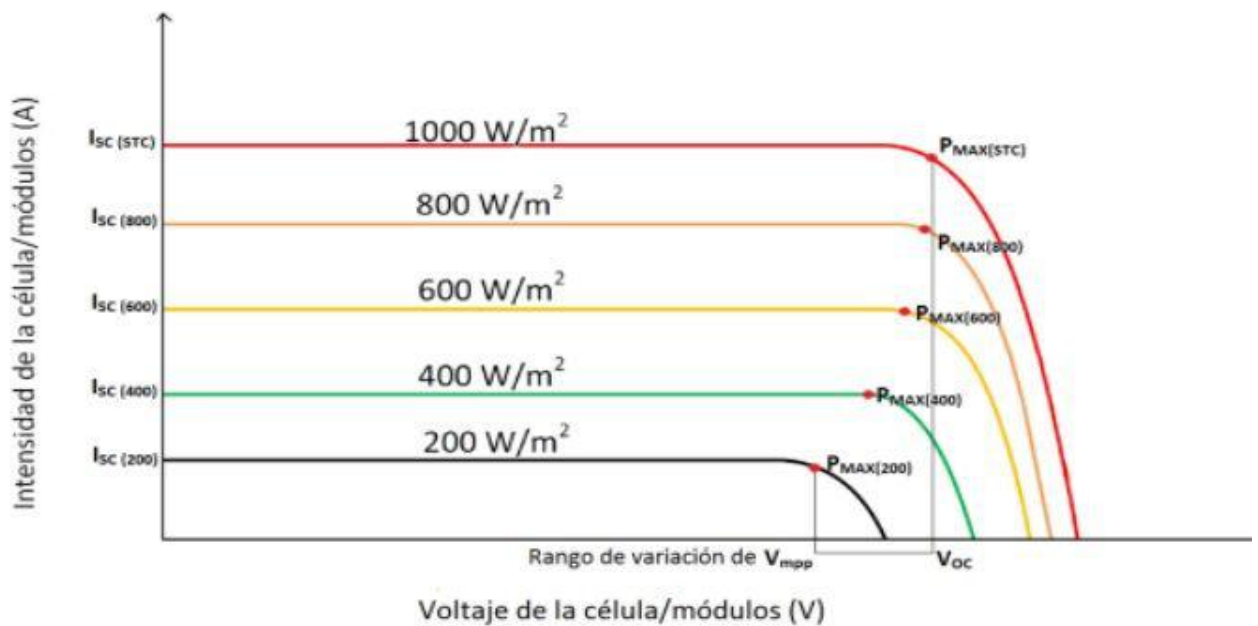
En la curva característica de una célula o un panel fotovoltaico, para una irradiancia y una temperatura dada, normalmente  $1.000 \text{ W/m}^2$  y  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ .



Punto de máxima potencia. Punto donde el valor de  $V \cdot I$  es máximo.

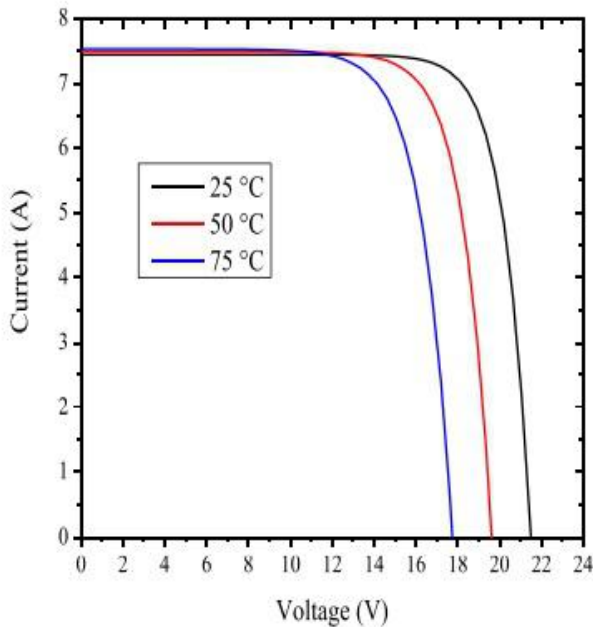
Esta curva es para una irradiancia determinada, pero para cada irradiancia y temperatura se tendrá una curva diferente.

En la siguiente imagen se ven las diferentes curvas en función de la irradiancia recibida por un panel solar.

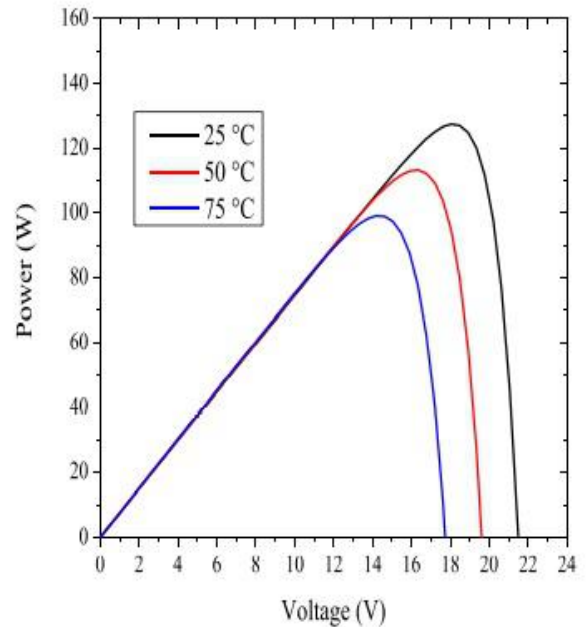


## ¿Qué ocurrirá con la respuesta I-V si lo que cambia es la temperatura?

Ya se ha mencionado anteriormente que el fabricante debe especificar los coeficientes de temperatura, ya que estos jugarán un papel importante en el correcto dimensionamiento de una instalación. En este caso, las variaciones de temperatura no afectarán prácticamente a la corriente, que permanecerá más o menos constante, **mientras que la tensión si variará de manera significativa** dependiendo de la tecnología. En paneles de Si cristalino estas variaciones son importantes y hay que considerarlas en los cálculos de dimensionamiento. Como puede apreciarse en la siguiente figura, temperaturas mayores implican menores tensiones de salida (y potencias) **y viceversa**. Este comportamiento implica que en emplazamientos en los que en determinadas estaciones del año se puedan alcanzar **temperaturas relativamente bajas**, habrá que tener este factor en cuenta, ya que la tensión de salida de cada panel aumentará x voltios, y en una cadena con N paneles el aumento será de x·N voltios.



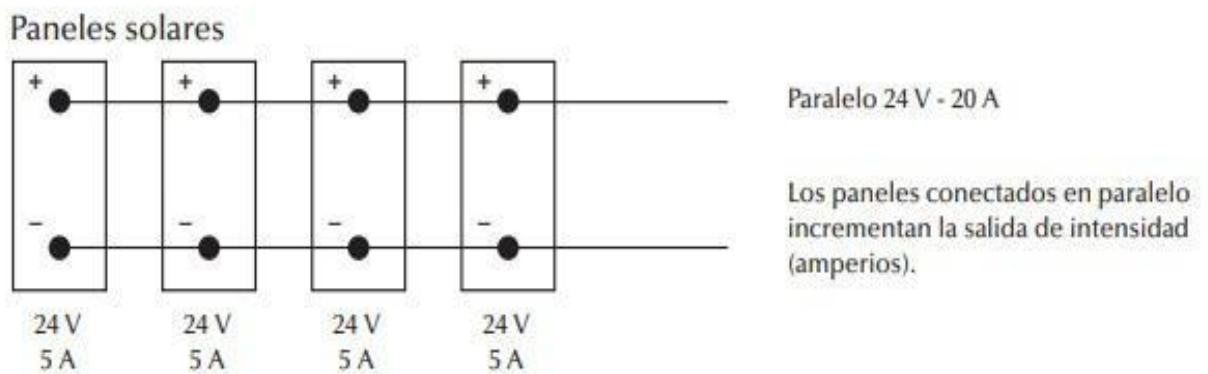
(c) I-V characteristics of the module at different temperature values



(d) P-V characteristics of the module at different temperature values

## - Configuración de paneles.

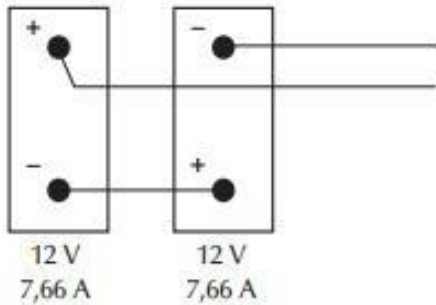
Cuando los paneles se conectan uniendo los terminales + de todos ellos, por un lado, y los terminales - por otro, se dice que están conectados en **paralelo**. Se muestra un ejemplo de este tipo de conexión en la siguiente figura.



Conexión de paneles en paralelo

Determinado número de paneles solares están conectados en **serie** (en este caso se llaman "strings") cuando la conexión se realiza como se muestra en la siguiente figura, es decir, el terminal + de uno con el terminal - del siguiente, quedando libres el terminal - del de un extremo y el + del otro,

### Paneles solares

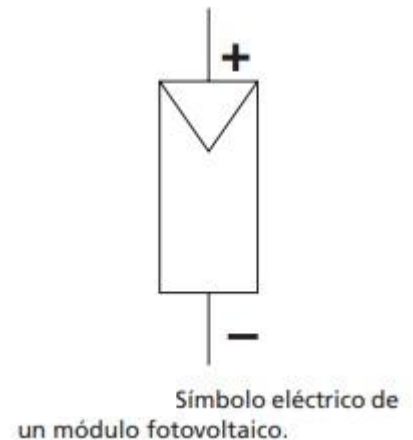
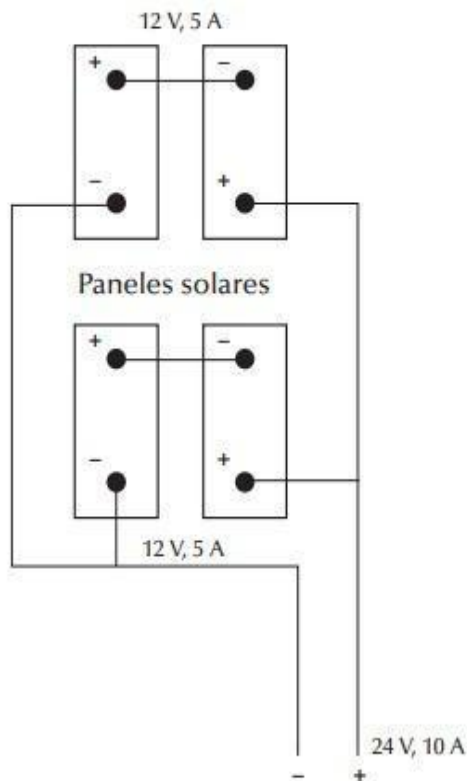


Serie 24 V – 7,66 A

Los paneles conectados en serie incrementan la salida de voltaje (voltios)

### Conexión de paneles en serie

En este último caso, se trata de una configuración donde pueden encontrarse ramas con paneles conectados en serie y, a su vez, estas ramas conectadas en paralelo entre sí. Se usa el conexionado mixto cuando necesitan conseguirse unas corrientes y tensiones de salida muy determinadas y, entonces, se juega con las opciones que dan los conexionados serie y paralelo.



### Conexión de paneles mixto

### - Cuestiones a tener en cuenta. Diodos de paso y de bloqueo.

¿Qué es el problema de los **puntos calientes**?

El problema de los puntos calientes puede ocasionar la rotura y mal funcionamiento de prácticamente todo un panel, y se origina por la oclusión total o parcial de una célula (o de un pequeño conjunto de células) de un módulo (p.ej. por suciedad puntual causada por pájaros, hojas, etc.). Se trata de un problema importante y que además ayuda a comprender el funcionamiento de un panel, así que vamos a analizarlo en detalle. Vamos a analizarlo con un ejemplo. Supongamos un panel convencional de 36 células dispuestas en serie. En condiciones de operación normales (hay radiación directa) las 36 células generan una corriente que es disipada en la carga R, que será la carga (por ejemplo una bombilla) conectada al módulo.

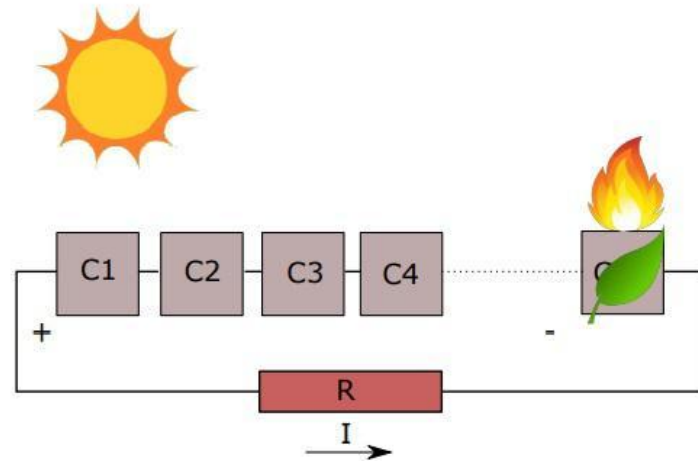
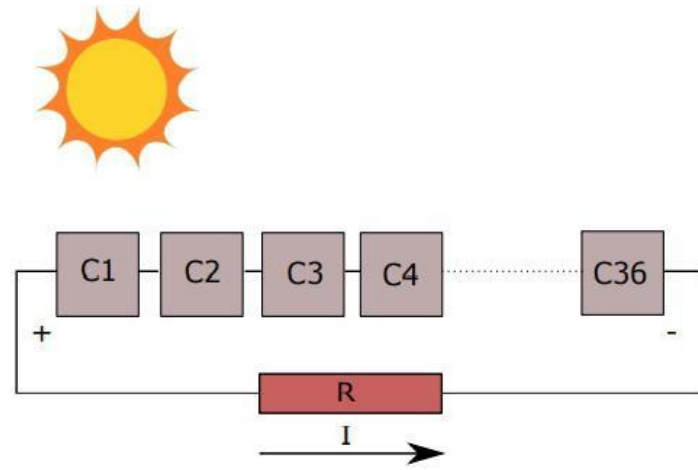


Ilustración del problema de los puntos calientes: Panel FV con 36 células en serie funcionando normalmente (superior); Panel FV con 36 células en serie con la última ocluida (*hot-spot*).

¿Qué ocurre si una de las células se tapa, por ejemplo por una hoja caída de un árbol?

Mientras que el resto de células genera corriente, la célula C36 dejaría de generar y actuaría como una carga. La tensión generada por el resto de células caerá de manera inversa en la C36 (específicamente esto ocurriría con el módulo en cortocircuito, situación que suele darse por ejemplo en sistemas aislados con controladores de carga de baterías). La corriente generada por el resto de células circulará también por C36, convirtiéndose en calor disipado por la carga. Si la corriente es muy alta, la potencia disipada en C36 puede ser muy alta y la célula puede llegar a calentarse mucho, generando lo que se conoce como **punto caliente o hot-spot**. Los problemas derivados de esta situación pueden ser varios, como el deterioro del propio material de la célula FV, del material encapsulante o la rotura del vidrio del panel.



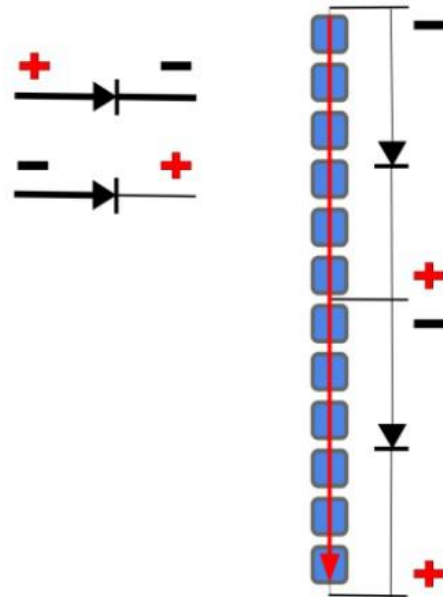
Ejemplos de efectos de los puntos calientes: rotura del vidrio del panel (izquierda) y deterioro del laminado FV v del contacto metálico (derecha).



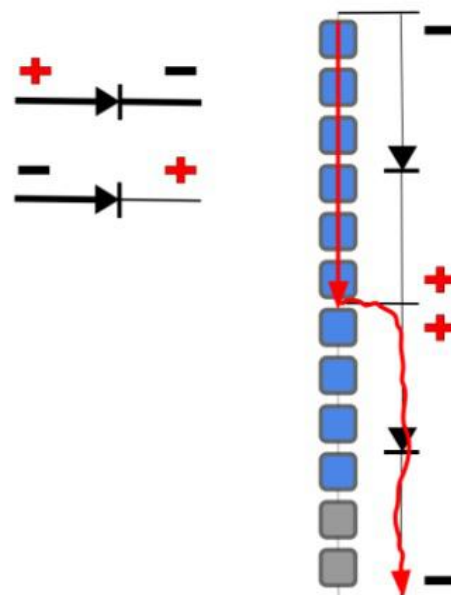
El efecto de la aparición de los puntos calientes como tal (una vez aparecidos), no suelen suponer una importante pérdida en la potencia entregada por el panel. Sin embargo, suelen implicar la necesidad de reposición de los paneles por el deterioro de los mismos. Para evitar esta situación los paneles incorporan los denominados **diodos de by-pass**. Estos diodos ofrecen un camino alternativo a la corriente en la célula sombreada, evitando así su calentamiento y posible deterioro, tal y como se muestra en la siguiente figura. Aunque lo ideal sería que cada célula incluyese su propio diodo de paso, en la práctica los paneles de Si cristalino incluyen un diodo por cada grupo de 16/18/20 células. Esto es así debido al proceso de fabricación de estos paneles.

El sombreado parcial/total de una o varias células si que puede implicar pérdidas importantes en la potencia generada por un módulo FV, al margen de su posible deterioro. Hay que pensar que, para una cadena de células en serie, la corriente que circulará por dicha cadena estará limitada por la célula sombreada, disminuyendo por tanto la potencia generada. Veámoslo en las siguientes figuras.

En condiciones normales sin sombras en el panel , se crea una tensión de negativo a positivo en el diodo de bypass y por lo tanto el diodo no conduce la corriente. Por tanto es como si no estuviera conectado.



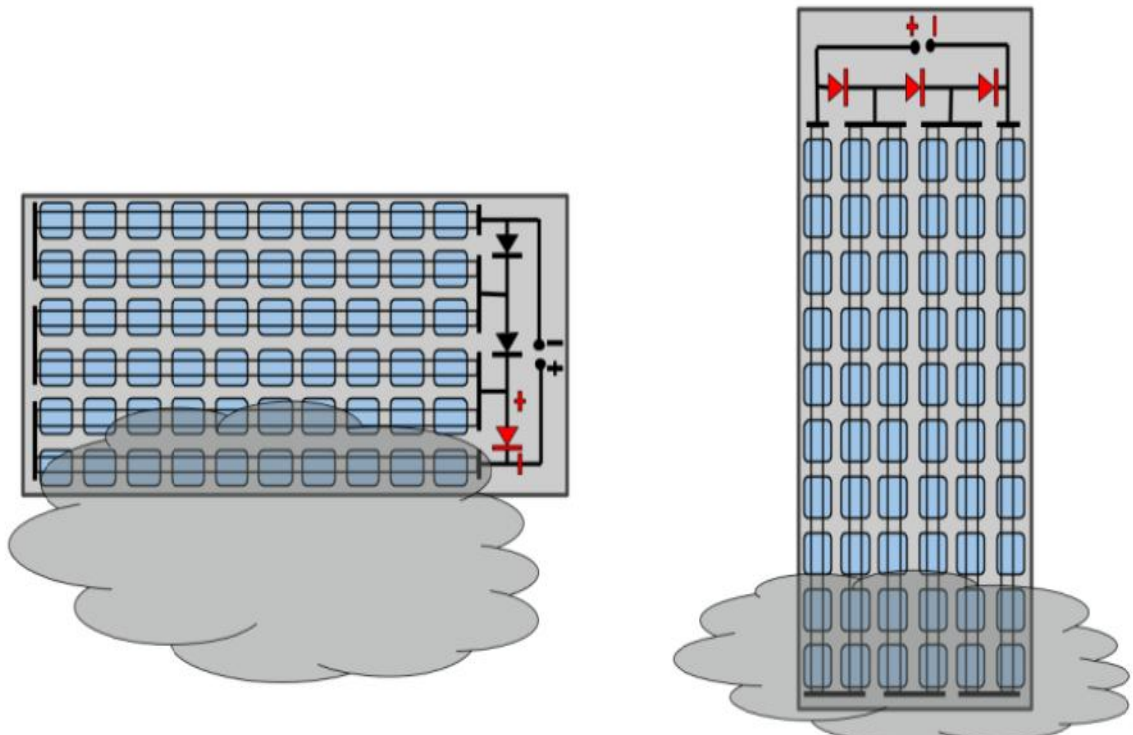
En el caso en que se produzca un sombreado parcial del módulo, parte de las células dejan de generar tensión y se comportan como una resistencia provocando una caída de tensión que invertirá la polaridad en el diodo (de más a menos), el diodo se abre y permite el paso de la corriente a través de él. **NOTA: Hay que recordar que en los generadores la corriente fluye de - a + en el sentido convencional.**



¿Cual de los dos terminales es el positivo y cual el negativo?

## ¿ En el caso de sombras entre módulos, cuál es la mejor orientación del módulo ?

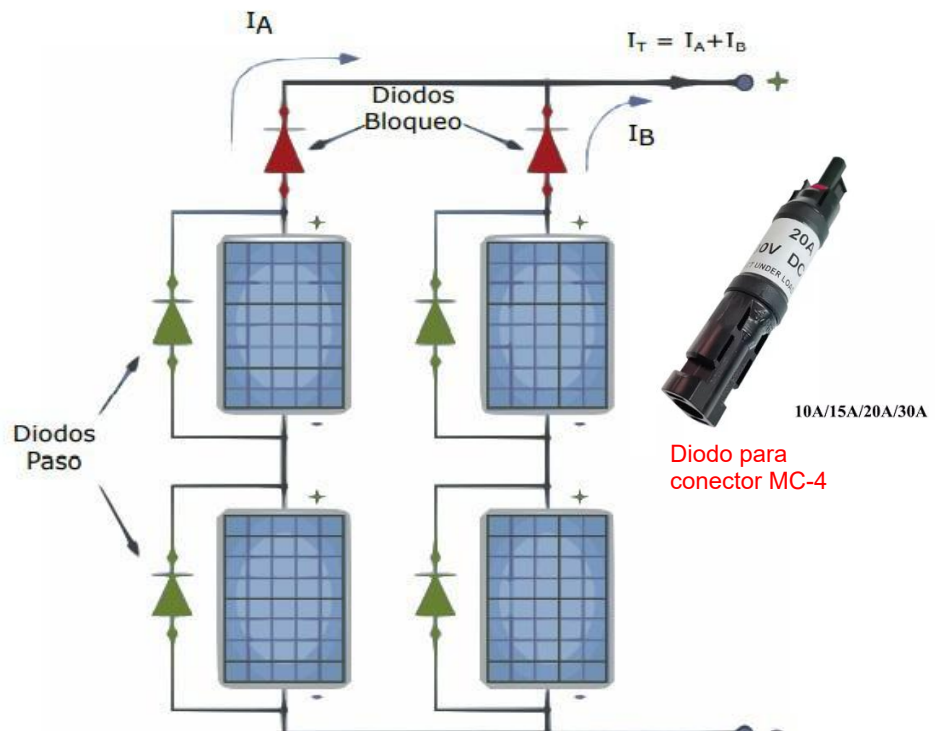
Dado que los diodos protegen líneas longitudinales en el caso de sombreado en el módulo en posición vertical todos los tramos presentarían células en sombra y por tanto todos los diodos abrirían derivando la corriente.



Si el módulo está en posición horizontal todas las células sombreadas están protegidas por el mismo diodo, con lo que 2/3 partes del módulo continuarán funcionando de manera correcta.

Por último, y aunque no estén directamente relacionados con el problema de los puntos calientes, vamos a hablar de los **diodos de bloqueo o blocking diodes**.

Al contrario que los diodos de paso, que se disponen en paralelo con las células FV en un panel, los diodos de bloqueo se instalan en serie, ya que su misión es evitar que la corriente generada por otra cadena de paneles en paralelo, o desde las baterías, puedan inyectarse en otra cadena (digámoslo así: la corriente siempre debe salir de los paneles hacia el exterior, y no al revés, ya que esto podría estropearlos). En la siguiente figura se muestra un ejemplo de instalación de estos diodos de bloqueo.



Los conectores MC-4 con diodo de bloqueo integrado de serie **MC4DI15** es un elemento indispensable para el **bloqueo de la corriente inversa** que pudieran ocurrir en la fotovoltaica en sistemas que se componen de varias cadenas de paneles conectados en paralelo.

**A-xxxM GS 108 HM7 10BB (ES)** (xxx = potencia nominal)

Características eléctricas	A-390M GS 108	A-395M GS 108	A-400M GS 108	A-405M GS 108	A-410M GS 108
Potencia Máxima (Pmax)	390 W	395 W	400 W	405 W	410 W
Tensión Máxima Potencia (Vmp)	30.60 V	30.80 V	31.05 V	31.25 V	31.45 V
Corriente Máxima Potencia (Imp)	12.76 A	12.83 A	12.90 A	12.97 A	13.04 A
Tensión de Circuito Abierto (Voc)	36.50 V	36.70 V	36.95 V	37.15 V	37.35 V
Corriente en Cortocircuito (Isc)	13.65 A	13.72 A	13.78 A	13.85 A	13.92 A
Eficiencia del Módulo (%)	19.97	20.23	20.48	20.74	21.00
Clasificación de Potencia (W)	0/+5				
Máxima Serie de Fusibles (A)	25				
Máxima Tensión del Sistema (IEC)	DC 1.500V				
Temperatura de Funcionamiento Normal de la Célula (°C)	45±2				

Características eléctricas medidas en Condiciones de Test Standard (STC), definidas como: Irradiación de 1000 w/m<sup>2</sup>, espectro AM 1.5 y temperatura de 25 °C.  
Tolerancias medida STC: ±3% (Pmp); ±2% (Voc, Vmp); ±4% (Isc, Imp).  
Best in Class AAA solar simulator (IEC 60904-9) used, power measurement uncertainty is within +/- 3%

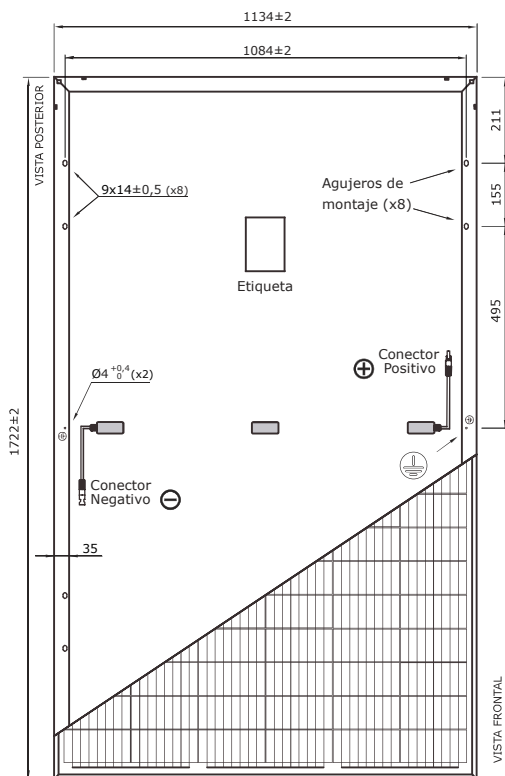
**Especificaciones mecánicas**

Dimensiones (± 2.0 mm.)	1722x1134x35 mm.
Peso (± 0.5 kg)	22.5 kg
Máx. carga estática, frontal (nieve y viento)	5400 Pa
Máx. carga estática, posterior (viento)	2400 Pa
Máx. impacto granizo (diámetro/velocidad)	25 mm / 23 m/s

**Materiales de construcción**

Cubierta frontal (material/tipo/espesor) (*)	Cristal templado/grado PV/3.2 mm
Células (cantidad/tipo/dimensiones)	108 células (6x18)/ Mono PERC 10BB/ 182 x 91 mm
Marco (material/color)	Aleación de aluminio anodizado/plata
Caja de conexiones (protección/nº diodos)	IP68/3 diodos
Cable (longitud/sección) / Connector	1.200 mm. (or customizad)/4 mm <sup>2</sup> /Compatible MC4

(\*) Con capa anti-reflectante

**Vista genérica construcción módulo**

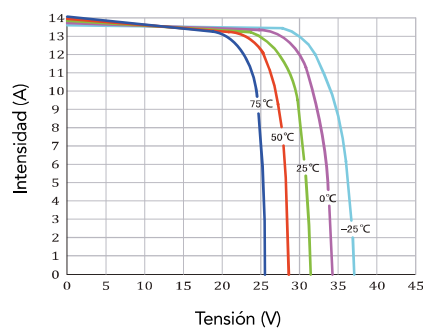
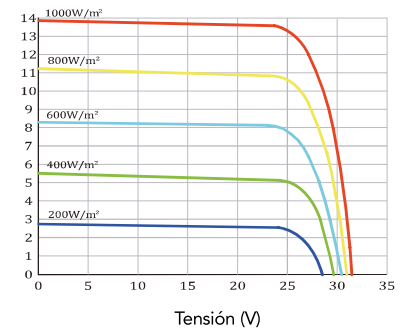
El dibujo no está a escala

**Características de temperatura**

Coef. Temp. de Isc (TK Isc)	0.048% /°C
Coef. Temp. de Voc (TK Voc)	-0.270% /°C
Coef. Temp. de Pmax (TK Pmax)	-0.350% /°C
Temperatura de Funcionamiento	-40 to +85 °C

**Embalaje**

Módulos/palé	31 pzas
Palés/contenedor 40´ HQ	26 palés
Módulos/contenedor 40´ HQ	806 pzas
Palés/contenedor 20´	12 palés
Módulos/contenedor 20´	372 pzas

**Temperatura Varía (A-410M GS 108)****Irradiación Varía (A-410M GS 108)**

NOTA: Los datos contenidos en esta documentación están sujetos a modificación sin previo aviso.

➔ [www.atera.com](http://www.atera.com) • [atera@elecnor.com](mailto:atera@elecnor.com)  
Madrid (España) +34 915 178 452 • Valencia (España) +34 961 038 430

Revisado: 25/11/2021  
Ref.: MU-M6M 6x18 M7 10BB GS (ES) -A  
© Atersa SL, 2016



# ESPSC

## Monocrystalline Solar Module

### SPECIFICATIONS

Dimensions	1979 x 1002 x 40mm
Weight	22.5 kg
Frame	Aluminium hollow-chamber frame on each side
Glass	Low-iron and tempered glass 3.2 mm
Cells	72 pcs Mono PERC (158.75 x 158.75 mm)
Cell Embedding	EVA
Back-Foil	FEVE / PET / FEVE
Junction Box	TÜV certified
Cable	4 mm <sup>2</sup> solar cable 2 x 900 mm or Customized Length
Temperature Range	-40°C ... +85°C
Load Capacity	5400 Pa (IEC 61215) 40mm

Application class	Class A
Electrical protection class	Class II
Fire safety class	Class C
Product warranty	10 years
Power Guarantee	10 years 90% 25 years 80%

Packaging Configuration  
(Two pallets = One stack)  
27pcs/pallet, 54pcs/stack,  
594pcs/40'HQ Container

### CHARACTERISTICS

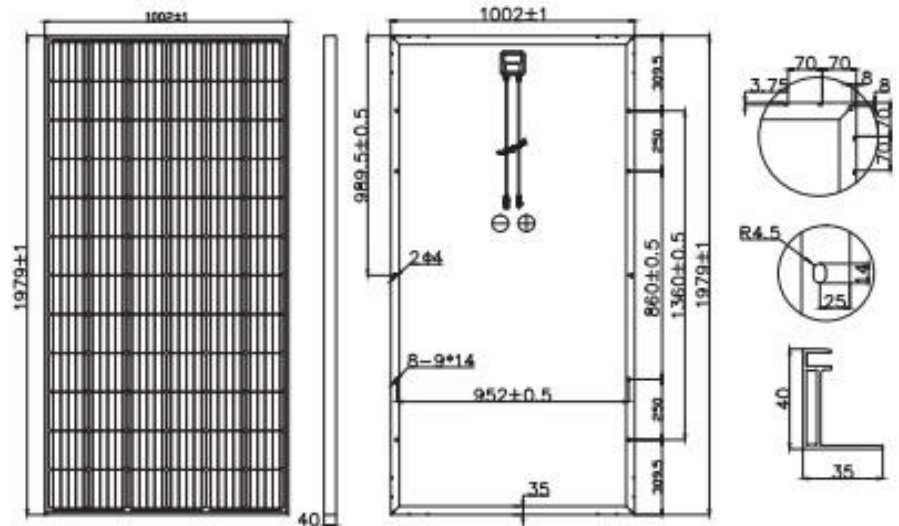
Max. System Voltage	1000V/DC
Temperature-Coefficient $I_{sc}$	+0.02973%/°K
Temperature-Coefficient $V_{oc}$	-0.38038%/°K
Temperature-Coefficient $P_{max}$	-0.57402%/°K
NOCT***	45°C

### CERTIFICATES

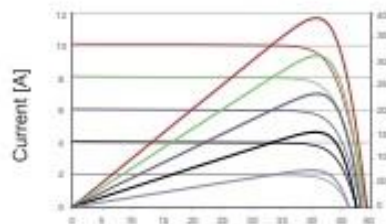
IEC 61215 edition 2 (TÜV Nord )  
(TÜV Rheinland )  
IEC 61730 MCS INMETRO  
CE CEC SALT-MIST  
UL1703 CSA  
PID Resistant

### INSURANCE

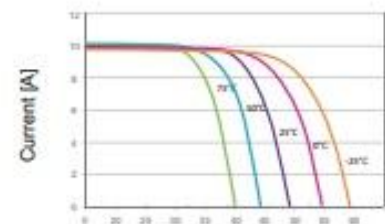
Chubb



### CURRENT-VOLTAGE CURVES



Module characteristics at constant module temperatures of 25°C and variable levels of irradiance



Module characteristics at variable module temperatures and constant module irradiance of 1.000 W/m²

ESPSC TYPE	380M	385M	390M	395M	400M
Power Class	380Wp	385Wp	390Wp	395Wp	400Wp
Max. Power Voltage ( $V_{mp}$ )* at STC**	40.5V	40.8V	41.1V	41.4V	41.7V
Max. Power Current ( $I_{mp}$ ) at STC	9.39A	9.44A	9.49A	9.55A	9.60A
Open Circuit Voltage ( $V_{oc}$ ) at STC	48.9V	49.1V	49.3V	49.5V	49.8V
Short Circuit Current ( $I_{sc}$ ) at STC	9.75A	9.92A	10.12A	10.23A	10.36A
Module Efficiency	19.16%	19.42%	19.67%	19.92%	20.17%

\* MPP: Maximum Power Point

\*\* STC (Standard Test Conditions): 1000W/m<sup>2</sup>, 25°C, AM 1.5

\*\*\* Normal Operating Cell Temperature





## Conectores para cables solares. Conectores MC-4.

El conector MC4 hembra **recibe ese nombre por la carcasa**, pero en realidad la lámina de conexionado es una conexión macho.

Para el conector macho ocurre lo mismo.



Para su conexionado se utilizan las siguientes herramientas.



Crimpadora para conector MC4.



Herramienta para desbloqueo de conectores MC4

## Tecnologías de módulos (Aclaraciones III).

### Células PERC.

La tecnología PERC (Passivated Emitter Rear Cell) aumenta la eficiencia de los paneles hasta un 17%-22%. Lo consigue al introducir una lámina adicional entre la capa intermedia y la capa inferior de las células. Esta nueva capa es reflectante, de modo que evita que los electrones de la luz infrarroja sean absorbidos por la capa inferior de aluminio. La capa PERC logra que estos electrones reboten hacia la capa superior, generando mayor cantidad de electricidad y, por tanto, una mayor potencia.

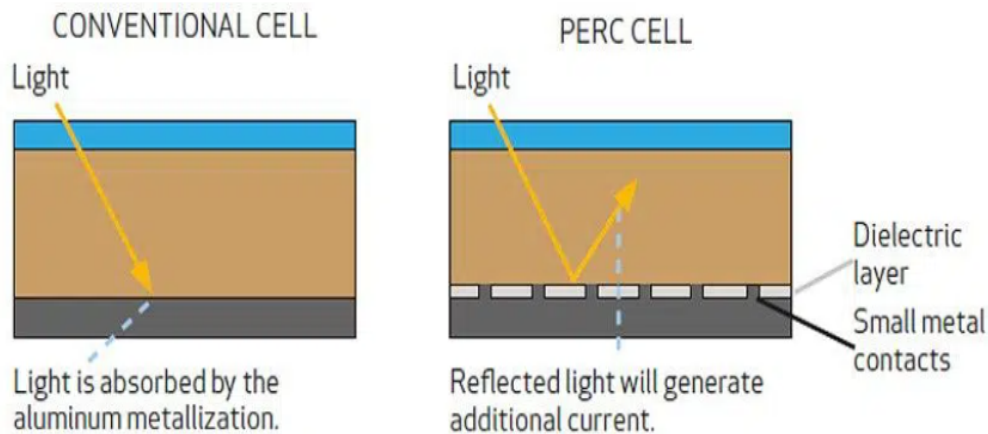
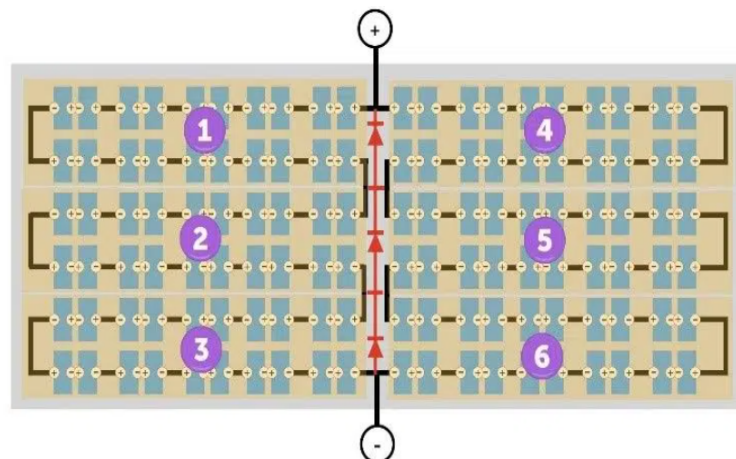


Imagen 2: Esquema de una célula solar convencional y una PERC.

### Tecnología Half-Cell.

También denominada tecnología de célula partida o de célula cortada, hace referencia al corte y conexión de múltiples células divididas que se distribuyen en el mismo espacio que ocupaban las células convencionales. De este modo, el panel solar queda cortado en 2 partes, con el 50% de capacidad cada una. Estas células cortadas dividen el flujo de la corriente en dos partes que se unen en serie. Esto consigue reducir la resistencia interna de los paneles con menores pérdidas de corriente al ser transportada por pistas conductoras. Además, asegura una producción continua a pesar de que la placa esté sombreada, ya que las sombras parciales en una mitad no afectan al rendimiento de todo el módulo.



Esquema cableado interior Placa Solar con tecnología Half Cell.  
Hay 5 filas separadas de células conectadas en paralelo

## Multi Bus Bar (MBB).

Se trata de una de las tecnologías más efectivas para reducir costes y aumentar la eficiencia de las células fotovoltaicas. Las conexiones que atraviesan las células solares, conocidas como Bus Bars o BB, han evolucionado en los últimos años, aumentando de 2 hasta 5 “busbars”.

módulos solares. Este mayor número de barras colectoras reduce k



diferentes barras colectoras en celda solar

El aumento en el número de estas conexiones consigue reducir la distancia de conducción de la corriente en las conexiones, lo que reduce las pérdidas de resistencia y mejora, considerablemente, la eficiencia de la célula. De este modo, se mejora la potencia de salida de los paneles hasta 10 W. Esta tecnología consigue, además, celdas menos propensas a sufrir microgrietas y ruptura de conexiones, por lo que se garantiza una vida útil más segura.

## Módulos bifaciales.

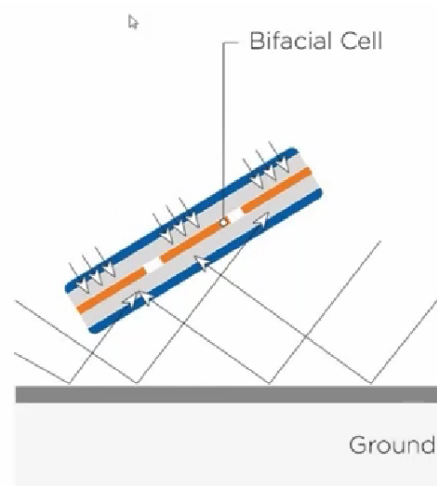
Los paneles bifaciales son capaces de producir energía solar por ambas caras del panel. Estos módulos cuentan con células fotovoltaicas también en la parte trasera que aprovechan la radiación solar reflejada en otras superficies para generar más electricidad, lo que se traduce en un incremento de la producción energética que depende de factores como el albedo, cuanto más blanca es la superficie mayor porcentaje de producción energética en la parte trasera, el ángulo de inclinación o la altura de la instalación, entre otros. Para este tipo de módulos, es crucial el modo de instalarlos, ya que de ello dependerá la capacidad de producción de la parte trasera. Algunos fabricantes, debido a sus especiales características constructivas, que proporcionan mayor durabilidad, ofrecen garantía de potencia de 30 años, lo que supone un 20% más de vida útil garantizada.

### BIFACIAL

Módulos que pueden producir por la parte trasera

Hasta 20-25% de ganancia en condiciones óptimas

- Suelo reflectante
- Distancia del módulo aprox 1.5m del suelo



## Células solares “back contact” (contacto posterior).

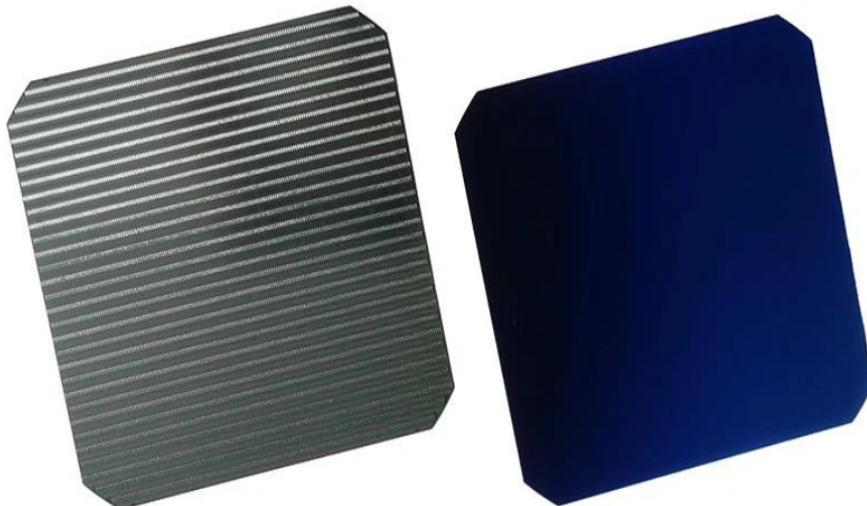
Las células de contacto posterior pueden ser una de las tecnologías más complicadas que se utilizan para fabricar paneles solares, pero también ofrecen valores de eficiencia que no se pueden ignorar, por lo que hoy se considera una alternativa importante.

Las células solares tradicionales logran la conversión de energía colocando contactos frontales en la célula. Esto significa que los fotones que alcanzan la superficie de la célula deben ser absorbidos en ese momento para liberar electrones y producir electricidad.

Si no se absorben, se transmiten o reflejan. Esto puede considerarse una pérdida.

Las células IBC implementan una idea diferente. En lugar de colocar los contactos en la parte frontal de la celda, los colocan en su parte posterior.

Esto les permite lograr una mayor eficiencia **debido a la reducción del sombreado en el frente** de la celda, mientras que al mismo tiempo, los pares de electrones generados por la luz absorbida aún se pueden recolectar en la parte posterior de la celda.





## ¿Como se utiliza la energía fotovoltaica de noche? ¿Como se puede almacenar la energía solar?

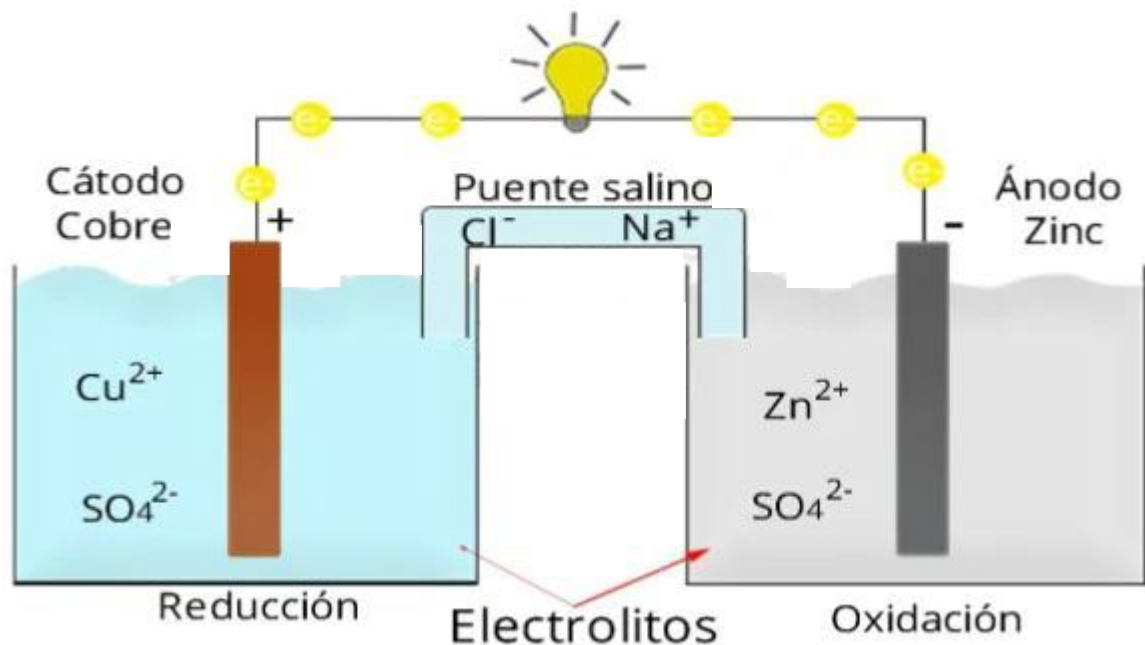
### - Baterías.

Una batería eléctrica, también llamada pila o acumulador eléctrico, es un artefacto compuesto por celdas electroquímicas capaces de **convertir la energía química almacenada** en su interior en energía eléctrica.

El funcionamiento de una batería se basa en general en una reacción electro-química llamada Redox (reducción – oxidación). Esta reacción es un intercambio de electrones entre dos polos, provocando un cambio en los estados de oxidación de los materiales.

Los dos polos están sumergidos en una solución electrolítica (conductora) y cada uno reacciona de diferente forma:

- Mientras que el **ánodo o polo negativo** reacciona en forma de oxidación (se oxida) debido a la liberación de electrones.
- El **cátodo o polo positivo** sufre una reducción de oxidación (se reduce) debido a la ganancia de electrones.



¿Como circula la corriente? Piensa en el sentido convencional y en el electrónico.

Esta liberación de electrones del polo negativo viaja hacia el polo positivo a través del circuito o aparato que sea conectado.

Cuando los polos llegan a su limite el cátodo queda cargado de electrones y reducido, mientras que el ánodo los pierde y queda oxidado. **Este proceso se puede revertir a través de una fuente de energía externa (mediante una recarga)**, ya que el exceso de electrones viaja hacia el lado positivo de la batería y la falta de estos en el polo negativo los cubre la batería.

### Valores característicos de la baterías, para el caso de instalaciones solares.

Tensión nominal.

Es la tensión de trabajo normal de la batería. En el caso de los vasos internos de las baterías usados en instalaciones solares, suele ser de 2V. Se suelen hacer configuraciones de 12 V, 24 V y 48 Voltios.

Capacidad de una batería solar.

La capacidad de la batería solar es la cantidad de electricidad que puede suministrar una batería bajo una condición de trabajo (Ah).

La capacidad de una batería depende de tres factores:

- Duración y tipo de la intensidad de descarga.
- Temperatura.
- Tensión final de corte.

La capacidad **útil** de la batería, es la cantidad de energía que es capaz de entregar durante un número de días de autonomía, sin que ésta se esté recargando.

Por otra parte, la **capacidad nominal** de la batería se determina según la profundidad de descarga alcanzada durante los días de autonomía. Habitualmente se facilita el valor de C100 para dicha capacidad, donde 100 indica el número de horas (100 horas son aproximadamente 4 días).

Para una misma batería se puede expresar la capacidad en C10, C20, C100, C120 etc. Hay que tener en cuenta que es la misma batería, solo que **cuanto más rápido la descargamos menos Ah nos dará la batería**. Por eso vemos que una misma batería tiene:

- 1200Ah en C120; Son los amperios que puede proporcionar en una descarga de 120 horas. (Con un consumo pequeño) 10 A por cada hora.
- 1100Ah en C100; Son los amperios que puede proporcionar en una descarga de 100 horas. 11 A · hora
- 600Ah en C10; Amperios en una descarga de 10 horas. 60 A · hora
- 540Ah en C5; Amperios en una descarga de 5 horas (Con un consumo muy grande). 108 A · hora

Para acordarnos de este comportamiento podemos utilizar el ejemplo de un corredor capaz de correr **durante 5 horas a un ritmo suave y recorrer 42 km. O correr muy rápido durante 5 minutos y recorrer solamente 1 km**. En ambas carreras el corredor termina agotado, pero en la primera recorre mucha más distancia que en la segunda.

En energía solar fotovoltaica utilizamos los valores de capacidad expresados en C100, porque diseñamos las baterías con autonomía para 3-4 días. Lo que significa que la descarga completa de la batería se realizaría en 100 horas (unos 4 días).

Ojo! no estamos diciendo que la descarga en una instalación solar sea en C100, evidentemente:

Habrá momentos durante el día que el régimen de descarga de nuestra batería será en torno al C10 cuando conectamos un consumo elevado como un horno y momentos en que éste régimen será más cercano a un C200 donde el consumo es una bombilla. Pero a efectos prácticos consideramos que la media será en torno al C100 siempre que la batería esté bien dimensionada.

**Por lo tanto una batería de 12 V con 150 A·h y C10 es capaz de entregar 15 amperios constantemente con un tiempo de descarga de 10 horas.** Traducido en potencia:  $15A \times 12V = 180W$ . **Se podrá tener conectado un equipo de 180W durante 10 horas conectado permanentemente con esta batería, hasta agotarla por completo.**

**Ciclos de carga una batería.**- Proceso de descarga y posterior carga de una batería. Cada día consumimos energía de la batería y al día siguiente se carga con la energía de los paneles solares. Por lo tanto cada día contará como un ciclo de vida de la batería. Los ciclos de vida de una batería dependen de la profundidad de descarga de cada ciclo, cuanto mayores profundidades de descarga menos ciclos soporta la batería.

**Profundidad de descarga (DoD).**- En inglés, depth of discharge. Es el porcentaje de descarga de la batería en cada ciclo de carga y descarga de la batería. Por ejemplo un día con mucho consumo podemos descargar el 50% de la batería (DoD 50%) y un día con muy poco consumo podemos descargar solamente el 10% de la batería (DoD 10%). Cuanto mayores sean los DoD peor para la batería.

### **Autodescarga de la batería solar**

La autodescarga es la pérdida de capacidad y densidad que experimenta un elemento en circuito abierto sin estar conectado a un sistema de carga.

### **Sobrecarga de una batería solar**

La sobrecarga de una batería es un proceso en el que la corriente es forzada a circular en una batería completamente cargada. La batería puede dañarse si se sobrecarga durante un tiempo excesivo.

Solo el proceso de generación de gases es útil en las baterías de electrolito líquido (flooded battery) para conseguir la homogenización de dicho electrolito. Las pequeñas burbujas de gas producidas durante la carga de ecualización (nombre que recibe este proceso de sobrecarga) remueven el electrolito, que tiende a tener una densidad mayor en la parte baja del elemento.

## Reacción de oxidación-reducción en un acumulador Pb-ácido

Inicialmente la batería se almacena inactiva (batería de reserva) y en el momento de instalación se le añade el electrolito proporcionado por el fabricante y se activa según el manual de usuario y el valor de los parámetros de carga correspondientes. En el **estado inicial de carga**, las placas de la figura 2.12 son de color marrón castaño (placa positiva de peróxido de plomo ( $\text{PbO}_2$ ) y de color gris (placa negativa de plomo  $\text{Pb}$ ). La energía química almacenada (de ahí el nombre de acumulador) se incrementa a cuenta de la polarización suministrada eléctricamente y así los elementos polarizados se encuentran en condiciones de suministrar energía o viceversa, debido a la ya descrita reacción de oxidación-reducción.

Durante la **carga** la corriente vence la fem interna de polarización, aumenta la energía química del electrolito y el elemento funciona como receptor (véase figura 2.15b). Durante la carga se recupera la composición química inicial del electrolito y el agua se descompone por electrólisis en gases hidrógeno-oxígeno, lo que da lugar a la ebullición del líquido. Es importante indicar que el ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) que se va generando es de mayor densidad que el procedente de la descarga. Así al principio del proceso de carga se va depositando ácido sulfúrico en el fondo de la cuba y solo cuando se produce la abundante formación de gases se produce la agitación del electrolito que homogeneiza la densidad del mismo. La variación de la densidad del electrolito en la descarga es lineal y en la carga sigue una línea exponencial del tipo indicado en la figura 2.15a.

Durante la **descarga**, en los dos electrodos, una parte del plomo ( $\text{Pb}$ ) y peróxido de plomo ( $\text{PbO}_2$ ) se ha transformado en sulfato de plomo ( $\text{PbSO}_4$ ). Mientras que en el electrolito se produce una menor concentración del ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) que se consume y, además, se produce la formación de agua en el electrodo positivo, razón por la que en la descarga disminuye la densidad del electrolito.

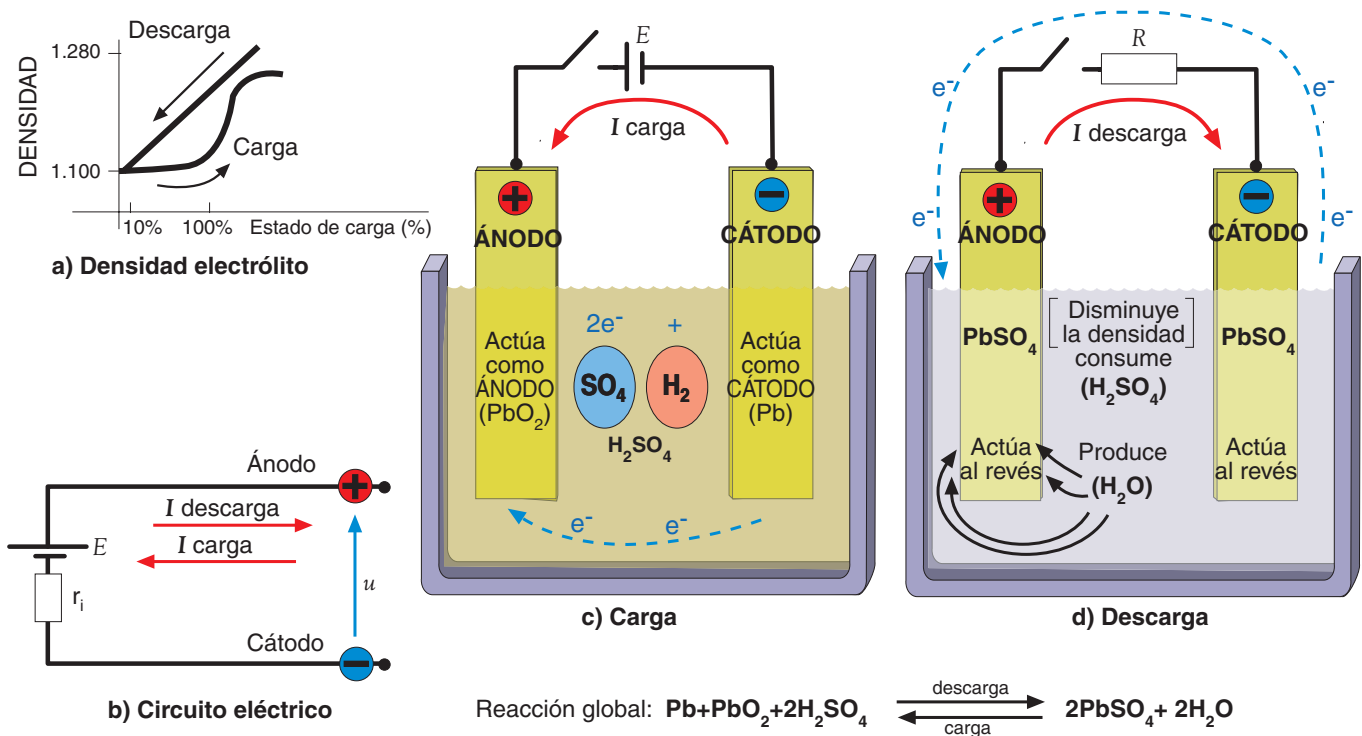


Figura 2.15. Batería Pb-ácido. Reacciones de CARGA/DESCARGA, densidad del electrolito y circuito eléctrico.

## Tipos de baterías.

Los acumuladores solares se dividen en varios tipos, en función de la tecnología empleada.

Para acertar en la elección de las baterías, conviene conocer todas las diferencias, ya que no todas las instalaciones fotovoltaicas precisan del mismo tipo de acumuladores de energía.

Según la tecnología empleada para fabricar las baterías se dividen en estas categorías principales:

- Baterías de plomo ácido abierto
- Baterías AGM
- Baterías de gel
- Baterías estacionarias
- Baterías de litio

**Las baterías de plomo ácido** abierto son de una tecnología inferior. Estas tienen una vida útil de 300 ciclos de carga, lo que significa que si se carga y descarga una vez al día, la batería durará menos de un año. Son destinados a los pequeños consumos, como las autocaravanas y se pueden descargar hasta un 60%, mientras que las baterías fabricadas con una tecnología más avanzada llegan a descargarse por completo. Estas baterías **requieren mantenimiento**.



Una batería AGM es una **batería sellada y cuyo electrolito va absorbido en unos separadores de fibra de vidrio** (absorbed Glass material). Dentro hay ácido sulfúrico líquido pero se encuentra empapado en la fibra de vidrio del separador. Al igual que las de ácido abierto, tienen un ciclo de vida corto, aunque superior a las anteriores presentadas: 500 ciclos de carga y descarga. También se usan para caravanas y se descargan hasta un 60%. La ventaja que llevan frente a las de ácido abierto es que no necesitan mantenimiento.



Las baterías de gel para paneles solares se realizan con un electrolito gelificado y están perfectamente selladas, así que es imposible que desprendan ningún tipo de líquido en caso de volcarse. Están enfocadas principalmente a instalaciones fotovoltaicas de mediano o pequeño tamaño. Con consumo bajo. Estas tienen una vida útil más larga, aguantando 1.200 ciclos. Además se descargan hasta el 60%.



### Baterías estacionarias.

Las baterías estacionarias, también conocidas como acumuladores solares, son **baterías compuestas por elementos de 2 voltios (vasos) conectados en serie hasta alcanzar la tensión de trabajo deseada para la instalación solar (12 V, 24 V o 48 V)**. Los vasos estacionarios utilizan una tecnología ideal para descargas profundas. **Las baterías solares** ofrecen hasta 3.000 ciclos de carga y descarga. Además, se puede descargar hasta el 80%. Estas son útiles para viviendas grandes o desconectadas de la red eléctrica.

**Baterías OPzS:** El modelo **OPzS** es el más utilizado para grandes instalaciones. Su **recipiente transparente** permite ver el interior de la batería y su reserva de agua en la parte superior del elemento permite una reserva de agua superior a la de otros modelos con lo cual el mantenimiento de esta batería sería de una vez por año aproximadamente. La vida útil de **este tipo de elementos es de 1500 ciclos con descargas del 60%, o de 2500 ciclos con descargas del 40%** pues cuanto más leves sean las descargas diarias más vida útil tendrá la batería.

**Baterías Topzs.** La batería estacionaria **TAB TOPZS** está diseñada para ofrecer el mismo resultado que el modelo **OPZS** pero con un precio inferior, gracias a su montaje automático y recipiente menos costoso y más flexible. Existe una diferencia muy significativa entre unas y otras y es la transparencia del recipiente.

**Baterías OPZV:** El modelo **OPZV** tiene las ventajas de una batería **OPZS** y además dispone de electrolito gelificado con lo cual se convierte en una batería estacionaria completamente sellada y **sin mantenimiento**.

Por último están las **baterías de litio**, que pueden ofrecer hasta 6.000 ciclos de carga y descarga, pudiendo hacerse éstos con una profundidad de descarga casi al 100%. Están pensadas para viviendas con consumos grandes o aisladas. Otra ventaja es el peso reducido que tienen. La desventaja que tienen es que son muy caras.



# TAB OPzS

## LAS BATERÍAS TAB OPzS SE FABRICAN CON LA TECNOLOGÍA CONVENCIONAL DE PLOMO-ÁCIDO.

Las baterías estacionarias del tipo OPzS están destinadas al suministro de instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica, Telecomunicaciones, Ordenadores, Iluminación de emergencia, Sistemas de alarmas, Sistemas de control y vigilancia en plantas de energía y estaciones eléctricas estaciones de tren, aeropuertos, etc...



Las baterías estacionarias del tipo OPzS se fabrican según norma DIN 40736, EN 60896, EN 61427 y IEC 896-1 y sus reglamentos.

### DISEÑO

- ELECTRODO POSITIVO**
  - » Placa Tubular con baja aleación de antimonio (<2%)
- ELECTRODO NEGATIVO**
  - » Placa plana con expansor de larga duración
- SEPARACIÓN**
  - » Separador microporoso
- ELECTROLITO**
  - » Ácido sulfúrico peso específico de 1,24 g/cm<sup>3</sup>
- RECIPIENTE**
  - » Alta resistencia a impactos, material transparente SAN
- TAPA**
  - » ABS (SAN) \* en color gris dependiendo del modelo
- ELEMENTOS CON CELDAS CIEGAS**
  - » 4V, 6V, 8V, 10V
- TAPONES**
  - » Tapones cerámicos según norma DIN 40740
- POLOS SELLADOS**
  - » 100% hermético. Evita fugas de gas y electrolito
- CONECTOR**
  - » Cable de cobre aislado flexible con sección transversal de 35, 50, 70, 95 o 120 mm<sup>2</sup> (35, 50 o 70 mm<sup>2</sup>) \*
- TIPO DE PROTECCIÓN**
  - » IP 25 respecto a la norma DIN 40050, contacto protegido según VBG4

### CARGA

- IU - CARACTERÍSTICAS**
  - » I<sub>max</sub> sin límite
- CARGA DE FLOTACIÓN**
  - » U = 2,23 V / celda ± 1%, entre 10°C y 30°C
  - ΔU/ΔT = -0,004 V/K por debajo de 10°C de promedio mensual
- CARGA INICIAL**
  - » U = 2,35 a 2,40 V / celda, tiempo limitado

### CARACTERÍSTICAS DE DESCARGA

- TEMPERATURA DE REFERENCIA**
  - » 20°C en el C10 (1,80 V / celda) y 25°C en C100 (1,85 V / celda)
- CAPACIDAD INICIAL**
  - » 100 %
- INTENSIDAD DE DESCARGA**
  - » Normalmente hasta el 80%
  - » Más del 80% POD o descargas más allá de las tensiones de descarga final (independientes de la corriente de descarga) tienen que ser evitadas

### DATOS OPERATIVOS

- VIDA ÚTIL**
  - » Hasta 20 años (18 años) \* a 20°C
- INTERVALO ENTRE RELLENO DE AGUA**
  - » Más de 2 años a 20°C
- CICLOS IEC 896-1**
  - » 1500 (1200)\*
- AUTODESCARGA**
  - » Aprox. 2% meses a 20°C
- TEMPERATURA OPERATIVA**
  - » -20°C a 55°C, 10°C a 30°C
- REQUISITOS DE VENTILACIÓN**
  - » F1 = 0,5 (aleación de bajo antimonio) según NORMATIVA EN 50272-2
- MEDIDAS DE CONFORMIDAD CON**
  - » DIN 40 737 parte 1
- PRUEBAS DE CONFORMIDAD**
  - » IEC 896-1
- NORMAS DE SEGURIDAD**
  - » VDE 0510 parte 2 y EN 50272-2
- TRANSPORTE**
  - » Estas mercancías NO SE CONSIDERAN MERCANCIAS PELIGROSAS durante el transporte por carretera

Número de ciclos: 1.500 (IEC 896-1)

TIPO DE CELDA	VOLTAGE (V)	LxWxH (mm)	PESO (kg)	C10 (Ah)	
				Uf=1,80V at 20 °C	Uf=1,85V at 25 °C
<b>BLOQUES</b>					
12V 1 OPzS 50	12	272x205x392	26/39	51	73
12V 2 OPzS 100	12	272x205x392	38/50	103	146
12V 3 OPzS 150	12	380x205x392	53/69	154	218
6V 4 OPzS 200	6	272x205x392	36/47	204	291
6V 5 OPzS 250	6	380x205x392	44/61	255	364
6V 6 OPzS 300	6	380x205x392	52/68	307	437
<b>CELDAS</b>					
2 OPzS 100	2	103x206x420	8,7/13,7	109	151
3 OPzS 150	2	103x206x420	11/16	158	226
4 OPzS 200	2	103x206x420	13/18	212	301
5 OPzS 250	2	124x206x420	16/22	264	376
6 OPzS 300	2	145x206x420	18/26	317	452
5 OPzS 350	2	124x206x536	20/29	385	527
6 OPzS 420	2	145x206x536	24/34	465	632
7 OPzS 490	2	166x206x536	28/39	540	737
6 OPzS 600	2	145x206x711	35/50	654	903
8 OPzS 800	2	210x191x711	46/65	868	1204
10 OPzS 1000	2	210x233x711	57/80	1090	1510
12 OPzS 1200	2	210x275x711	66/93	1304	1810
12 OPzS 1500	2	210x275x861	88/119	1659	2260
16 OPzS 2000	2	212x397x837	115/160	2200	3010
20 OPzS 2500	2	212x487x837	145/200	2751	3760
24 OPzS 3000	2	212x576x837	170/240	3298	4520

La densidad del ácido en una celda con carga eléctrica es 1,24 ± 0,1 kg / l a 293 ° K (20°C +). Los ciclos no deben superar el 80% de la capacidad nominal. Una descarga profunda puede reducir el tiempo de vida de la batería.

### MANTENIMIENTO

- CADA 6 MESES**
  - » Revise el voltaje y la densidad de la batería así como su temperatura en cada elemento (vaso)
- CADA 12 MESES**
  - » Descargar completamente la batería y revise la densidad así como su temperatura en cada elemento (vaso)

# TAB TOPzS

## BATERIAS ESTACIONARIAS TAB TOPzS DE BAJO MANTENIMIENTO.

Las baterías estacionarias TOPzS se fabrican de acuerdo a la normativa DIN 40736, EN 60896 y IEC 896-1. Los acumuladores individuales (2V) están fabricados en recipientes de Polipropileno translúcido.

**LAS BATERÍAS ESTACIONARIAS DEL TIPO TOPzS ESTÁN ESPECIALMENTE DISEÑADAS PARA INSTALACIONES SOLARES. DEBIDO A SU EXTREMADA BAJA DESCARGA LAS PLACAS POSITIVAS TUBULARES SON ADECUADAS PARA SISTEMAS SOLARES OFF-GRID (AISLADOS).**



### DISEÑO

**ELECTRODO POSITIVO**  
» Placa positiva tubular con baja aleación de antimonio (<2%)  
**ELECTRODO NEGATIVO**  
» Placa plana con expansor de larga duración

**SEPARACIÓN**  
» Separador microporoso  
**ELECTROLITO**  
» Ácido sulfúrico peso específico de 1,24 g/cm<sup>3</sup>

**RECIPIENTE**  
» Polipropileno Transparente PP  
**TAPA**

» Polipropileno en color verde  
**SELLADO DEL BORNE**  
» Estanqueidad al 100% de gas y electrolito, junta de goma de alta densidad

**TERMINALES**  
» Terminal hembra (M10) tratado. Perfecto contacto y baja resistencia con cables de conexión flexibles.

**CONEXIÓN**  
» Cable de cobre flexible y aislado, con una sección transversal de 35, 50, o 70 mm<sup>2</sup>

**BORNE ATORNILLADO**  
» M10, acero, aislado

### INSTALACIÓN

**LOS ACUMULADORES DEBEN INSTALARSE EN BANDEJAS DE METAL**

### CARGA

**IU - CARACTERÍSTICAS**  
» I<sub>max</sub> sin limitación  
**TENSIÓN DE FLOTACIÓN**  
» U = 2,23 V/celda ± 1 %  
**CARGA INICIAL**  
» U = 2,35 a 2,40 V/celda

### CARACTERÍSTICAS DE DESCARGA

**TEMPERATURA DE REFERENCIA**  
» 20°C en C10 a 1,80V/Celda y a 25°C en C100 a 1,85V/Celda  
**CAPACIDAD INICIAL**  
» 100 %

**INTENSIDAD DE DESCARGA**  
» Normalmente hasta el 80%  
» Más del 80% POD o descargas más allá de las tensiones de descarga final (independientes de la corriente de descarga) tienen y deben ser evitadas.

### DATOS OPERATIVOS

**VIDA OPERATIVA**  
» Hasta 15 años  
**IEC 896-1 CICLOS**  
» 1200  
**AUTODESCARGA**  
» Aprox. 3% por mes a 20°C  
**TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO**  
» -20°C a 55°C, se recomienda su uso entre 10°C a 30°C  
**NORMATIVAS**  
» IEC 896-1, EN 60896-1, EN 61427  
**NORMA DE SEGURIDAD, VENTILACIÓN**  
» EN 50272-2

Número de ciclos: 1.200 (IEC 896-1)

TIPO DE CELDA	VOLTAGE (V)	L×W×H (mm)	PESO (kg)	C10 (Ah) Uf=1,80V at 20 °C	C100 (Ah) Uf=1,85V at 25 °C
3 TOPzS 265	2	198×83×472	12,4/18,4	265	345
4 TOPzS 353	2	198×101×472	16/23,3	353	458
5 TOPzS 442	2	198×119×472	20,2/29	442	575
4 TOPzS 500	2	198×101×720	24,3/35,2	500	650
5 TOPzS 625	2	198×119×720	30,3/43,2	625	812
6 TOPzS 750	2	198×137×720	38,0/53,5	750	975
7 TOPzS 875	2	198×173×720	44,0/64,2	875	1137
8 TOPzS 1000	2	198×191×720	50,2/72,5	1000	1300



### MANTENIMIENTO

**CADA 6 MESES**  
» Revise el voltaje y la densidad de la batería así como su temperatura en cada elemento (vaso)  
**CADA 12 MESES**  
» Descargar completamente la batería y revise la densidad así como su temperatura en cada elemento (vaso)

# TAB OPzV

## TAB OPzV SON BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO GELIFICADAS, REGULADAS POR VÁLVULA VRLA, SON LA FUENTE DE ENERGÍA IDEAL PARA MUCHAS APLICACIONES EN STAND BY.

TAB OPzV combina los beneficios de la tecnología de recombinación (es decir, prácticamente sin mantenimiento debido a sus muy bajas emisiones de gas) además de las ventajas de las baterías convencionales abiertas con placas positivas tubulares (es decir, de larga vida y excelente ciclabilidad).



Las baterías estacionarias del tipo OPzV se fabrican según la norma DIN 40742, EN 61427 y IEC 60896-1 y sus reglamentos.

### DISEÑO

#### PLACAS POSITIVAS TUBULARES

» Construidas con rejillas especiales, fundición de aleación libre de antimonio, con bolsas altamente porosas que retienen la materia activa.

#### PLACAS NEGATIVAS EMPASTADAS

» Perfecta consistencia con las placas positivas

#### ELECTROLITO

» Estructura Gel

#### SEPARADORES

» Extremadamente de alta porosidad y baja resistencia interna.

#### MONOBLOCS Y TAPAS

» Fabricado en material plástico (ABS). También disponible en material ignífugo ABS como opción (según IEC 707 FV0)

#### TERMINALES

» Terminal hembra (M10) tratado. Perfecto contacto y baja resistencia con cables de conexión flexibles

#### TERMINALES SELLADOS

» Evita las fugas de ácido y la corrosión en los terminales

#### CONECTORES

» Cables de conexiones flexibles, totalmente aislados y atornillados (con  $20 \pm 1$  Nm) al terminal con un tornillo aislado que tiene un orificio en la parte superior para la medición eléctrica

#### VALVULA DE ESCAPE

» Abre en baja presión y está equipada con material anti-deflagración para evitar llamas de fuego

### INSTALACIÓN

LOS ACUMULADORES SE INSTALAN NORMALMENTE EN POSICIÓN VERTICAL SOBRE SOPORTES.

### CARGA

#### TENSIÓN DE FLOTACIÓN

» En sistema de espera 2,25 V / celda

#### RECARGA

» Tensión máxima de 2,35 a 2,40 V / celda con una intensidad máxima de 0,25 C10 (A)

### DATOS OPERATIVOS

#### VIDA OPERATIVA

» Más de 15 años  
CICLOS IEC 896-1

» 1200

#### AUTODESCARGA

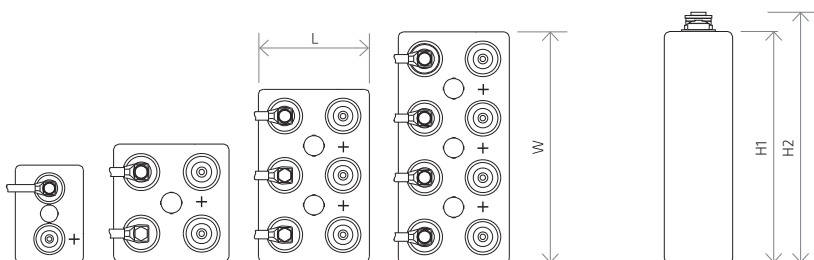
» Aproximada 2% por mes a 20°C

#### PRUEBAS DE ACUERDO A NORMAS

» IEC 896-1, EN 60896-1, EN 61427

Número de ciclos: 1.200 (IEC 896-1)

TIPO DE CELDA	VOLTAGE (V)	LxWxH1/H2 (mm)	PESO (kg)	C10 (Ah) Uf=1,80V at 20 °C	C100 (Ah) Uf=1,85V at 25 °C
4 OPzV 200	2	103x206x354/380	19	204	243
5 OPzV 250	2	124x206x354/380	23	255	303
6 OPzV 300	2	145x206x354/380	28	306	364
5 OPzV 350	2	124x206x471/496	31	357	425
6 OPzV 420	2	145x206x471/496	36	429	511
7 OPzV 490	2	166x206x471/496	41	500	595
6 OPzV 600	2	145x206x643/688	49	612	728
8 OPzV 800	2	210x191x664/669	65	816	971
10 OPzV 1000	2	210x233x646/671	80	1020	1214
12 OPzV 1200	2	210x275x665/670	93	1251	1489
12 OPzV 1500	2	210x275x796/281	115	1530	1821
16 OPzV 2000	2	214x399x771/796	155	2040	2428
20 OPzV 2500	2	214x487x769/794	200	2550	3035
24 OPzV 3000	2	214x576x771/796	235	3060	3641



### CARACTERÍSTICAS

- » SEGURIDAD
- » LARGA VIDA
- » VERSÁTIL
- » FIABLE
- » MINIMA GASIFICACION
- » PROFUNDA RESISTENCIA A LA DESCARGA





# PRODUCTOS

La BYD Battery-Box es una batería de litio con una unidad de control de batería (BCU) para uso con un inversor externo. Los diseños modulares: Battery-Box HV, Battery-Box LV y Battery-Box Pro ofrecen máxima seguridad, vida útil y rendimiento, lo que convierte a la gama Battery-Box en los sistemas de baterías perfectos y versátiles para cualquier aplicación.



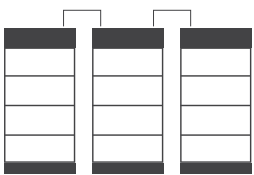
Battery-Box HV



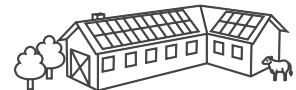
Battery-Box LV



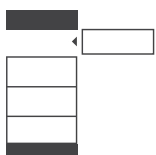
Battery-Box Pro



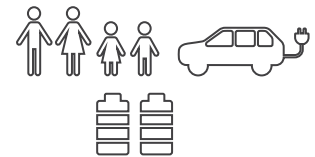
Amplia Cobertura



La batería ideal siempre: Configuraciones personalizadas para todo tipo de aplicaciones.



Flexibilidad



Gracias al diseño modular de la Battery-Box la capacidad puede ampliarse en función de las necesidades en cualquier momento.



Alta Potencia

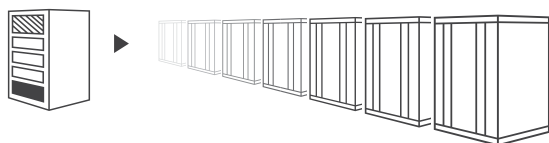


Suficiente potencia para toda aplicación y situación: back-up, en red y aislada.

# Battery-Box Pro

La Battery-Box Pro 2.5-10.0 consiste en módulos B-Plus L 2.5 de 2.56 kWh de capacidad disponible. Hasta 4 módulos B-Plus L 2.5 pueden introducirse en un rack, y hasta 8 racks pueden conectarse en paralelo. De este modo, la capacidad puede ampliarse en incrementos de 2.56 kWh desde 2.56 kWh hasta 81.92 kWh.

La Battery-Box Pro 13.8 tiene una capacidad disponible de 13.8 kWh por rack. Hasta 32 Battery Box Pro 13.8 pueden conectarse en paralelo. De este modo, la capacidad puede ampliarse en incrementos de 13.8 kWh desde 13.8 kWh hasta 441.6 kWh.



Battery-Box Pro 2.5-10.0



Battery-Box Pro 13.8



	Battery-Box Pro 2.5	Battery-Box Pro 5.0	Battery-Box Pro 7.5	Battery-Box Pro 10.0	Battery-Box Pro 13.8
Módulos	B-Plus L 2.5 (2.56 kWh)				GBSSB
	1 módulo	2 módulos	3 módulos	4 módulos	2 módulos
Energía Disponible [1]	2.56 kWh	5.12 kWh	7.68 kWh	10.24 kWh	13.8 kWh
Potencia de Salida Máx	2.56 kW	5.12 kW	7.68 kW	10.24 kW	12.8 kW
Potencia de Salida Pico	5.12 kW, 30 s	10.24 kW, 30 s	15.36 kW, 30 s	20.48 kW, 30 s	13.3 kW, 60 s
Eficiencia (Carga/Descarga)	≥95.3 % [1]				≥95.3 % [1]
Voltaje Nominal	51.2 V				51.2 V
Rango de Voltaje Operativo	43.2~56.4 V				40~59.2 V
Comunicación	RS485 / CAN				RS485 / CAN
Dimensiones (W/H/D)	600 x 883 x 510 mm				650 x 800 x 550 mm
Peso	79 kg	113 kg	146 kg	180 kg	181 kg
Índice de Protección	IP20				IP20
Garantía	10 años				10 años
Temperatura de Operación [2]	-10 °C to +50°C				-10 °C to +50°C
Certificación	TUV (IEC62619) / CE / UN38.3 / Sicherheitsleitfaden Li-Ionen-Hausspeicher				TUV / CE / UN38.3
Escalabilidad	Máximo 32 B-Plus 2.5 en paralelo / 81.92 kWh				Máx 32 sistemas en paralelo/441.6 kWh
Inversores Compatibles	SMA / GOODWE / SOLAX / Victron / Sungrow / Selectronic, y más marcas serán anunciadas				
Aplicaciones	ON-Grid / ON-Grid + Backup / OFF Grid (Véase la Lista de Configuración Mínima de BYD)				

[1] Condiciones de Test: 100% DOD, 0.2C carga y descarga + 25 °C

[2] < 10 °C reducción de potencia



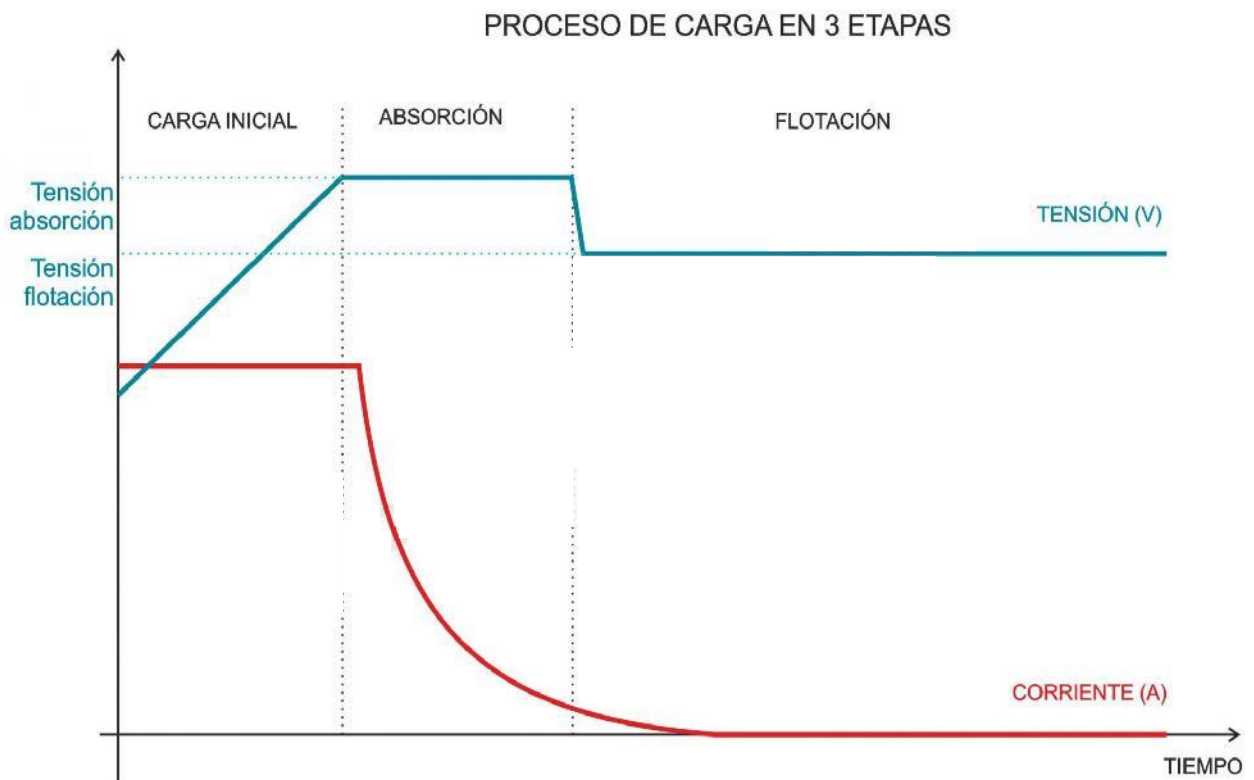
## - Carga y recarga de baterías de placas de plomo.

Las baterías de plomo son delicadas en cuanto a los parámetros de carga, especialmente la tensión. Si la tensión es muy alta se podría sobrepasar la tensión de gaseado de la batería y acelerar su envejecimiento, a la vez que supondría un riesgo de incendio por el desprendimiento de hidrógeno. Pero a su vez, una tensión demasiado baja no sería capaz de cargar la batería completamente aumentando el fenómeno de sulfatación de las placas, lo que también se traduce en una reducción de su vida útil.

Por otro lado, una corriente de carga elevada permite acortar los tiempos de recarga de la batería, pero también incrementa significativamente su temperatura interna, factor muy perjudicial para la batería.

Para realizar una carga correcta de estas baterías los reguladores aplican un algoritmo de tres etapas.

Las 3 etapas del algoritmo se denominan: carga inicial (*bulk*), absorción (*absortion*) y flotación (*floating*)



### Carga inicial, *bulk*

Es la primera etapa del proceso de carga y comienza con una tensión en las celdas de la batería de 2.1V. En esta fase, la tensión se va incrementando lentamente hasta alcanzar el primer límite, en el que la batería habrá alcanzado el 80% de la carga. Este límite es la **tensión de absorción**.

Durante todo este tiempo, la batería es capaz de absorber una gran cantidad de energía mediante una corriente constante y elevada (de ahí el nombre de este primer límite). Entiéndase que por elevada quiere decir que es la mayor de todo el proceso de carga, pero como ya se dijo en la entrada del blog sobre el mantenimiento de baterías, **esta corriente de carga inicial debería mantenerse entre el 10% y el 20% de la capacidad nominal de la batería** si se quiere preservar al máximo su vida útil. Corrientes mayores incrementan la temperatura y con ella el gaseado y el deterioro de las placas de la batería.

**Por ejemplo, una batería de 200 Ah debería cargarse como mucho con una corriente de 40 A (es decir, un 20%); el cargador está bombeando 40 A cada hora. Si la batería estuviera completamente descargada (cosa que no debería permitirse), la fase de carga inicial duraría 4 horas hasta alcanzar el 80% del estado de carga, es decir, 160 Ah.**

## Absorción

Cuando la batería alcanza la tensión de absorción, su capacidad de aceptar la corriente que le ofrezca el cargador disminuye progresivamente. De esta manera, la batería va absorbiendo el 20% restante de su capacidad.

Pero para que la carga sea completa, se necesitan dos factores: incrementar la tensión y tiempo. El voltaje elevado aumenta la velocidad de difusión de los iones, favoreciendo el proceso de carga, pero también se aumenta el riesgo de gaseado.

La influencia del tiempo se puede entender si pensamos en 2 usos diferentes de la batería: una descarga superficial, de pocos amperios durante poco tiempo sólo afecta químicamente a la superficie de las placas, por lo que no hace falta tanto tiempo para la difusión de los iones en el proceso de carga. Por el contrario, una descarga profunda tanto en amperios como en tiempo implica que la difusión de los iones penetra hacia el interior de las placas, siendo necesario mucho más tiempo para la reacción inversa.

Por eso el tiempo que dure la fase de absorción debe ser adaptativo, es decir, debe depender del estado de la batería en el momento de empezar la carga. En otras palabras, el tiempo de absorción depende del tiempo de carga inicial, del tiempo que necesita la batería para alcanzar la tensión de absorción, o lo que es lo mismo, el 80% de su estado de carga. Los cargadores que implementan la **carga adaptativa** establecen un tiempo de absorción de entre 10 o 20 veces el tiempo de carga inicial, siempre con un mínimo de unos 15-30 minutos y un máximo de 4 u 8 horas, dependiendo del tipo de batería.

## Flotación

Tras la carga completa de la batería en la fase anterior, el cargador mantiene una tensión constante baja, pero siempre superior a la tensión de circuito abierto (la tensión a la que estaría la batería sin conectar). Esta tensión ligeramente superior compensa la **autodescarga** propia de las baterías con el paso del tiempo, y así las mantiene siempre al 100% de carga.

Como ya se ha explicado, si este voltaje es mayor de lo que recomienda el fabricante de las baterías, se incrementa innecesariamente la oxidación de las placas positivas. Si es demasiado bajo, la batería se va descargando y se produce la **sulfatación**.



Placa de una batería nueva.

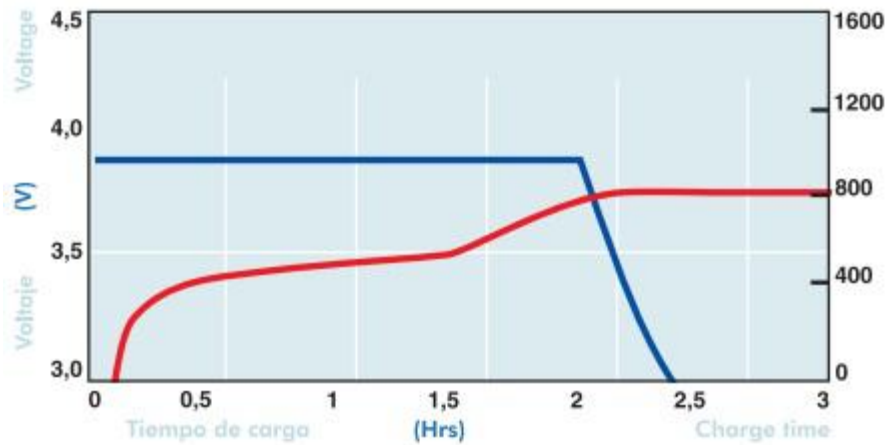


Placa de una batería sulfatada (recuperable).



Placa de una batería rota (no recuperable).

## Carga y descarga de baterías de ion-litio.



Las baterías de Litio requieren una técnica de carga muy específica debido a sus características químicas y eléctricas. En otras tecnologías, como las basadas en Níquel o Plomo, la batería alcanza la carga plena antes de que la sobrecarga pueda producir daños, normalmente debidos al calor liberado por la energía no almacenada. Sin embargo, **las baterías de Litio se deterioran químicamente cuando sobrepasan un determinado voltaje, a pesar de no estar totalmente cargadas.** Por este motivo, se debe utilizar una carga combinada de corriente constante/voltaje constante de forma que la batería se carga a intensidad constante hasta que alcanza el voltaje máximo. En ese punto, el voltaje debe mantenerse constante mientras la intensidad va disminuyendo hasta un nivel señalado en el que se considera cargada la batería. Las baterías de Litio admiten una intensidad de carga de relación elevada con respecto a la Capacidad en comparación a otras tecnologías y tienen un rendimiento muy alto en la carga.

Las baterías de Litio no deben descargarse por debajo de un determinado voltaje. Si esto sucede, la batería se deteriora disminuyendo la capacidad, el número de ciclos o desgastándose el electrolito. La autodescarga de las baterías de Litio es muy inferior a la de otras tecnologías.

Circuitos de protección: La vulnerabilidad de las baterías de Litio frente a sobre-voltajes, sobre-descargas y sobre-intensidades entre otros, hace muy recomendable (casi imprescindible) el uso de circuitos electrónicos que controlen los valores de voltaje e intensidad en carga y descarga para evitar daños en la batería. El término PCM (Protection Circuit Monitor) sirve para designar un pequeño circuito electrónico que controla los parámetros peligrosos para la batería. El PCM tiene el control y capacidad de desconectar la batería para protegerla tanto en la carga como en la descarga. Son circuitos muy simples y muy eficaces que conviven con las baterías de Litio en casi todas las situaciones.

### Mantenimiento de las baterías.

Con la ayuda de un trapo, aportar una fina capa de **vaselina** filante a todos los tornillos y partes metálicas que intervengan en el montaje. Esto ofrecerá protección contra la corrosión.

En las baterías de plomo no debe haber una diferencia mayor de 0,01 Kg/l (o gr/cm<sup>3</sup>, es lo mismo) entre la densidad del electrolito en cada **vaso**. Si eso sucede, deberá procederse a una carga de igualación.

**Carga de igualación (ecualización).** Los elementos que forman una batería no son completamente iguales en cuanto a sus características eléctricas, principalmente resistencia interna, pérdidas de electrolito, estratificación etc. Los valores de tensión se van haciendo diferentes. Para evitar esos desequilibrios, se debe proceder a sobrecargar moderadamente la batería para que todo el material activo se convierta en Plomo y óxido de Plomo. Al hacer la ecualización, el electrolito depositado en el fondo o incrustado en la placa interna del vaso se desprende de dicha placa y se vuelve a mezclar con el agua evitando la oxidación del vaso. Se recomienda hacerlo cada seis meses y en cualquier caso cuando la densidad del electrolito en algún vaso sea inferior en más de 0,01 del valor medio de toda la batería (1%). El proceso en sí consiste en prolongar la carga ordinaria con una intensidad no superior al régimen final de carga, hasta que las lecturas del voltaje de la batería y la densidad de todos los elementos se conserven constantes durante un periodo de tiempo no inferior a 2 horas. Durante el proceso se producen gases, por lo que el lugar debe estar bien ventilado. Todo esto se

podría hacer de manera manual, pero lo que es habitual es ayudarnos del regulador de carga y programarlo para que lo haga de forma automática. Existen inversores-cargadores capaces de hacer también la ecualización sin necesidad de programar nada.

Si se automatiza el sistema se puede hacer una ecualización después de 20 ciclos o cada dos semanas. Para poder realizar el proceso de ecualización correctamente se debe intentar tener los mínimos consumos en la vivienda o nave para realizar correctamente la carga.

### Tensión de flotación.

Es la tensión a la que se mantiene una batería después de haber sido completamente cargada. Es un nivel ligeramente mayor al nominal y de esta manera evitamos que la batería se descargue y esté 100% cargada; es decir, es una tensión ligeramente mayor que la nominal para evitar la autodescarga.

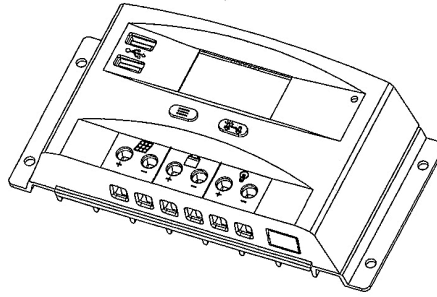
### Regulador de carga.

#### Regulador de carga PWM.

Las siglas significan Pulse Width Modulation (Modulación de Anchura de Pulso). Este tipo de regulador funciona ajustando la corriente proveniente de las placas, en función de las condiciones de la batería y de las necesidades de carga. Otros reguladores más sencillos se basan simplemente en cortar o dejar pasar la corriente sin más. Con este regulador, la anchura del pulso y la velocidad de los impulsos enviados se adecuan al estado de carga de la batería y la tensión de las placas, para determinar cómo debe ser. En el fondo se comporta como un interruptor ON/OFF que puede funcionar muy rápido.

Con este regulador los módulos no trabajan en su punto de máxima potencia, sino en el que impone la batería según su estado de carga, produciendo una **pérdida de potencia**, que puede llegar hasta el 25-30%.





Lea detenidamente este manual antes de utilizar el regulador.

## 1. Instrucciones de seguridad.

- 1.1. Mantenga su instalación lejos de cualquier dispositivo inflamable o explosivo, gases corrosivos, polvo, etc.
- 1.2. Proteja el regulador de la luz solar directa y de la lluvia.
- 1.3. Prevenga la ubicación del regulador para que no quede expuesta a líquidos o ambientes húmedos.
- 1.4. No desmonte el regulador, ya que perderá la garantía.
- 1.5. No lo apoye sobre la batería. Su cuerpo metálico puede cortocircuitar los bornes de la misma.
- 1.6. No toque los terminales o el cuerpo metálico con las manos húmedas, corre riesgo de electrocución.

## 2. Introducción de producto.

### 2.1. Propósito

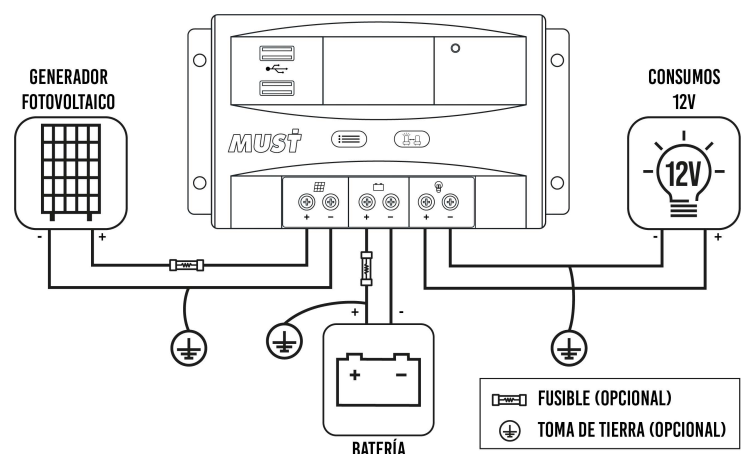
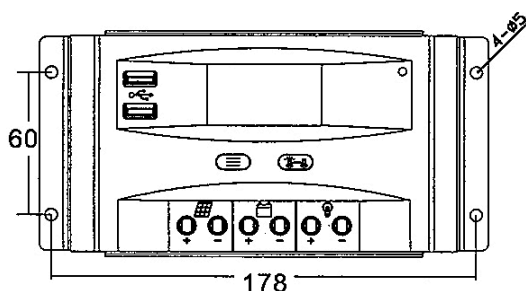
Esta gama de reguladores forma parte de una familia de controladores de carga de tipo PWM con avanzadas funciones de configuración y monitorización. Su diseño permite una instalación rápida y sencilla. Una carga y descarga optimizada prolonga la vida de las baterías de un modo considerable. Utilice siempre un controlador de carga para proteger la vida de sus baterías. Los parámetros de carga se muestran de manera explícita en la pantalla LCD.

### 2.2. Funciones

- 2.2.1. Carga multi-etapas PWM.
- 2.2.2. Ajustes predefinidos para 3 tecnologías de baterías de plomo.
- 2.2.3. Detección automática o manual del voltaje de trabajo de baterías.
- 2.2.4. Parámetros ajustables de carga y descarga.
- 2.2.5. Carga con compensación de temperatura.
- 2.2.6. Puerto opcional de comunicaciones (no incluido).
- 2.2.7. Protección para conexión inversa de panel y sobre-corriente de entrada.
- 2.2.8. Protección por bajo voltaje, exceso de voltaje, conexión inversa de batería y descarga inversa de batería.
- 2.2.9. Protección para sobre-corriente y cortocircuito en salida de consumo CC.
- 2.2.10. Protección interna por temperatura elevada.

## 3. Instalación

### 3.1. Tamaño y esquema unifilar.





### 3.2. Procedimiento de instalación.



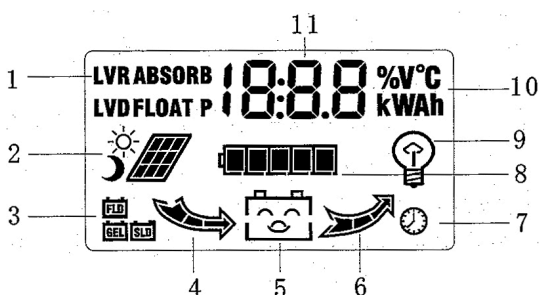
Por favor, asegúrese de que la batería y el panel solar están desconectados de los cables que va a utilizar para conectar en el regulador. El contacto entre los cables positivo y negativo provocará un cortocircuito si éstos están conectados a la batería o al panel. Una vez se conecten al regulador podrá conectar los otros extremos del cableado a baterías y a paneles en este mismo orden.

Deje un espacio disponible de al menos 15cm por cada lado para poder disipar el calor del propio regulador. Utilice cableado de un mínimo de 4mm<sup>2</sup> siendo recomendable utilizar cable solar de 6mm<sup>2</sup> o mayor sección en función de la potencia de paneles instalada que disponga.

- 3.2.1. Asegúrese que el lugar de instalación cumple con los mínimos requerimientos de seguridad.
- 3.2.2. Asegúrese de que el voltaje de baterías es el mismo que el de paneles y ambos son compatibles con este regulador.
- 3.2.3. Conecte primero la batería al regulador. Podrá ver que la pantalla LCD se enciende. Si no es así acuda al punto 5.2.
- 3.2.4. Conecte posteriormente el panel solar al regulador. Si hay producción el controlador empezará la carga de la batería inmediatamente y lo podrá observar sobre la propia pantalla.
- 3.2.5. Conecte las cargas en corriente continua en caso de disponer de ellas.
- 3.2.6. Si tiene que desconectar el regulador por cualquier motivo, debe hacerlo en orden inverso. Primero los consumos en corriente continua, posteriormente paneles solares y por último las baterías.

## 4. Instrucciones de uso.

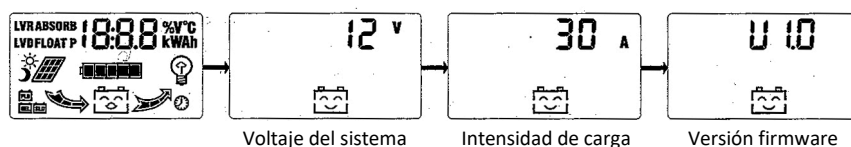
### 4.1. Símbolos en pantalla.



- 1-LVR, ABSORB, LVD, FLOAT, P (estado de carga de la batería)
- 2-Día y noche.
- 3-Tipo de batería seleccionada (FLD, GEL, SLD). Si no aparece, la batería seleccionada es USR.
- 4-Cargando desde panel.
- 5- Dibujo batería.
- 6- Descargando.
- 7- Temporizador.
- 8- Estado de carga estimado.
- 9- Estado de las cargas.
- 10- Unidad de medida.
- 11- Área de información numérica.

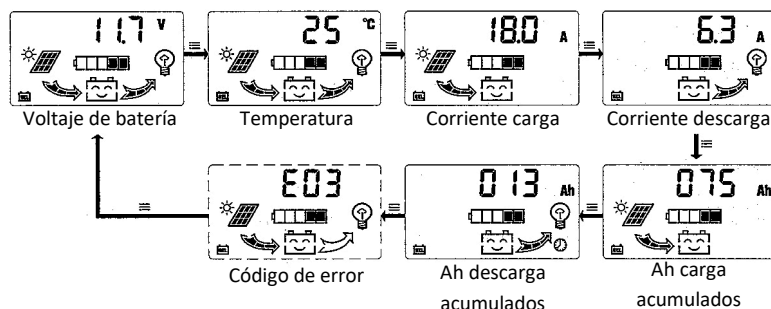
### 4.2. Menús pantalla LCD.

#### 4.2.1. Secuencia de arranque.



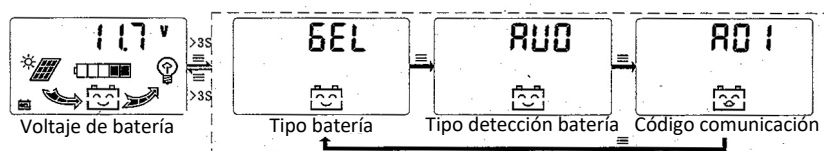
- Se iluminan todos los ítems de la pantalla para poder ver que funciona correctamente.
- Voltaje de la batería detectado por el controlador.
- Intensidad de carga o de descarga máxima del sistema.

#### 4.2.2. Secuencia principal de información en pantalla.



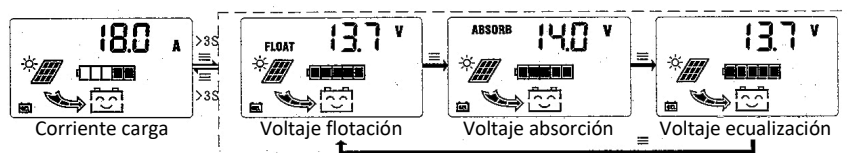
- Para ir avanzando entre las pantallas hay que pulsar el botón izquierdo. Una vez llegemos a la última pantalla, volveremos a la primera de las opciones de visualización.
- En la pantalla “voltaje de batería” o “código de error” si pulsamos el botón derecho habilitaremos y deshabilitaremos la salida de consumo en corriente continua.
- En cualquiera de las pantallas de Ah acumulados, si pulsamos más de 3 segundos seguidos el botón izquierdo, el contador se reiniciará.
- En la pantalla “voltaje de batería” si pulsamos ambos botones simultáneamente de manera prolongada podremos resetear el regulador a sus ajustes de fábrica.

#### 4.2.3. Batería



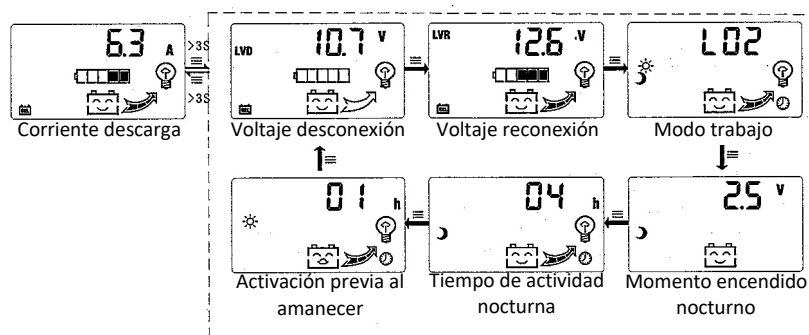
- En el menú principal estando en “voltaje de batería”, si pulsamos durante más de 3 segundos el botón izquierdo accederemos a éste submenú. Mediante pulsaciones cortas del botón izquierdo avanzaremos entre estas 3 opciones. Si hacemos una pulsación corta del botón derecho, podremos cambiar los valores de cada una de estas opciones. Para guardar los cambios haremos de nuevo una pulsación larga del botón izquierdo. Si no tocamos nada en 20 segundos, saldremos al menú principal sin guardar cambios.
- Se pueden establecer 4 tipos de batería para usar los voltajes predefinidos del fabricante (GEL, SLD, FLD y USR) Sólo en caso de elegir USR podremos cambiar los voltajes de cada etapa de carga a nuestro gusto.
- En la detección de batería puede estar en AUTO, en pantalla "A00" (detección automática) o bien establecer nosotros manualmente el voltaje de trabajo de nuestra batería.
- El código de comunicaciones no tiene efecto puesto que el regulador no dispone de dicho puerto. El regulador se reinicia automáticamente cuando se cambia la tecnología de baterías o el voltaje del sistema.

#### 4.2.4. Ajustes de carga



- En el menú principal estando en “corriente carga”, si pulsamos durante más de 3 segundos el botón izquierdo accederemos a éste submenú. Mediante pulsaciones cortas del botón izquierdo avanzaremos entre estas 3 opciones. Si hacemos una pulsación corta del botón derecho, podremos cambiar los valores de cada una de estas opciones. Para guardar los cambios haremos de nuevo una pulsación larga del botón izquierdo. Si no tocamos nada en 20 segundos, saldremos al menú principal sin guardar cambios.
- Sólo se pueden realizar cambios en cada uno de estos apartados si hemos elegido el tipo de batería USR.

#### 4.2.5. Salida de consumo CC



- En el menú principal estando en “corriente carga”, si pulsamos durante más de 3 segundos el botón izquierdo accederemos a este submenú. Mediante pulsaciones cortas del botón izquierdo avanzaremos entre estas 3 opciones. Si hacemos una pulsación corta del botón derecho, podremos cambiar los valores de cada una de estas opciones. Para guardar los cambios haremos de nuevo una pulsación larga del botón izquierdo. Si no tocamos nada en 20 segundos, saldremos al menú principal sin guardar cambios.

- Modos de trabajo de la salida de consumo CC.

Código	Modo de trabajo de consumo en CC
L00	Modo normal con activación manual.
L01	Control automático con activación tras anochecer y antes de amanecer.
L02	Control automático en iluminación.

Los diferentes modos de trabajo tienen configuraciones que se pueden ajustar en el submenú anterior.

## 5. Fallos

### 5.1. Códigos de error y solución a los mismos.

Código de error	Causa	Solución
E01	Batería con exceso de descarga	Recargue la batería manualmente (sin el regulador)
E02	Exceso de consumo en cargas CC – se desconecta esta salida	Reducir consumos en la conexión CC y reconectar pulsando el botón izquierdo. O bien esperar 10 minutos para la reconexión automática.
E03	Cortocircuito en cargas CC – se desconecta esta salida	Corregir el cortocircuito y reconectar pulsando el botón izquierdo. O bien esperar 10 minutos para la reconexión automática.
E04	Fallo en la detección de la batería	Asegúrese de una conexión correcta y firme entre regulador y batería. Que la carga de la batería no sea excesivamente baja. Asegúrese de que si existe otro regulador sobre la misma batería, el voltaje del mismo no sea excesivamente alto.
E05	Carga de batería interrumpida debida a un exceso de temperatura	Permita que el regulador baje su temperatura y se reinicie automáticamente.
E06	Sobre-voltaje en paneles	Asegúrese de que el voltaje en circuito abierto no es demasiado elevado. Reduzca las conexiones en serie de paneles.
E07	Carga de batería interrumpida debido a un exceso de corriente en paneles	Compruebe la potencia de los paneles solares. Reduzca la potencia conectada y espere al reinicio automático del regulador

Fallo	Corrección
No hay señal ni puesta en marcha de la pantalla	Asegúrese de que la batería no está conectada al revés. Asegúrese de que la conexión entre batería y regulador es correcta. Asegúrese de que si tiene protecciones entre ambos componentes estén en la posición correcta (desconector, fusible, etc.)
No hay carga hacia la batería	Asegúrese de que el panel no está conectado al revés. Asegúrese de que el cableado entre panel y batería no está interrumpido y que llega tensión a los extremos que están en el regulador.
La salida de consumo no funciona	Asegúrese de que la conexión en cargas CC no está conectada al revés. Asegúrese de que el controlador no tiene activada la protección por sobrecarga, cortocircuito, sobre-voltaje o voltaje bajo.
La salida de consumo no se activa cuando la hemos programado	Asegúrese de que el modo de salida de consumo está correctamente configurado. Asegúrese que el voltaje de batería no es excesivamente bajo.
La salida de consumo no se activa cuando anochece con el modo automático nocturno	Asegúrese de que el modo de salida de consumo está correctamente configurado. Asegúrese de que el panel solar no recibe ningún tipo de iluminación de otras fuentes.

## 6. Post-Venta

### 6.1. Garantía.

La garantía del fabricante cubre cualquier daño del regulador en los 2 primeros años de uso siempre que su mal funcionamiento sea ajeno al usuario. Cualquier manipulación del aparato conllevará la anulación de la garantía. Todos los fallos derivados de no seguir las instrucciones del presente manual conllevará la anulación de la garantía. Para cualquier duda consulte con su punto de venta o comercial.

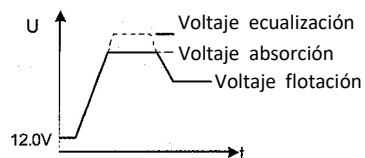
## 7. Datos técnicos

Modelo		10A 12/24V	20A 12/24V	30A 12/24V
Entrada	Voltaje FV	≤50V		
	Intensidad nominal	10A	20A	30A
Salida	Voltaje sistema	12V/24V Auto		
	Desconexión por alto voltaje (HVD)	16.00V x1 / x2		
	Intensidad descarga nominal	10A	20A	30A
	Autoconsumo	≤13mA		
	Caída de tensión circuito carga	≤0.21V		≤0.24V
	Caída de tensión circuito descarga	≤0.12V		≤0.1V
	Modo de carga	PWM Multi-etapas (carga, absorción, flotación, equalización)		
	Voltaje Carga Flotación	13.8V (13V~15V) x1 / x2		
	Voltaje Carga Absorción	2 horas duración	14.4V (13V~15V) x1 / x2	
	Voltaje Carga Equalización		14.6V (13V~15.5V) x1 / x2	
	Protección Bajo Voltaje (LVD)	10.8V (10V~14V) x1 / x2		
	Reconexión Bajo Voltaje (LVR)	12.6V (10V~14V) x1 / x2		
	Salida USB	5V 1A		
Características físicas	Sección cableado	6mm <sup>2</sup>	10mm <sup>2</sup>	16mm <sup>2</sup>
	Temperatura trabajo	-20 ~ +50°C		
	Tamaño (L x W x H)	188 x 95 x 46.5mm		
	Peso neto	355g		

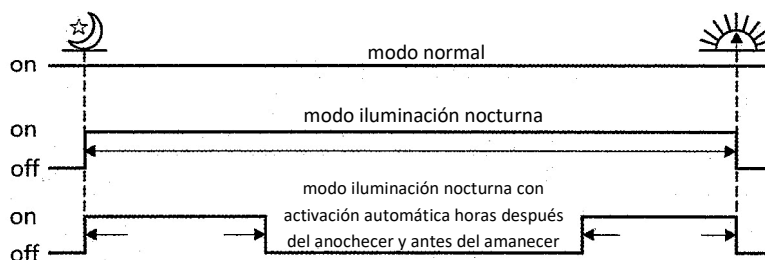
Tipo de batería:

Tipo batería	Voltaje de flotación	Voltaje de absorción	Tiempo de absorción (h)	Voltaje de equalización	Tiempo de equalización (h)	Intervalo entre equalizaciones (días)
GEL	13.8	14.2	2	-	-	-
Sellada (SLD)	13.8	14.4	2	14.6	2	28
Plomo abierto (FLD)	13.8	14.6	2	14.8	2	28
Personalizada (USR)	13.8	14.4	2	14.6	2	28

Modo de carga



Modo de consumo



## Regulador de carga MPPT.

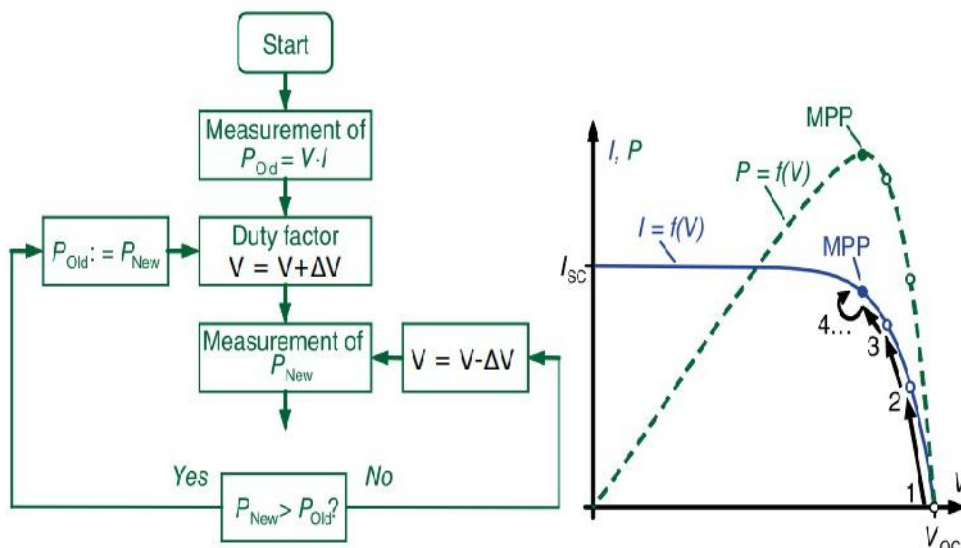
Las siglas significan Maximum Power Point Tracking (Seguidor del Punto de Máxima Potencia): El regulador analiza el flujo de energía proveniente de los paneles con su algoritmo interno y adecua la tensión de entrada óptima para sacarles todo el rendimiento posible. La tensión se convierte en C.A. en alta frecuencia para después volver a convertirla en C.C., esta vez con unos parámetros perfectos para la carga de los acumuladores. Estos reguladores están muy indicados para instalaciones de venta a red, con tensiones no-convencionales para carga directa, e incluso establecer circuitos en serie hasta los 145Vcc. Esto a su vez permite reducir la sección de los conductores o aumentar la distancia para una misma sección. Permite también el mejor aprovechamiento de los paneles ante bancos de batería descargados y de tensión baja, precisamente cuando más hace falta. Así mismo permite aprovechar los momentos de frío, cuando aumenta la tensión dado su amplio rango de entrada.



### Seguimiento de MPP.

Una de las funcionalidades clave que incorporan muchos reguladores de carga es el seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT: Maximum Power Point Tracking). Recordando lo visto en la anteriormente para los convertidores DC/DC, es fácil darse cuenta de que un generador FV (pensemos en un único módulo por ejemplo) generará una potencia determinada en función de la irradiancia, la temperatura (que hemos visto que también influye) y la carga eléctrica asociada. La situación ideal será que el generador se sitúe siempre en el punto MPP, pero esto no ocurrirá normalmente salvo que se realice un control o seguimiento de dicho punto.

Aunque existen varios algoritmos MPPT, uno de los más conocidos y empleados es el de Perturbación y Observación P&O (Perturbation & Observation). El principio de operación (ilustrado en la Figura 92) es sencillo: se trata de ir variando el voltaje del generador FV y evaluar la potencia asociada al punto de trabajo para encontrar el máximo punto en potencia, que será el MPP.





# Seguidor del punto de máxima potencia

Un seguidor del punto de máxima potencia o seguidor MPP (Maximum Power Point Tracking - MPPT) es un adaptador eléctrico que hace trabajar al generador fotovoltaico en la zona de su curva característica donde entrega la máxima potencia, independientemente de la carga conectada al generador.

En la unidad 1 vimos que la potencia entregada por un generador fotovoltaico depende del punto de trabajo sobre su curva característica, existiendo un punto en el que el generador entrega la máxima potencia. También vimos que el punto de trabajo depende de la temperatura, la irradiancia y la resistencia eléctrica del circuito conectado al generador fotovoltaico.

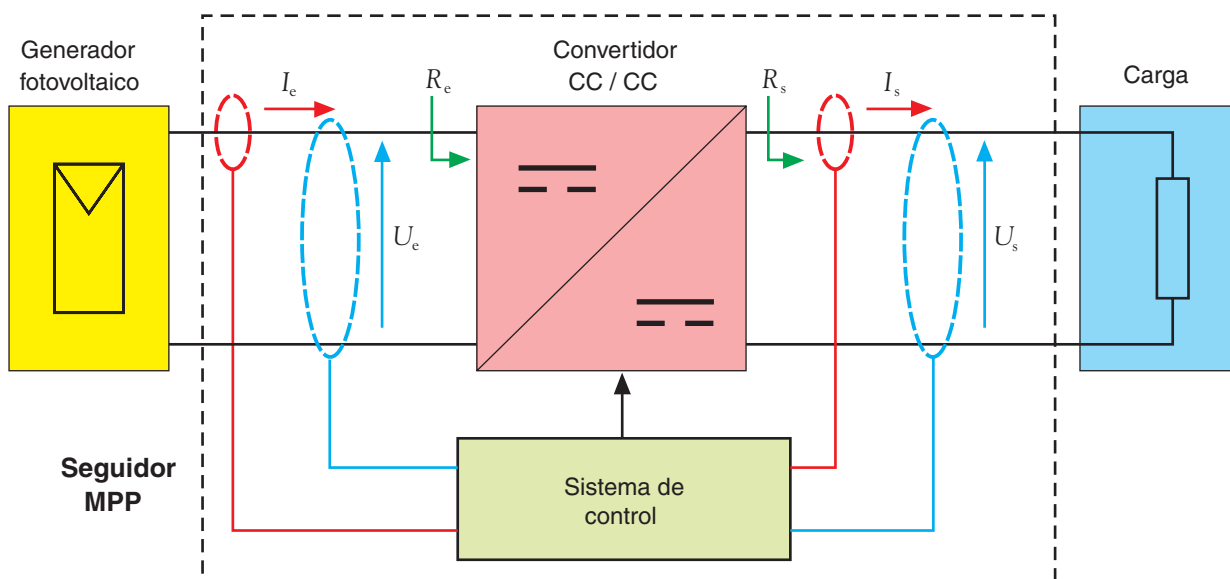
Es evidente que las variaciones de temperatura e irradiancia son inevitables al estar a la intemperie, pero la resistencia que ve el generador fotovoltaico se puede variar a voluntad utilizando un convertidor CC/CC que va a funcionar como adaptador de impedancias entre el generador y el resto del circuito del sistema fotovoltaico.

## vocabulario

### Español – Inglés

Seguidor del punto de máxima potencia (MPP):  
*maximum power point tracking (MPPT).*

Convertidor CC/CC:  
*DC-DC converter.*



↑ Figura 3.11. Esquema funcional de un seguidor MPP.

Un seguidor MPP es un convertidor CC / CC que se sitúa entre la salida del generador fotovoltaico y el resto del sistema que actúa como carga (figura 3.11).

En un convertidor CC / CC genérico se cumple que:

$$[2] \quad d = \frac{U_e}{U_s} = \frac{I_s}{I_e}$$

Donde  $d$  es la relación de conversión que el sistema de control del seguidor MPP puede variar durante el funcionamiento, aumentando o disminuyendo el ciclo de trabajo del circuito de conmutación PWM que incorpora el convertidor CC / CC.

En el seguidor MPP, la resistencia de entrada  $R_e$  del convertidor CC/CC es la resistencia que ve el generador fotovoltaico y por lo tanto la que fija el punto de funcionamiento en su curva característica.

Esta resistencia tiene como valor:

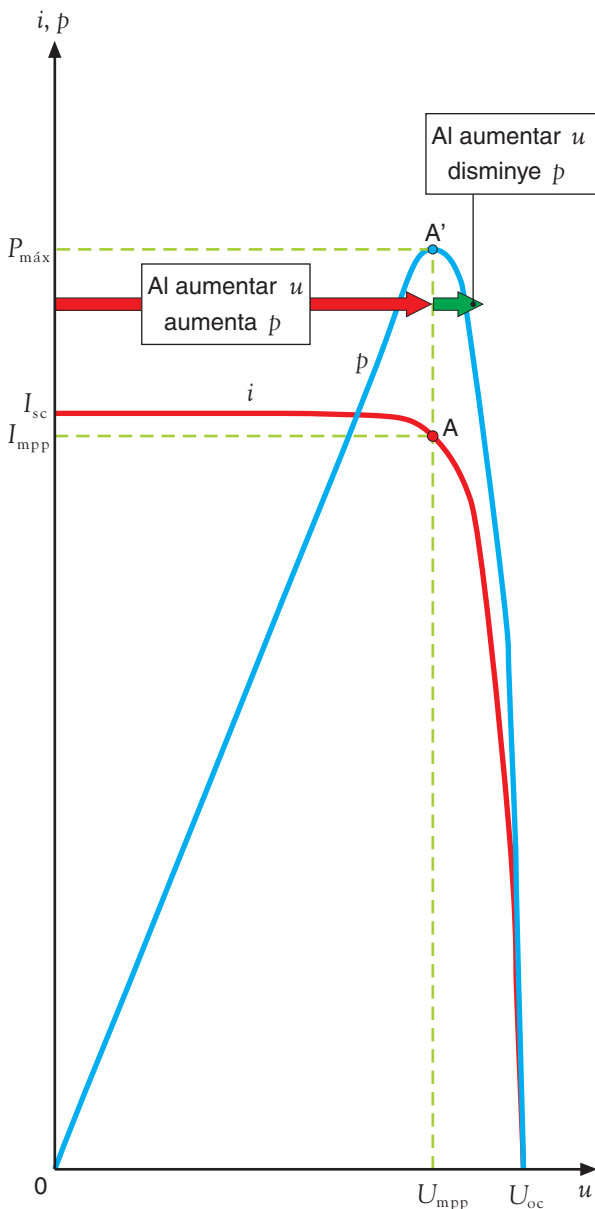
$$[3] \quad R_e = \frac{U_e}{I_e}$$

La resistencia  $R_s$  que ve el convertidor CC / CC es la resistencia de la carga, formada por el resto del sistema fotovoltaico, que tiene como valor:

$$[4] \quad R_s = \frac{U_s}{I_s}$$

De las expresiones [2], [3] y [4] se obtienen las relaciones:

$$[5] \quad \left. \begin{array}{l} U_e = d \cdot U_s \\ I_e = \frac{I_s}{d} \end{array} \right\} \quad \frac{U_e}{I_e} = \frac{d \cdot U_s}{\frac{I_s}{d}} = d^2 \cdot \frac{U_s}{I_s} \quad R_e = d^2 \cdot R_s$$



↑ **Figura 3.12.** Curva característica  $i-u$  y  $p-u$  de un generador fotovoltaico.

La expresión anterior demuestra que variando el valor de  $d$  se puede adaptar la resistencia  $R_e$  que ve el generador fotovoltaico para que coincida con la carga que extrae la máxima potencia de dicho generador.

El sistema de control del seguidor MPP (figura 3.11) mide continuamente las intensidades de entrada  $I_e$  y de salida  $I_s$  y las tensiones de entrada  $U_e$  y de salida  $U_s$ . A partir de esas medidas modifica la relación de conversión  $d$  para conseguir que la tensión  $U_e$  y la corriente  $I_e$  se aproximen a los valores de  $U_{mpp}$  e  $I_{mpp}$  del generador fotovoltaico.

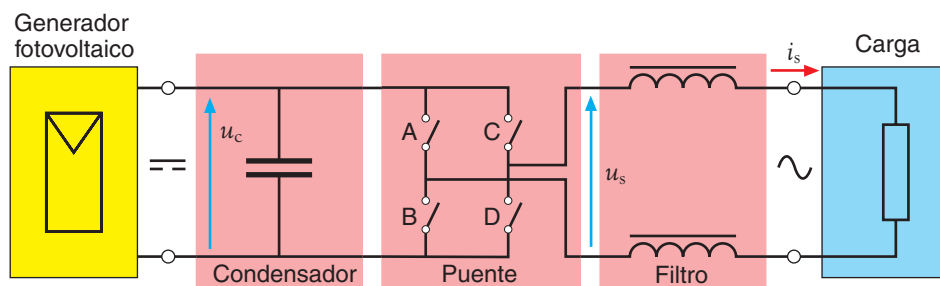
El método más utilizado por el sistema de control del seguidor MPP, para hacer el seguimiento del punto de máxima potencia, se basa en la detección de los aumentos y disminuciones de la tensión  $u$  del generador fotovoltaico al variar el convertidor la relación de conversión  $d$ . La figura 3.12 representa la curva característica  $i-u$  y  $p-u$  de un generador fotovoltaico, donde se puede ver que al aproximarse al punto de máxima potencia A por la izquierda, los aumentos de tensión producen un aumento de la potencia, y al alejarse del punto de máxima potencia A por la derecha, los aumentos de tensión producen una disminución de la potencia.

Los **seguidores MPP** se incluyen como **parte integrante** de los **inversores** para **sistemas fotovoltaicos conectados a la red**.

En los **sistemas fotovoltaicos autónomos** no es frecuente el **uso** de reguladores de carga con **seguidor MPP**, porque encarece dicho regulador sin aportar ventajas significativas en el funcionamiento del sistema, cuando se trabaja con módulos fotovoltaicos con tensiones adaptadas a la carga de baterías (12 o 24 V). Sin embargo, en aquellos casos donde se desee utilizar módulos fotovoltaicos con tensiones no adaptadas para la carga de baterías o se quiera diseñar el generador fotovoltaico con una tensión más elevada, que permita la reducción de la sección de los conductores, el seguidor MPP permite la adaptación del nivel de tensión del generador al nivel de tensión necesario en la regulación de carga de la batería, por ejemplo, tensión del generador fotovoltaico 100 V, tensión de la batería de acumuladores 24 o 48 V.

# Funcionamiento y configuraciones de un inversor

La figura 3.22 representa el diagrama de bloques de un inversor básico. Los semiconductores de potencia (generalmente transistores MOSFET o IGBT) que actúan como dispositivos de conmutación electrónica se representan por interruptores. No se representa el sistema de control para facilitar la comprensión, entendiendo que los interruptores se abren y cierran controlados por dicho sistema.



↑ **Figura 3.22.** Diagrama de bloques esquemático de un inversor básico.

La función principal de un inversor es formar una corriente alterna a partir de la corriente continua producida por el generador fotovoltaico (figura 3.23). Como la corriente alterna tiene valores positivos y negativos, es necesario que el inversor sea capaz de invertir la polaridad de la tensión que recibe del generador fotovoltaico. Para ello se utiliza un circuito de conmutación electrónica similar al bloque denominado puente de la figura 3.22.

Los interruptores A, B, C y D representan a los dispositivos de conmutación que abren y cierran de forma alterna para producir periodos cuya duración es el valor inverso de la frecuencia deseada (para una frecuencia de  $f = 50$  Hz el periodo es  $1/f$ , es decir  $1/50 = 0,02$  segundos). Durante un semiperiodo se cierran C y B, permaneciendo A y D abiertos, para poner en la salida la tensión del generador con la polaridad positiva. En el semiperiodo siguiente se cierran los interruptores A y D, permaneciendo C y B abiertos, para poner en la salida la tensión del generador con polaridad negativa. La onda de la tensión resultante es una onda cuadrada (figura 3.24) que tiene valores positivos y negativos pero no es senoidal y no se podría utilizar prácticamente en ningún receptor eléctrico.

Para conseguir una onda de tensión senoidal se recurre a realizar con los interruptores del puente una modulación PWM (figura 3.25). Durante el semiperiodo en el que trabajan los interruptores C y B, se abren y cierran a una frecuencia elevada, en torno a 20 kHz, para producir pulsos de tensión de anchura variable, cuya tensión media coincide con el valor instantáneo que debe tener la onda de tensión senoidal. A continuación se reproduce el semiperiodo negativo de la onda senoidal haciendo trabajar a los interruptores A y D del mismo modo.

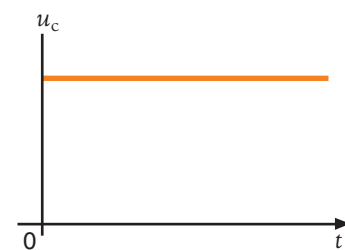
Para conseguir que la intensidad de la corriente producida por el generador se mantenga durante las interrupciones de los interruptores del puente se coloca un filtro inductivo, también denominado filtro PWM, (figura 3.22) a la salida del puente. Las bobinas del filtro absorben energía cuando los interruptores están ce-

## vocabulario

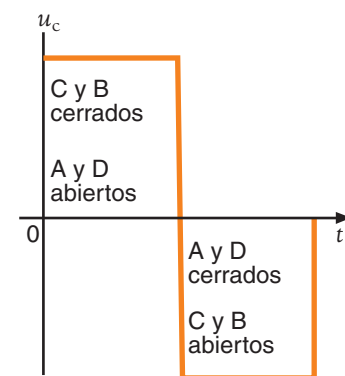
### Español – Inglés

Transistor de Efecto de Campo Metal Óxido Semiconductor: *Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor (MOSFET)*.

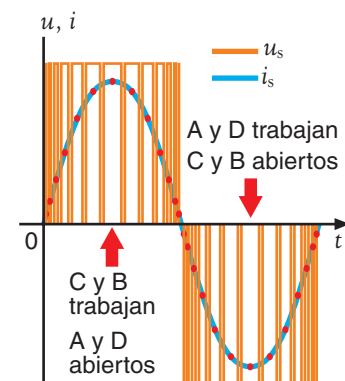
Transistor Bipolar de Puerta Aislada: *Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT)*.



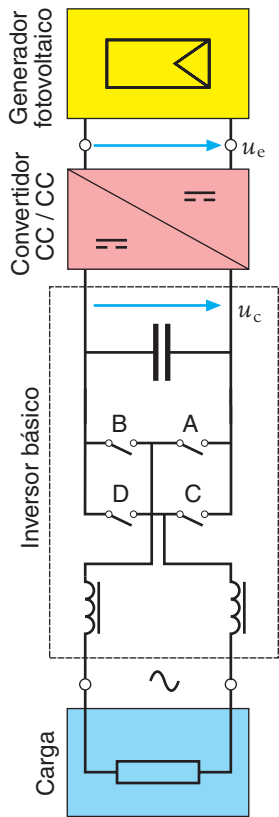
↑ **Figura 3.23.** Corriente continua a la entrada del inversor.



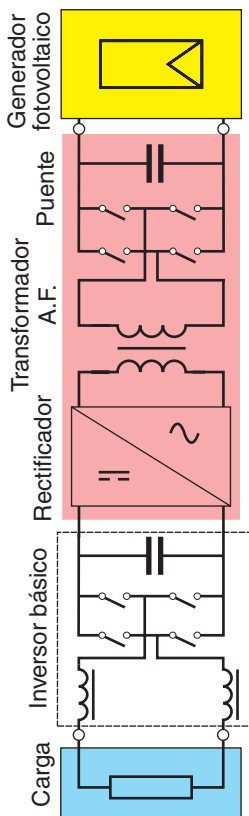
↑ **Figura 3.24.** Onda cuadrada producida en un inversor elemental.



↑ **Figura 3.25.** Onda PWM producida por un inversor.



↑ **Figura 3.26.** Inversor con convertidor CC/CC.



↑ **Figura 3.27.** Inversor con aislamiento AF.

rrados y la devuelven a la carga cuando están abiertos, de esa forma la corriente  $i_s$  (figura 3.25) en la carga tiene forma senoidal.

Para transmitir la energía eléctrica necesaria de forma continua es necesario situar un condensador en la entrada del puente (figura 3.22). Este condensador es de gran capacidad para permitir el suministro de los picos de corriente demandados por el puente durante la conmutación.

La estructura básica de inversor mostrada se puede utilizar con muchas limitaciones, teniendo en cuenta que un generador fotovoltaico puede funcionar con tensiones muy diversas en función del conexionado de los módulos, pero añadiendo otros bloques se puede ampliar el rango de tensiones de entrada, además de proporcionar otras funciones que son necesarias en muchas aplicaciones. A continuación se describen las más importantes.

La tensión de salida de un inversor es de 230 V para un sistema monofásico. Para obtener una tensión eficaz de 230 V hace falta generar una onda de tensión senoidal de 325 V de valor máximo. Esto hace que en la mayoría de los inversores sea necesario un bloque **convertidor CC / CC** previo al condensador del inversor (figura 3.26) que adapte la tensión del generador fotovoltaico  $u_c$  al valor de tensión  $u_c$  requerido en el condensador y el puente. A este bloque convertidor se le dota también de los elementos necesarios para realizar el **seguimiento del punto de máxima potencia MPP** del generador fotovoltaico.

Otra función que puede tener un inversor es el **aislamiento galvánico** entre el generador fotovoltaico que genera corriente continua y la red de corriente alterna. Este aislamiento es obligatorio en España en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red (R.D. 1663/2000. Art. 12. «La instalación deberá disponer de una separación galvánica entre la red de distribución de baja tensión y las instalaciones fotovoltaicas, bien sea por medio de un transformador de aislamiento o cualquier otro medio que cumpla las mismas funciones, con base en el desarrollo tecnológico»).

Este aislamiento habitualmente se realiza con un transformador que, si se instala en la salida del inversor, se denomina aislamiento BF (Baja Frecuencia) y si se instala en la entrada del inversor se denomina aislamiento AF (Alta Frecuencia).

Los inversores con aislamiento AF (figura 3.27) llevan un bloque de conmutación electrónica que convierte la corriente continua del generador fotovoltaico en una corriente alterna de alta frecuencia mediante un puente convertidor. Esta corriente alterna se aplica al primario de un transformador que realiza las funciones de aislamiento y adaptación de los valores de tensión y corriente. La corriente alterna recogida en el secundario del transformador se aplica a un rectificador que la convierte de nuevo en corriente continua. Esta corriente continua la recibe el bloque inversor básico que la convierte en corriente alterna senoidal con las características requeridas en la carga o en la red.

Este tipo de inversor, al trabajar el transformador con alta frecuencia, tiene la ventaja del poco volumen y peso, aunque la mayor complejidad del bloque de conmutación y rectificación disminuye su fiabilidad. Tienen mayor rendimiento que los inversores con aislamiento BF. Necesitan un sistema de control de ausencia de componente continua en la conexión a la red.

## Proyecto tipo para calcular una instalación solar fotovoltaica aislada de red. Según IDAE.

### Cálculo de consumos estimados.

Establecemos los equipos básicos necesarios que consumirán energía, por ejemplo los siguientes:

Bombillas LED: 6 unidades x 5 horas x 10 Watios (100%) = 300 Wh

Televisión: 1 unidad x 4 h x 70 W (100%) = 280 Wh

Ordenador portátil: 2,5 h x 60 W (100%) = 150 Wh

Nevera: 24 h x 200 W (50%) = 2400 Wh

Microondas: 0,5 h x 800 W (100%) = 400 Wh

Lavadora: 0,5h x 800 W = 400 Wh

Otros:

Router wifi, cargadores de móvil, Tablet...= 10 h x 19 W=190 Wh

Así pues, si sumamos los diferentes consumos parciales, obtenemos el consumo diario total estimado para nuestra casa de ejemplo: Total consumos por día estimados

$$E_d = 4120 \text{ Wh / día.}$$

Potencias típicas de los elementos mas comunes que se instalan en las viviendas.

Electrodoméstico	Potencia
Frigorífico	250 – 350 W (0,250 – 0,350 KW)
Microondas	900 - 1500 W (0,900 – 1,500 KW)
Lavadora	1500 - 2200 W (1,500 – 2,200 KW)
Lavavajillas	1500 - 2200 W (1,500 – 2,200 KW)
Horno	1200 - 2200 W (1,200 – 2,200 KW)
Vitrocerámica	900 - 2000 W (0,900 – 2,000 KW)
Televisor	150 - 400 W (0,150 – 0,400 KW)
Aire acondicionado	900 - 2000 W (0,900 – 2,000 KW)
Calefacción eléctrica	1000 - 2500 W (1,000 – 2,500 KW)
Calefacción eléctrica de bajo consumo	400 – 800 W (0,400 – 0,800 KW)



## Irradiación sobre las placas.

Obtenida a partir de alguna de las siguientes fuentes:

- Instituto Nacional de Meteorología
- Organismo autonómico oficial.

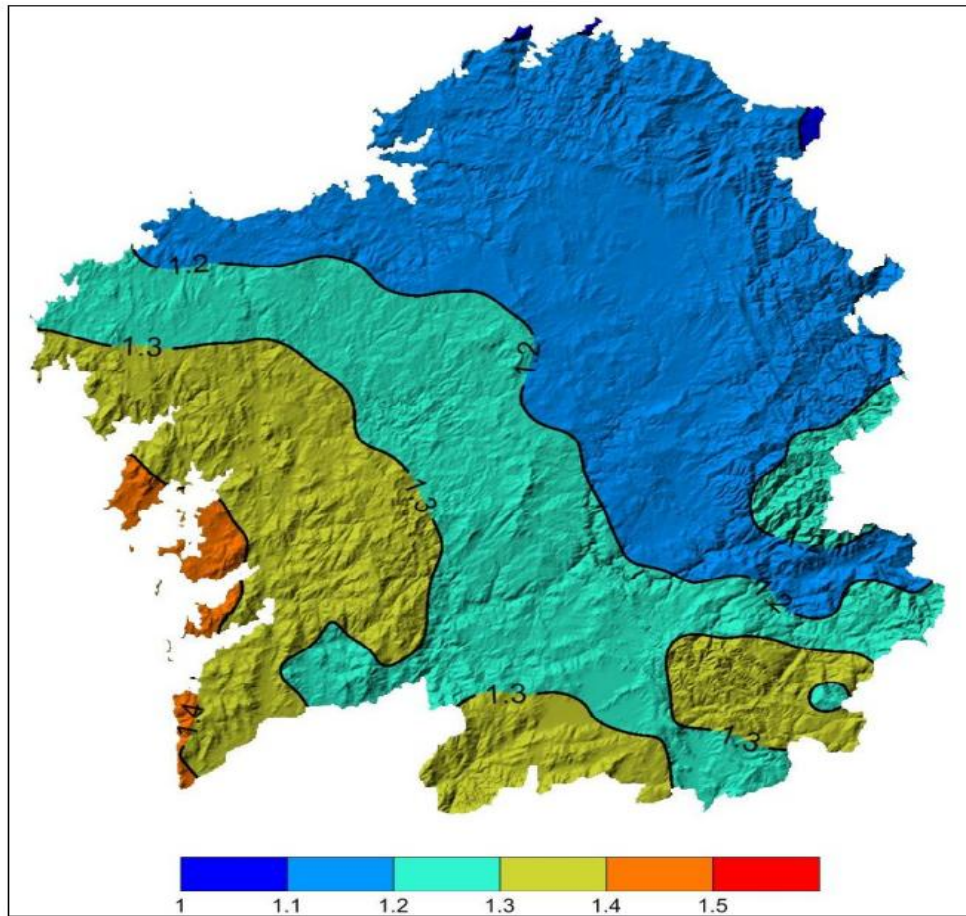


Fig. C-13: Insolución Global diaria [ $\text{kWh m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ ] – promedio mensual Diciembre

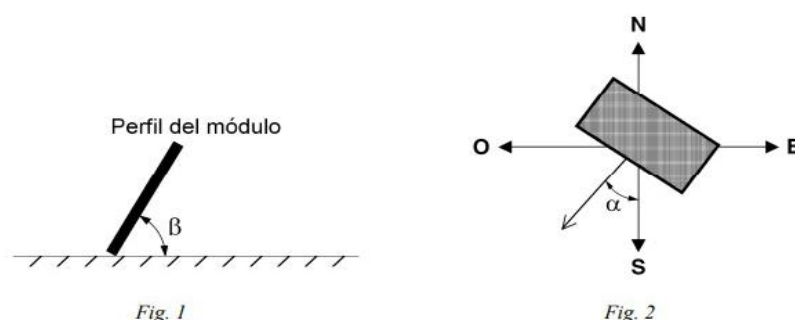
También podemos utilizar la aplicación PVGIS para comparar y tener una referencia de los valores a utilizar.

Para Muros con una **Latitud: 42° 46 27 Norte, Longitud 9° 3 27 Oeste** la insolución **media** para una placa solar en posición horizontal, en el mes de Diciembre (que es el mes más desfavorable y así nos aseguramos que se cubrirá la demanda durante todo el año) es de:

$$G_{dm}(0) = 1,4 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{dia}$$

Se determinará la orientación e inclinación óptimas ( $\beta = 0^\circ$ ,  $\beta_{opt}$ ) para el período de diseño elegido. En la tabla III se presentan períodos de diseño habituales y la correspondiente inclinación ( $\beta$ ) del generador que hace que la colección de energía sea máxima.

Orientación e inclinación óptimas. Pérdidas por orientación e inclinación.



Se determinará la orientación e inclinación **óptimas** ( $\alpha = 0^\circ$ ,  $\beta_{opt}$ ) para el período de diseño elegido. En la tabla III se presentan períodos de diseño habituales y la correspondiente inclinación ( $\beta$ ) del generador que hace que la colección de energía sea máxima.

Tabla III

Período de diseño	$\beta_{opt}$	$K = \frac{G_{dm}(\alpha=0, \beta_{opt})}{G_{dm}(0)}$
Diciembre	$\phi + 10$	1,7
Julio	$\phi - 20$	1
Anual	$\phi - 10$	1,15

$\phi$  = Latitud del lugar en grados

Por lo tanto el ángulo óptimo para el lugar representado es de **(0°, 52°)**.

El diseñador buscará, en la medida de lo posible, orientar el generador de forma que la energía captada sea máxima en el período de diseño ( $\alpha = 0^\circ$ ,  $\beta_{opt}$ ). Sin embargo, no será siempre posible orientar e inclinar el generador de forma óptima, ya que pueden influir otros factores como son la acumulación de suciedad en los módulos, la resistencia al viento, las sombras, etc.

La mayoría de las veces se utilizan los **tejados** como soporte de las placas, y en muchas ocasiones la orientación e inclinación de los mismos no coincide con las condiciones óptimas de las placas.

Para calcular el factor de irradiación para la orientación e inclinación elegidas se utilizará la expresión aproximada:

$$FI = 1 - [1,2 \times 10^{-4} (\beta - \beta_{opt})^2 + 3,5 \times 10^{-5} \alpha^2] \quad \text{para } 15^\circ < \beta < 90^\circ$$

$$FI = 1 - [1,2 \times 10^{-4} (\beta - \beta_{opt})^2] \quad \text{para } \beta \leq 15^\circ$$

[Nota:  $\alpha$ ,  $\beta$  se expresan en grados]

Los datos de inclinación del tejado para éste caso es **(7°, 45°)**.

$$FI = 1 - [0,00012 (45^\circ - 52^\circ)^2 + 0,000035 (7^\circ)^2] \quad FI = 0,999 \quad 1$$

Teniendo en cuenta lo anterior, la irradiación sobre las placas solares quedaría:

$$G_{dm}(\alpha, \beta) = G_{dm}(0) \cdot K \cdot FI \cdot FS$$

$$G_{dm}(7^\circ, 45^\circ) = 1,4 \cdot 1,7 \cdot 1 \cdot 1 \quad G_{dm}(7^\circ, 45^\circ) = 2,38 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{dia}$$

**K se consigue de la tabla III anterior.**

**El factor de sombreado FS se considera 1, es decir, sin sombras.**

### **Dimensionamiento del generador (placas solares).**

El dimensionado mínimo del generador, en primera instancia, se realizará de acuerdo con los datos anteriores, según la expresión:

$$P_{mp, min} = \frac{E_D \cdot G_{CEM}}{G_{dm}(\alpha, \beta) \cdot PR}$$

Pm = potencia pico del generador.

Ed = consumo diario en Kwh/día

Gcem = 1.000w/m2 = 1Kw/m2

Gdm ( , )= irradiación sobre los paneles con inclinación y orientación **real**.

PR = Rendimiento energético de la instalación o "Performance Ratio", PR.

Para el cálculo, se utilizarán los valores de PR especificados en el punto 2.8 del anexo del IDAE.

Este factor considera las pérdidas en la eficiencia energética debido a:

La temperatura.

El cableado.

Las pérdidas por dispersión de parámetros y suciedad.

Las pérdidas por errores en el seguimiento del punto de máxima potencia.

La eficiencia energética, Orb , de otros elementos en operación como el regulador, batería, etc.

La eficiencia energética del inversor, Oinv.

Otros.

Valores típicos son, en sistemas con inversor, PR 0,7 y, con inversor y batería, PR 0,6.

A efectos de cálculo y por simplicidad, se utilizarán en sistemas con inversor PR = 0,7 y con inversor y batería PR = 0,6. **Como se van a utilizar baterías: PR = 0,6.**

$$P_{mp, min} = (E_D \cdot G_{CEM}) / (G_{dm}(\alpha, \beta) \cdot PR) \quad P_{mp, min} = (4,120 \text{ kWh} / \text{ día} \cdot 1 \text{ kW/m}^2) / (2,38 \cdot 0,6) = 2,88 \text{ kW}$$

Por lo tanto se trata de conseguir 2,88 kW pico.

**Seleccionamos un panel monocristalino de 400 W pico. Tensión a máxima potencia de 30,6 Voltios.**

Por lo tanto para conseguir una potencia de 2,88 kW el numero de paneles a montar será de:

$2880 / 400 = 7,2$  paneles. Se seleccionan 8 paneles que darán una potencia pico de **3200 Watios**.

Apartado 4.2.4. El instalador podrá elegir el tamaño del generador y del acumulador en función de las necesidades de autonomía del sistema, de la probabilidad de pérdida de carga requerida y de cualquier otro factor que quiera considerar. El tamaño del generador será, **como máximo**, un 20% superior al Pmp, min calculado anteriormente.

### Elección de la tensión de la instalación.

Normalmente se utilizan las siguientes tensiones en función de la potencia de la vivienda:

Potencia demandada por el sistema (W)	Tensión de trabajo del sistema fotovoltaico (Volts.)
Menos de 1.500W	12V
Entre 1.500W y 5.000W	24- 48V
Más de 5.000W	120-300V

Para el siguiente caso se elegirá una tensión de trabajo de 48 V, ya que la potencia es de 3200 W.

**Esta será la tensión de las baterías y demás componentes de la instalación** y la de uso de los aparatos que conectemos en corriente continua.

Para conseguir lo anterior se colocarán 4 cadenas (**strings**) en paralelo; cada cadena compuesta de 2 paneles en serie.

### Cálculo de la previsión de potencia.

Ahora que ya se han calculado los consumos se tiene que hacer una previsión de la potencia instalada.

Carga = Potencia.

Esto es necesario para conocer si la instalación necesita Proyecto de un Ingeniero, o simplemente una Memoria Técnica de Diseño (MTD) de un Técnico electricista.

**Según el REBT-ITC-10, todas las instalaciones generadoras, incluidas las fotovoltaica, mayores de 10 kW de potencia necesitan proyecto. Las de menor potencia prevista solo MTD.**

Previsión de potencia según el REBT.

Se puede utilizar el REBT en su ITC10 para decidir la potencia prevista, por ejemplo en una vivienda nueva:

“Con previsión de utilización de sistemas de calefacción eléctrica o de acondicionamiento de aire o con superficies útiles de la vivienda superiores a 160 m<sup>2</sup>, o con una instalación para la recarga del vehículo eléctrico en viviendas unifamiliares, o con cualquier combinación de los casos anteriores será una instalación de electrificación elevada.”

Para el resto, será básica.

Electrificación	Potencia a 230V	Calibre IGA
Básica	5.750 W	25 A
	7.360 W	32 A
Elevada	9.200 W	40 A
	11.500 W	50 A
	14.490 W *	63 A

### Cálculo de baterías.

La autonomía mínima del sistema será de **tres días**.

Como caso general, la capacidad nominal de la batería no excederá en 25 veces la corriente de cortocircuito en CEM del generador fotovoltaico.

La máxima profundidad de descarga (referida a la capacidad nominal del acumulador) no excederá el 80 % (salvo excepciones).

La autonomía del sistema se calculará mediante la expresión:

$$A = \frac{C_{20} \cdot PD_{\max}}{L_D} \eta_{\text{inv}} \eta_{\text{rb}}$$

A = Autonomía del sistema en días.

C<sub>20</sub> = Capacidad del acumulador en Ah (\*)



(\*) La utilización de C20 en lugar de la C100 lleva a sobredimensionar el acumulador un 25 %, pero se compensa con la pérdida de capacidad con el tiempo.

$PD_{max}$  = Profundidad de descarga máxima.

$i_{inv}$  = Rendimiento energético del inversor.

$r_b$  = Rendimiento energético del acumulador + regulador.

$L_D$  = Consumo diario medio de la carga en Ah.

Para propósitos de dimensionado del acumulador, se calculará el **consumo medio diario en Ah/día,  $L_D$** , como:

$$L_D \text{ (Ah/día)} = E_D \text{ (Wh/día)} / V_{NOM} \text{ (V)} \quad L_D \text{ (Ah/día)} = 4120 / 48 \quad L_D \text{ (Ah/día)} = 85,83 \text{ Ah/día}$$

$$C_{20} = A \cdot L_D / PD_{max} \cdot i_{inv} \cdot r_b \quad C_{20} = 3 \cdot 85,83 / 0,8 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \quad C_{20} = 397,36 \text{ Ah}$$

**La batería elegida es una batería solar** formada por un conjunto de 24 *acumuladores solares de 2 voltios 4 TOPzS 353, 371Ah C10 y 493Ah C100* translúcido, interconexiones con puentes flexibles, aislado y atornillables.

La construcción de los elementos *TOPzS* es de placa tubular de bajo contenido en antimonio y por tanto tienen muy bajo mantenimiento al igual que los elementos **OPzS**.

Los recipientes translúcidos permiten un control visual del nivel de agua mediante sus marcas de nivel máximo y mínimo. La vida de la *batería* es de 1500 ciclos al 80% de descarga y 3000 ciclos al 50%, lo que permite una vida superior a 15 años.

Los **acumuladores solares TOPzS** son una de las mejores opciones calidad-precio para *instalaciones fotovoltaicas aisladas*. Esta batería se envía con todos sus puentes y tornillos necesarios, pero los racks no están incluidos en el precio que es de **3.302,32€**.





Para el caso de baterías de ion-litio.

La energía para tres días sería de: 397,36 Ah · 48 V = 19.073 Wh.

Se selecciona un valor mayor a la cantidad de energía diaria que es de 19.073 Wh en 3 días.

Se seleccionarán dos módulos Battery-Box Pro 10.0 de 10,24 kWh cada uno. En total serían 20.480 Wh.



	Battery-Box Pro 2.5	Battery-Box Pro 5.0	Battery-Box Pro 7.5	Battery-Box Pro 10.0	Battery-Box Pro 13.8
Módulos	1 módulo	B-Plus L 2.5 (2.56 kWh)			GBSSB 2 módulos
Energía Disponible [1]	2.56 kWh	5.12 kWh	7.68 kWh	10.24 kWh	13.8 kWh
Potencia de Salida Máx	2.56 kW	5.12 kW	7.68 kW	10.24 kW	12.8 kW
Potencia de Salida Pico	5.12 kW, 30 s	10.24 kW, 30 s	15.36 kW, 30 s	20.48 kW, 30 s	13.3 kW, 60 s
Eficiencia (Carga/Descarga)	≥95.3 % [1]				≥95.3 % [1]
Voltaje Nominal	51.2 V				51.2 V
Rango de Voltaje Operativo	43.2–56.4 V				40–59.2 V
Comunicación	RS485 / CAN				RS485 / CAN
Dimensiones (W/H/D)	600 x 883 x 510 mm				650 x 800 x 550 mm
Peso	79 kg	113 kg	146 kg	180 kg	181 kg
Índice de Protección	IP20				IP20
Garantía	10 años				10 años
Temperatura de Operación [2]	-10 °C to +50°C				-10 °C to +50°C
Certificación	TUV (IEC62619) / CE / UN38.3 / Sicherheitsleitfaden Li-Ionen-Hausspeicher				TUV / CE / UN38.3
Escalabilidad	Máximo 32 B-Plus 2.5 en paralelo / 81.92 kWh				Máx 32 sistemas en paralelo/441.6 kWh
Inversores Compatibles	SMA / GOODWE / SOLAX / Victron / Sungrow / Selectronic, y más marcas serán anunciadas				
Aplicaciones	ON-Grid / ON-Grid + Backup / OFF Grid (Véase la Lista de Configuración Mínima de BYD)				

[1] Condiciones de Test: 100% DOD, 0.2C carga y descarga + 25 °C

[2] < 10 °C reducción de potencia

Módulo **B-Plus litio de 2.5KW** para ampliar la potencia del sistema de baterías B-Box de la marca BYD. Se puede **augmentar la capacidad de almacenamiento conectando los módulos** en paralelo. Mediante un módulo Byd B-Plus se puede ampliar en 2,56 kWh la capacidad de la batería Byd B-Box hasta llegar a los 10,24 kWh es decir, cada **B-Box puede contener un máximo de 4 B-Plus**.

El módulo de **batería B-Plus** es de litio también conocido **LiFePo4 (Litio-Fosfato de hierro)**. La química LiFePo, conocido como una de las tecnologías de almacenamiento más adecuadas, está diseñada para instalaciones solares fotovoltaicas en viviendas, comercios e industriales. Las baterías **B-Plus tienen una vida útil mayor de 6000 ciclos y 10 años de garantía de fábrica**.

El módulo se instala en uno de los huecos libres dentro del armario conocido como **B-Box de la marca BYD**, y se conecta mediante el cable CAN al BMS de la batería BYD.

En el momento de la **instalación de los módulos es necesario asignarle una dirección a cada batería dependiendo del número de módulos instalados**. Esto se configura mediante los pines ubicados en cada uno de ellos.

- Capacidad útil de cada módulo: 2,56 Kwh
- Voltaje nominal: 48 V (51,2 V)
- Voltaje de trabajo: 43,2 V - 56,4 V
- Potencia constante/pico entregada: 1,75 kW / 2,5 kW (30 s.)
- IP20; -10 a +50°C de temperatura de funcionamiento
- Comunicaciones: CAN / RS485

●Peso: 39,4 kg

●Dimensiones (mm): 483 x 400 x 130

B-Box 10.0 contiene el armario + 4 módulos B-Plus de 2.5kWh

El precio de cada armario con las baterías sería de 6000 euros. Los dos armarios tendrían un precio de 12000 euros.



OJO ¡¡¡Nunca conectar las baterías en paralelo!!! Ver esto.

Teóricamente se sumarían las capacidades, pero en la práctica conectarlas en paralelo reduce drásticamente la vida de las baterías, y siendo la parte más cara de la ISFTV (instalación solar fotovoltaica) esto nunca interesa.

**En paralelo solo se puede hacer con las baterías de Litio.**

## Regulador de carga.

Para que aguante **la corriente procedente del generador fotovoltaica (de entrada)**, lo que se suele hacer es cumplir con las recomendación del IDAE, que dice que deben ser capaces de aguantar un 25% más que la intensidad de cortocircuito de los generadores fotovoltaicos.

En resumen, se multiplica la Isc total por 1,25, siendo el 1,25 un factor de seguridad para evitar daños ocasionales en el regulador.

La Isc total sería la intensidad de cortocircuito para todas las ramas en paralelo.

La intensidad de cortocircuito para cada cada "string" lo sacamos de la hoja de datos de la placa.

$$I_{sc} = 10,36 \times 4 = 41,44 \text{ A.}$$

$$\text{Recomendación IDAE} = 41,44 \times 1,25 = 51,8 \text{ A.}$$

**Por lo tanto se seleccionará un regulador de 48V con una intensidad de carga mayor de 51,8A y MPPT (con seguidor del punto de máxima potencia).**

### Funciones del Regulador

El regulador es un dispositivo electrónico regulador del voltaje y/o la corriente que cumple 3 funciones esenciales:

- **Proteger la batería de acumuladores contra la sobrecarga o descarga profunda.**

En el caso que este cargada completamente la batería el regulador interrumpe la conexión con los paneles para evitar sobrecargar las baterías.

A la inversa, cuando su carga desciende por debajo de cierto porcentaje (profundidad de descarga o DOD), corta la conexión con la red de consumo para evitar que se descargue por debajo de la profundidad de descarga marcada en el diseño de la instalación.

- **Proteger a la batería de acumuladores contra la sobretensiones.** A la entrada de las baterías pueden producirse sobretensiones, por ejemplo cuando desciende mucho la temperatura de trabajo de las celdas solares.

El regulador protege a las baterías de estas sobretensiones que podrían dañarlas.

Además los módulos solares suelen tener tensiones nominales mayores que las baterías para asegurar la carga correcta de la batería.

- **Evitar la descarga nocturna** de las baterías sobre los generadores fotovoltaicos.

El regulador detecta que es de noche midiendo la tensión de entrada de los módulos fotovoltaicos.

Como norma general se usaran reguladores PWM en caso de instalaciones cuyos paneles suministren una potencia inferior a 200 W. Para el resto siempre reguladores MPPT.

### Conexión y Desconexión del Regulador a la Instalación.

OJO los pasos para la conexión de un regulador en unes ISFTV deben seguir siempre el siguiente orden:

Conectar la batería al regulador – positivo y negativo.

Conectar el módulo solar al regulador – positivo y negativo.

Conectar la carga al regulador – positivo y negativo

¡En caso de desinstalación se deberá proceder en orden inverso!

## Inversor de carga.

De forma general, para el dimensionado de un inversor en una ISFTV, **debemos elegir un inversor cuya potencia nominal sea igual a la potencia que debe suministrar** a las cargas que se van a conectar al inversor, **y además, que tenga la misma tensión de entrada y salida** que la instalación.

Si la batería es de 48V la tensión de entrada del inversor será de 48 V.

Para la tensión de salida, si es monofásico será de 230V y si es trifásico de 400V teniendo una onda senoidal a 50Hz de frecuencia.

Para la **potencia nominal del inversor se aplica el criterio de que la suma de todas las potencias de los receptores que puedan funcionar a la vez de forma simultánea no sobrepase dicha potencia nominal.**

Se dimensionará la potencia del inversor en función del IGA del cuadro de mando y protección de la vivienda.

Por norma general (se hace siempre) el inversor va conectado a la salida de las baterías y no al regulador de carga ya que el inversor normalmente supera con creces la intensidad de consumo que podría aguantar el regulador. Por este motivo, también se llaman "Inversores de baterías".



Al conectar el inversor a la salida de la batería el **regulador** solo controla la carga de la batería, pero no la descarga.

**Siempre se deben de colocar unos fusibles de protección entre la batería y el inversor** para proteger el inversor en caso de sobreintensidad.

Podríamos pensar que conectar el inversor directamente a la batería podría producir en algún momento un exceso de descarga de la batería, incluso llegar a descargarse por completo, cosa que como ya sabemos es malísimo porque reduce mucho el tiempo de vida de las baterías y son lo más caro de la instalación.

Esto en la práctica no es un problema real, ya que las propias baterías e incluso **muchos inversores llevan un sistema de protección** para que esto no suceda nunca.

Los inversores conectados a las baterías **disponen de protección de bajo voltaje en batería** y cortarían el suministro en caso de bajo voltaje de las mismas.

Bajo voltaje = Poca carga de las baterías.

Normalmente todos los inversores están programados para dar una aviso sonoro cuando baja el nivel de la batería y si baja más cortar el suministro.

Por ejemplo, en instalaciones con baterías a 12V, los inversores a 12V suelen tener:

Aviso batería baja: entre 11,7 y 12,2 Voltios

Desconexión por batería baja: entre 11,1 y 11,6 Voltios

Podríamos ver el nivel de bajo voltaje del inversor a qué profundidad en voltios corresponde de descarga de la batería, ya que en todas las batería para fotovoltaica suele venir las tensiones en función del régimen de descarga.

### **Inversor/Cargador**

Cuando en una instalación autónoma **se prevé que en alguna época del año la luz solar no será suficiente** para alimentar la instalación, **la solución pasa por poner una fuente de energía eléctrica de apoyo**, por ejemplo **un grupo electrógeno** que genere la energía eléctrica necesaria en esos momentos de falta de sol.

Grupo Electrónico: equipo que tiene como función convertir energía de calor producida por un combustible, en energía mecánica y luego en energía eléctrica.

Normalmente consiste en un motor y un alternador que están acoplados. Los grupos electrógenos pueden utilizar diferentes combustibles como el gasóleo o el diésel, **el gas natural** o el biogás, la **biomasa** (pellet).

Para estos casos se hace necesario el llamado "**Inversor Cargador**" que lo que hace es que cuando nuestra instalación fotovoltaica no cargue suficientemente la batería, el inversor/cargador conecta el grupo electrógeno para cargarlas, evitando quedarnos sin energía en la instalación (muy utilizado por ejemplo en hoteles rurales por ejemplo).

Incluso si disponemos de conexión a la red eléctrica podría conectar las baterías a la red para cargarlas, aunque no tiene mucho sentido tener una instalación autónoma con baterías con conexión a la red.

### **Inversor/Regulador**

En el mercado ya existen muchos inversores de carga que llevan en su interior y conectado el regulador, siendo 2 componentes en 1 inversor y regulador.

El inversor hace la conversión de cc a ca y el regulador controla la carga de la batería y controlar las intensidades de la corriente.

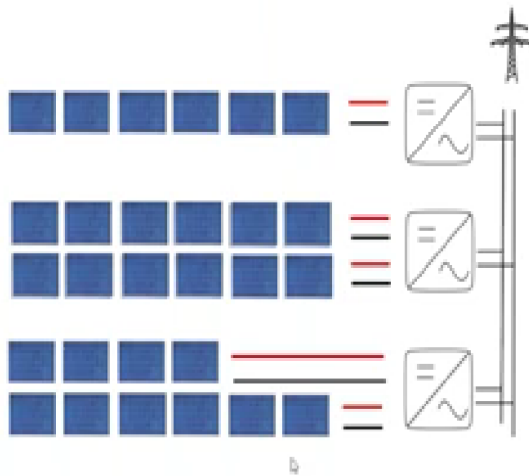
En estos equipos los cables de conexión del regulador y del inversor vienen internamente ahorrando espacio físico y dinero por ser más cortas las distancias del cableado.

Incluso tenemos inversores 3 en 1 llamados inversor/cargador/regulador.



## Inversores (Aclaraciones I). Inversores String o Multistring (inversores de cadenas).

### Inversores String o Multistring (inversor de cadena)



#### Pros

- Económico
- Conversión eficiente
- Menos probabilidad de fallo (menos equipos)

#### Contra

- Pérdidas por sombreado, deterioro, suciedad, etc
- Más limitación de configuración
- Necesidad de validar la configuración por cada string
- Monitorización solo a nivel de string

Las instalaciones de paneles solares que incluyen **inversores string, en cadena o** también llamados **centralizados**, se emplean normalmente para sistemas fotovoltaicos instalados en tejados que no se ven perjudicados por las sombras.

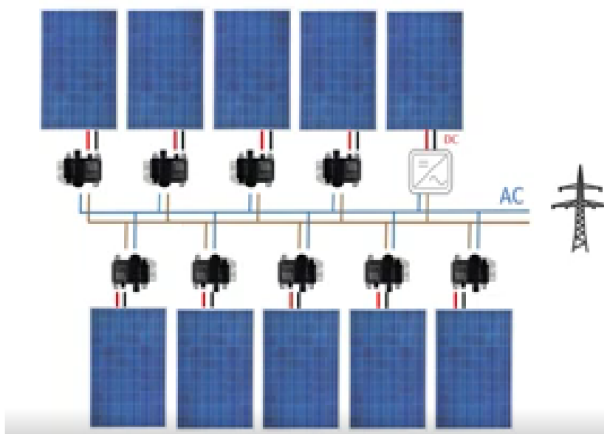
Pero, **¿cómo funciona** exactamente? En las instalaciones que incluyen inversores string, **cada uno de los paneles que componen el sistema se conecta en serie** o por cadenas. Hay inversores que aceptan varias cadenas.

Por ello, este tipo de inversores es **perfecto para zonas geográficas donde la radiación solar se mantenga constante anualmente** y ningún panel solar se vea afectado por la sombra.

## Micro inversores (de continua a alterna a nivel de módulo fotovoltaico).

### MLPE / Micro Inversores

(Module Level Power Electronic) (Electrónica de potencia a nivel de módulo)



#### Pros

- Flexibilidad & Simplicidad
- Mayor producción
- Optimización total
- Monitorización cada módulo
- Máxima seguridad (<80Vdc)
- Monofásico / trifásico
- Logística simple
- No necesita espacio de montaje
- Menos pérdidas en caso de fallo (solo uno de varios inv.)

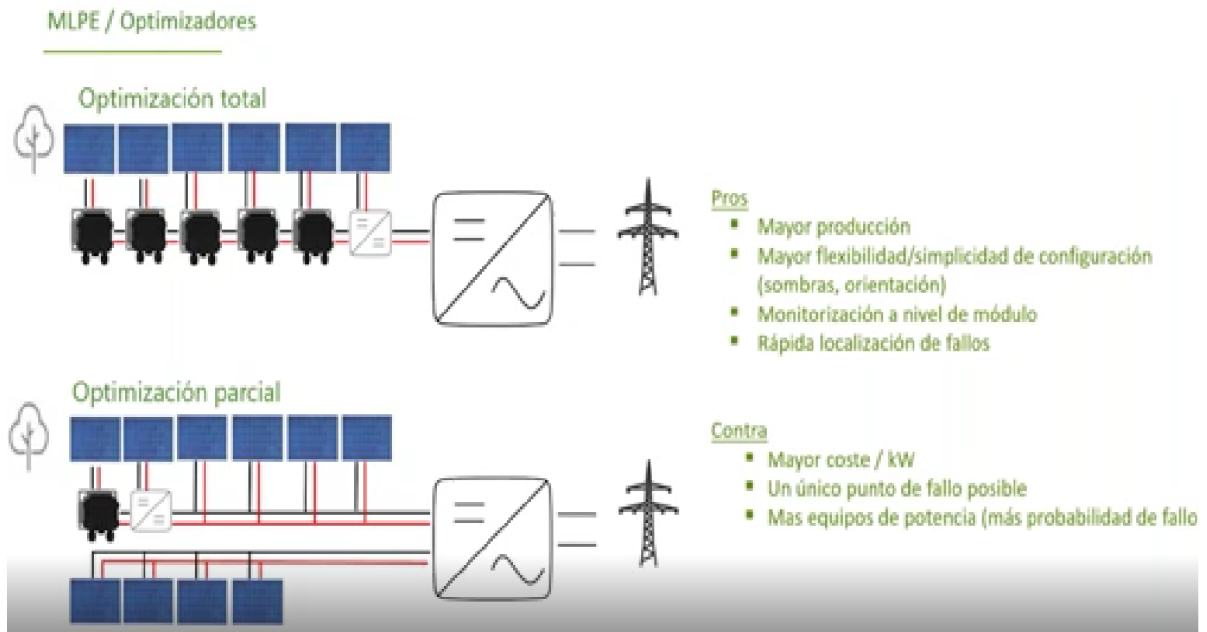
#### Contra

- Mayor coste / kW
- Más equipos



En este caso, **cada panel contiene un inversor de energía solar** lo que implica que no es necesario que la producción vaya dirigida a un único inversor, si no que gracias a que cada una de las placas solares contiene un micro inversor se podrá **transformar la energía de corriente continua a corriente alterna desde el propio tejado**. A diferencia de los inversores “string”, la producción o no producción generada por un panel no afecta al resto .

## Optimizadores (de continua a continua a nivel de módulo).



Un optimizador de potencia para [sistemas fotovoltaicos](#) es un dispositivo cuya función es reducir las pérdidas de un sistema solar fotovoltaico, aumentando así la eficiencia del sistema en su conjunto.

La idea es que cada uno de los paneles disponga de un optimizador, estando estos ellos conectados al inversor.

Los optimizadores de potencia pueden conectarse en serie o en paralelo, que a su vez proporcionan potencia a un inversor convencional o específico para el uso de optimizadores de potencia.

SmartSolar Charge Controller	150/45	150/60	150/70
Battery voltage	12 / 24 / 48V Auto Select (software tool needed to select 36V)		
Rated charge current	45A	60A	70A
Nominal PV power, 12V 1a,b)	650W	860W	1000W
Nominal PV power, 24V 1a,b)	1300W	1720W	2000W
Nominal PV power, 36V 1a,b)	1950W	2580W	3000W
Nominal PV power, 48V 1a,b)	2600W	3440W	4000W
Max. PV short circuit current 2)	50A (max 30A per MC4 conn.)		
Maximum PV open circuit voltage	150V absolute maximum coldest conditions 145V start-up and operating maximum		
Maximum efficiency	98%		
Self-consumption	Less than 35mA @ 12V / 20mA @ 48V		
Charge voltage 'absorption'	Default setting: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6V (adjustable with: rotary switch, display, VE.Direct or Bluetooth)		
Charge voltage 'float'	Default setting: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2V (adjustable: rotary switch, display, VE.Direct or Bluetooth)		
Charge voltage 'equalization'	Default setting: 16,2V / 32,4V / 48,6V / 64,8V (adjustable)		
Charge algorithm	multi-stage adaptive (eight pre-programmed algorithms) or user defined algorithm		
Temperature compensation	-16 mV / -32 mV / -64 mV / °C		
Protection	PV reverse polarity / Output short circuit / Over temperature		
Operating temperature	-30 to +60°C (full rated output up to 40°C)		
Humidity	95%, non-condensing		
Maximum altitude	5000m (full rated output up to 2000m)		
Environmental condition	Indoor, unconditioned		
Pollution degree	PD3		
Data communication port	VE.Direct or Bluetooth		
Remote on/off	Yes (2 pole connector)		
Programmable relay	DPST AC rating: 240VAC / 4A DC rating: 4A up to 35VDC, 1A up to 60VDC		
Parallel operation	Yes: up to 10 units can be synchronized with Bluetooth		
<b>ENCLOSURE</b>			
Colour	Blue (RAL 5012)		
PV terminals 3)	35 mm <sup>2</sup> / AWG2 (Tr models) Two pairs of MC4 connectors (MC4 models)		
Battery terminals	35mm <sup>2</sup> / AWG2		
Protection category	IP43 (electronic components), IP22 (connection area)		
Weight	3 kg		
Dimensions (h x w x d)	Tr models: 185 x 250 x 95 mm MC4 models: 215 x 250 x 95 mm		
<b>STANDARDS</b>			
Safety	EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2		
<p>1a) If more PV power is connected, the controller will limit input power.</p> <p>1b) The PV voltage must exceed Vbat + 5V for the controller to start. Thereafter the minimum PV voltage is Vbat + 1V.</p> <p>2) A PV array with a higher short circuit current may damage the controller.</p> <p>3) MC4 models: several splitter pairs may be needed to parallel the strings of solar panels Maximum current per MC4 connector: 30A (the MC4 connectors are parallel connected to one MPPT tracker)</p>			

## Cálculo de sección de conductores.

Para calcular las diferentes secciones de los cables de una instalación solar fotovoltaica debemos de tener en cuenta las 2 condiciones que nos exige el REBT (reglamento electrotécnico de baja tensión).

1ª) No superar la **intensidad máxima admisible** según el REBT.

La intensidad máxima que aguanta la sección del cable tiene que ser mayor que la intensidad máxima que podrá circular por el.

El reglamento **REBT publica unas tablas donde especifica la intensidad máxima admisible de un conductor** en función del tipo de instalación y del tipo de aislante utilizado para que **el conductor no se caliente en exceso** durante su uso.

Esto se suele llamar condición térmica.

2ª) **No superar la máxima caída de tensión permitida entre 2 puntos** de una instalación.

Según el reglamento electrotécnico para Baja tensión, en la ITC-BT-40 (para instalaciones generadoras) en el apartado 5. Cables de Conexión:

Los cables de conexión deberán estar dimensionados para una **intensidad no inferior al 125%** de la máxima intensidad del generador y la caída de tensión entre el generador y el punto de interconexión a la Red de Distribución Pública o a la instalación interior, **no será superior al 1,5%**, para la intensidad nominal.

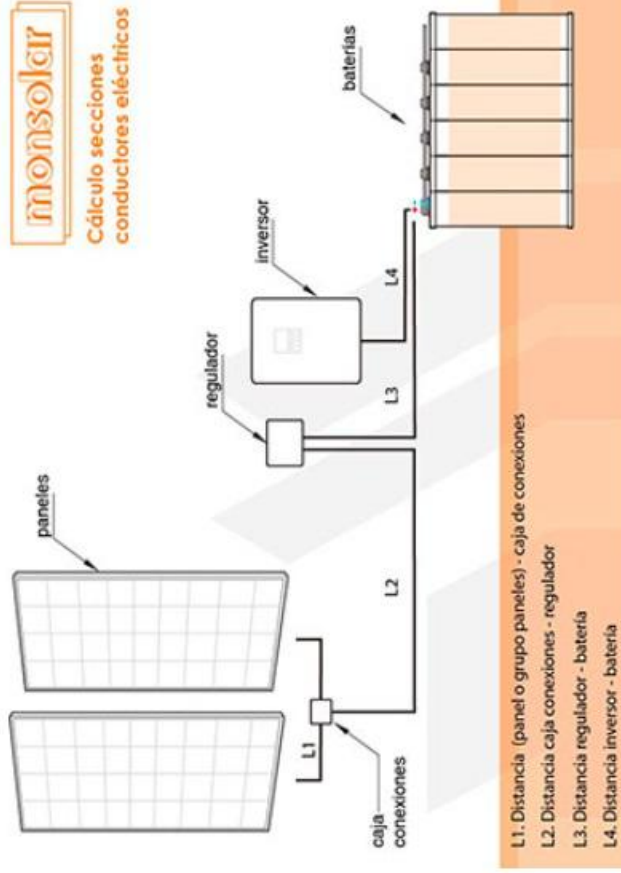
En una instalación autónoma, se puede entender que contamos con varios generadores de baja tensión: el subsistema generador y el subsistema acumulador y el posible inversor cc/ca. Así, podemos utilizar las siguientes caídas de tensión:

Instalación autónoma	
Caídas de tensión	
Panel - Caja de protección de campo	0,75%
Caja de protección de campo - Regulador	0,75%
Regulador - Batería	0,25%
Batería - Inversor	0,25%
Circuito de continua	1,50%
Circuito de alterna	1,50%

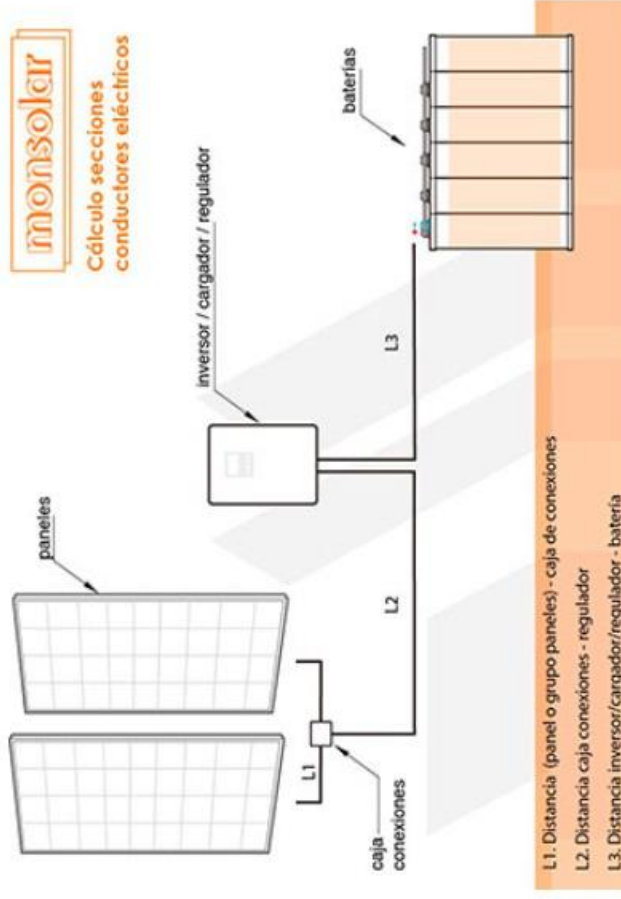


# CALCULADORA SECCIONES CABLES ELECTRICOS

## 1.- Esquema instalación con REGULADOR + INVERSOR



## 2.- Esquema instalación con INVERSOR 3 en 1



## 3.- Tabla calculadora de secciones

Linea	Longitud	Corriente(A)	Tension(v)	Pérdidas	Seccion Comercial mm <sup>2</sup>	Caída de V Real (%)
L1	<input type="text" value="6"/>	<input type="text" value="12.95"/>	<input type="text" value="61.2"/>	<input type="text" value="0.75%"/>	<input type="text" value="10"/>	<input type="text" value="0.453"/>
L2	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="51.8"/>	<input type="text" value="61.2"/>	<input type="text" value="0.75%"/>	<input type="text" value="16"/>	<input type="text" value="0.567"/>
L3	<input type="text" value="1.5"/>	<input type="text" value="66.66"/>	<input type="text" value="48"/>	<input type="text" value="0.25%"/>	<input type="text" value="35"/>	<input type="text" value="0.213"/>
L4	<input type="text" value="1.5"/>	<input type="text" value="143.3"/>	<input type="text" value="48"/>	<input type="text" value="0.25%"/>	<input type="text" value="70"/>	<input type="text" value="0.228"/>
Caída total (%):						<input type="text" value="1.461"/>

## Cables desde paneles hasta “stringbox”.

La máxima intensidad que podría circular por un “string” **es la intensidad de cortocircuito Isc de un solo panel**; se considera la más desfavorable.

Los paneles elegidos tienen un intensidad de cortocircuito de 10,36 A. Seleccionamos la distancia más desfavorable de los 4 “strings” que para nuestro caso es de **6 metros**.

La intensidad de cálculo =  $1,25 \cdot 10,36 \text{ A} = 12,95 \text{ A}$ .

Los cables serán de PVC y se instalarán apoyados sobre la pared hasta el cuarto de máquinas.

Según el REBT en su [ITC 019](#) estaríamos hablando de una instalación “**Tipo C**”, y al ser dos terminales (**2X PVC**), estaríamos en el caso de la “columna 7”.

Bajando por esta columna encontramos que la siguiente intensidad a soportar superior a los 12,95 A sería la de 16A, cuya **sección** para cumplir la condición térmica o de máxima intensidad es de **1,5mm<sup>2</sup>**. VER ESTO.

Según recomendaciones IDAE, las mínimas secciones de cables en cada una de las líneas, deberían ser al menos:

- 2,5 mm<sup>2</sup> del generador al regulador.
- 4 mm<sup>2</sup> del regulador a las baterías.

Según IDAE, 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.

Por lo tanto elegimos de **2,5mm<sup>2</sup>** que es la que recomendación mínima del generador al regulador del IDAE.

Pasamos a la segunda condición, **caída de tensión máxima** permitida. Es del **3%**.

Elección de la conductividad del cable según aislante

MATERIAL	Tipo de Aislante del Conductor					
	TERMOPLÁSTICOS (PVC, poliolefinas Z1 o similares)		TERMOESTABLES (tipo XLPE, EPR, poliolefinas Z, silicona...)			
	$\rho_{20^\circ}$	$\sigma_{20^\circ}$	$\rho_{70^\circ}$	$\sigma_{70^\circ}$	$\rho_{90^\circ}$	$\sigma_{90^\circ}$
Cobre	0'018	56	0'021	48	0'023	44
Aluminio	0'029	35	0'033	30	0'036	28

Se tendrían que calcular los distintos tramos que se indican en el dibujo, L1, L2, L3 y L4, y componer las caídas de tensión (según las secciones de los cables) para que resulte la caída de tensión reglamentaria.

## Cable desde “stringbox” hasta regulador.

En este caso se seleccionara un cable solo que llevara toda la intensidad que circulan por los diversos “strings”.

Intensidad de cálculo =  $4 \cdot 12,95 = 51,8 \text{ A}$ .

## Cable desde regulador hasta baterías.

Una vez llegamos al regulador solar MPPT el cable que va desde el regulador a la batería pasará a tener la tensión de la batería 12v, 24v, 48v, etc y la corriente de carga la calcularemos de la siguiente manera:

Calculamos la potencia del campo fotovoltaico: potencia de un panel solar por el número de paneles solares

Dividimos la potencia del campo fotovoltaico entre la tensión de batería: 12v, 24v, 48v, etc

Por ejemplo con una batería de 24V

- 6 paneles de 270W serían:  $6 \times 270W = 1620W$
- Corriente de carga:  $1620W / 24V = 67,5A$
- Tensión de la línea L3 será la tensión de la batería: 24V

Por lo tanto, la línea L3 tendrá:

- Distancia entre el regulador solar y la batería
- Vmp: 24V
- Imp: 67,5A

\*En este tramo es importante reducir al máximo la distancia de la línea entre el regulador y la batería ya que la corriente de paso será elevada a una tensión baja. Los valores más utilizados de secciones de cables en este tramo suelen ser: 25mm<sup>2</sup> a 35mm<sup>2</sup> con distancias de 1 o 2 metros.

## Cálculo de tensión y corriente desde la batería al inversor (L4) o L3 para inversores 3 en 1.

(Nota: Para instalaciones con inversores 3 en 1 este cálculo será utilizado para la línea L3).

La corriente de paso por esta línea será la máxima que pueda suministrar el inversor, si nuestro inversor es por ejemplo de 3000W con pico de potencia máxima de 6000W tendremos una corriente:  $6000W / 24V = 250A$

Por lo tanto, la línea L4 tendrá:

- Distancia entre la batería y el inversor
- Vmp: 24V
- Imp: 250A

En las instalaciones con inversores 3 en 1, solamente existe la línea L3 y no existe la línea L4. Como el cálculo de corriente de paso del inversor es superior al de la línea del regulador-batería, utilizaremos el cálculo de corriente del inversor para la línea L3

\*En este tramo es muy importante reducir al máximo la distancia entre la batería y el inversor ya que la corriente de paso será muy elevada a una tensión baja. Los valores más utilizados de secciones de cables en este tramo suelen ser: 35mm<sup>2</sup> a 120mm<sup>2</sup> con distancias de 1 metro.

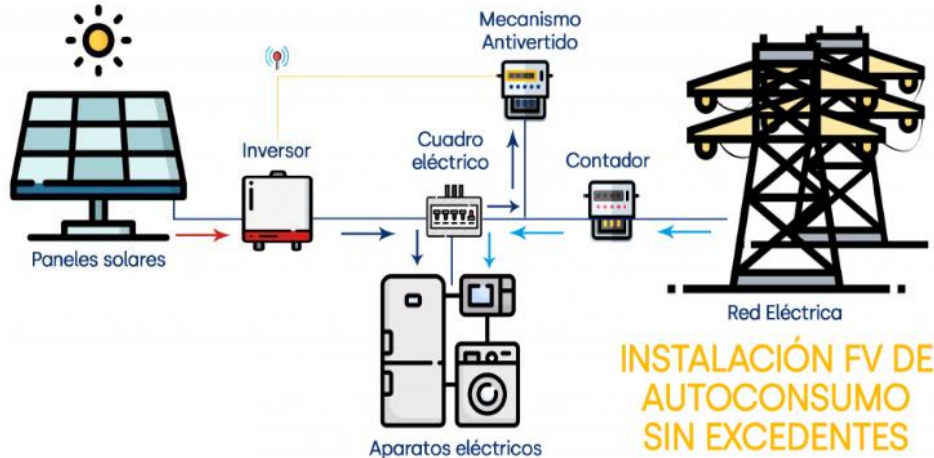
Mínimo recomendado 35mm<sup>2</sup>.

## Instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a red (autoconsumo).

### Instalación FV de autoconsumo sin excedentes.

La característica principal de este modelo de instalaciones es que no hace ningún tipo de inyección a la red eléctrica, sin embargo toma energía de ella **cuando la necesita**. A la instalación se le añadirá un mecanismo antivertido que se comunicará directamente con el inversor para que no se produzca más energía de la consumida y evitar que ésta pase a la red.

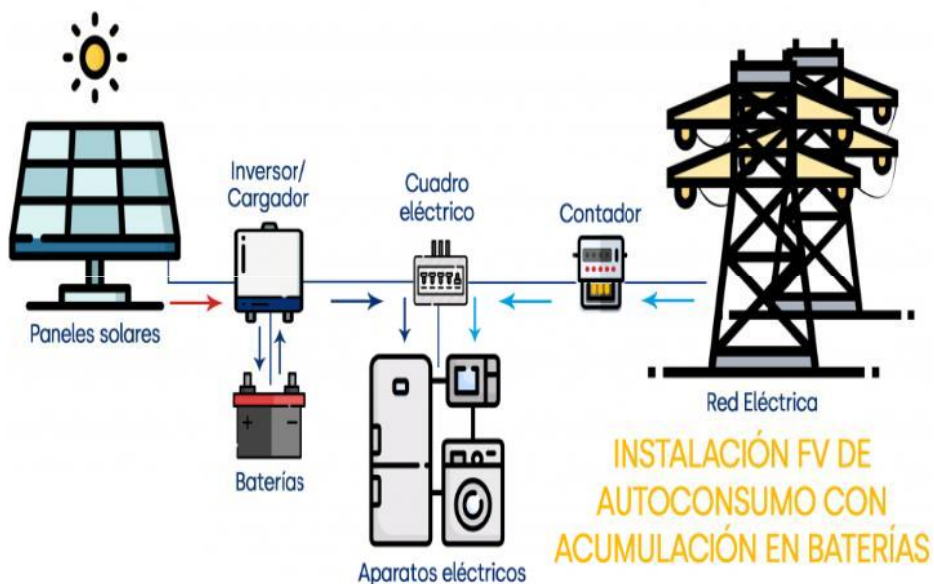
Al desechar nuestros excedentes perdemos la oportunidad de aprovecharlos, ni para que otros los usen, ni para sacar algún tipo de compensación o rentabilidad por esa energía que se ha generado. Este tipo de instalaciones son necesarias cuando la legislación vigente no permite inyectar energía a la red eléctrica.



### Instalación FV de autoconsumo con acumulación en baterías.

Esta opción de autoconsumo consiste en inyectar el excedente de energía en la batería que acompaña a la instalación, lo que permite consumirla las horas en las que no hay radiación solar. No obstante, permanecemos conectados a la red eléctrica de tal manera que cuando se nos acaba la energía que tenemos acumulada en la batería podemos seguir consumiendo la que extraemos de la red.

Estas instalaciones tienen algunas ventajas como asegurarse el consumo de toda la energía que generamos evitando pérdidas, tanto de nuestra propia energía, como de la recogida de la red eléctrica en su transporte. Sin embargo, en caso de plantearnos este tipo de instalación, deberemos tener en cuenta la inversión inicial, ya que ésta supondrá un diferencia considerable frente a las instalaciones de autoconsumo acogidas a compensación. El hecho de añadir las baterías al sistema supone un incremento importante en el precio de los materiales, además de que no podremos dejar de tener en cuenta el tiempo de vida de estos productos; por lo que tendremos que estudiar las previsiones de amortización muy detenidamente para asegurarnos de que merece la pena económicamente.



## Instalación FV de autoconsumo acogida a compensación.

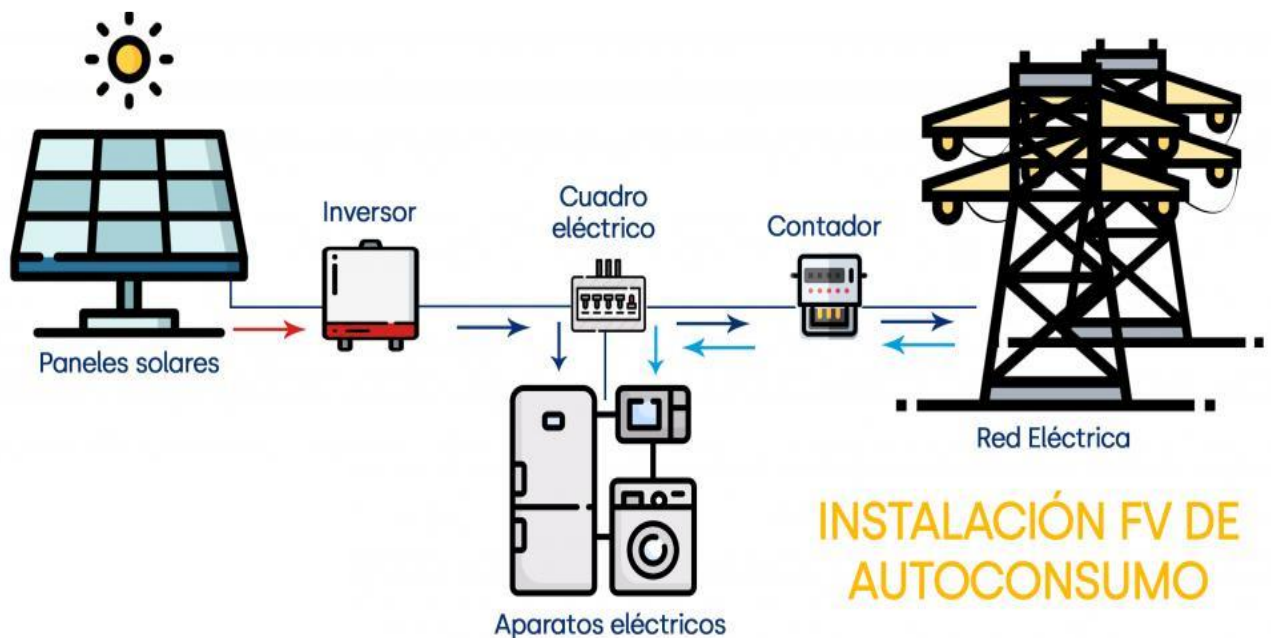
Este tipo de instalación se caracteriza por utilizar sus **excedentes** para rentabilizar económicamente aquella energía sobrante que, por ejemplo se genera en los momentos en los que no nos encontramos en el lugar de la instalación y por lo tanto no hacemos uso de ella. Esta energía se inyecta a la red eléctrica y a cambio se recibe una compensación.

Dicha compensación puede adquirir tres diferentes variantes, según el país y la legislación vigente en cada uno:

- **El balance neto:** por cada kilovatio-hora vertido a la red, el **prosumidor** tiene derecho a consumir sin coste un kilovatio-hora importado de la red cuando lo necesite.
- **Venta a red:** se recibe una cantidad de dinero fija por cada kilovatio-hora que se vierte a la red.
- **La tarifa neta (compensación):** cada kilovatio-hora vertido a la red descuenta de la factura eléctrica una cantidad de dinero determinada.

En España a partir de **abril del 2019 queda regulado el autoconsumo** con compensación económica a través del 2019 RD 244/2019. Esta regulación decreta un sistema de compensación en forma de ahorro; establece que para las instalaciones menores de 100kW, el sobrante de electricidad generada y vertida a la red genere una compensación que, en este caso, será reflejada en la factura eléctrica, con saldo negativo en el término variable o lo que es lo mismo, aquel que refleja nuestro consumo. **Se trata pues, de un descuento en la factura de la luz, que no debemos confundir con la venta directa de excedentes.**

Este modelo de instalaciones se ha convertido en un sistema sumamente rentable ya que el gasto en material no es excesivo (paneles FV, estructuras, inversor, cableado, cuadros de protecciones y contador), lo que sumado a la compensación de nuestros excedentes, nos permitirá amortizar nuestra inversión en un periodo de tiempo de entre 6 y 10 años. Un sistema de ahorro muy eficaz si tenemos en cuenta que los paneles podrán seguir funcionando durante 25 años.





# EXZHELLENT® CLASS SOLAR

class  
exzhellent SOLAR

H1Z2Z2-K - Libre de halógenos

1,0/1,0 kV (1,2/1,2 kVac máx.) -  
1,5/1,5 kVdc (1,8/1,8 kVdc máx.)



## APLICACIONES:

Especialmente diseñado para instalaciones solares fotovoltaicas (grandes plantas, edificios, industrias, naves agrícolas, para uso fijo o móvil con seguidores...). Puede ser instalado en bandejas, conductos y equipos. A emplear en el lado de corriente continua en instalaciones de autoconsumo o entre paneles solares y string combiner boxes en grandes plantas de generación fotovoltaica.

## CONSTRUCCIÓN:

### 1. Conductor:

Metal: cobre estañado.

Flexibilidad: flexible, clase 5, según UNE EN 60228.

Temperatura máxima en el conductor: 90 °C (120 °C, por 20.000 h). 250 °C en cortocircuito.

### 2. Aislamiento:

Material: Compuesto reticulado libre de halógenos según tabla B.1 de anexo B de EN 50618.

### 3. Cubierta:

Material: Compuesto reticulado libre de halógenos según tabla B.1 de anexo B de EN 50618.  
Colores: negro, rojo o azul.

## CARACTERÍSTICAS Y ENSAYOS:

- Norma de diseño: EN 50618 e IEC 62930.
- Temperatura de servicio: -40 °C, +90 °C (120 °C, 20.000 h).
- Tensión continua de diseño: 1,5/1,5 kV.
- Tensión continua máxima: 1,8/1,8 kV.
- Tensión alterna de diseño: 1/1 kV.
- Tensión alterna máxima: 1,2/1,2 kV.
- Ensayo de tensión alterna durante 5 min: 6,5 kV.
- Ensayo de tensión continua durante 5 min: 15 kV.
- Radio mínimo de curvatura estático (posición final instalado): 4D (D = diámetro exterior máximo del cable).

## ENSAYOS DE FUEGO:

### Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:

- Clase de reacción al fuego (CPR): Eca.
- Requerimientos de fuego: EN 50575:2014 + A1:2016.
- Clasificación respecto al fuego: EN 13501-6.
- Aplicación de los resultados: CLC/TS 50576.
- Métodos de ensayo: EN 60332-1-2.

### Normativa de fuego también aplicable a países que no pertenecen a la Unión Europea:

- No propagación de la llama: EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2; NFC 32070-C2.
- Libre de halógenos: IEC 62821-1 Anexo B, EN 50525-1 Anexo B.
- Baja opacidad de humos: EN 61034-2; IEC 61034-2.

## PRESTACIONES:



NO PROPAGACIÓN DE LA LLAMA  
EN 60332-1-2  
IEC 60332-1-2  
NFC 32070-C2



LIBRE DE HALÓGENOS  
IEC 62821-1 Anexo B  
EN 50525-1 Anexo B



BAJA OPACIDAD DE HUMOS  
EN 61034-2  
IEC 61034-2



CABLE FLEXIBLE



RESISTENCIA AL FRÍO



ALTA RESISTENCIA AL AGUA (AD7)



CPR COMPLIANT



RESISTENCIA A LOS RAYOS ULTRAVIOLETA



RESISTENCIA A LOS GOLPES



TEMPERATURA MÁXIMA DEL CONDUCTOR 90°C



SERVICIO CORTE



FÁCIL PELADO



RESISTENCIA A LOS AGENTES QUÍMICOS



RESISTENCIA AL OZONO



## APROBACIONES:



L C I E

# EXZHELLENT® CLASS SOLAR

class  
exZhelent SOLAR

H1Z2Z2-K - Libre de halógenos  
1,0/1,0 kV (1,2/1,2 kVac máx.) -  
1,5/1,5 kVdc (1,8/1,8 kVdc máx.)



## ENSAYOS ADICIONALES:

Vida estimada	25 años
Certificación	Bureau Veritas LCIE
Servicios móviles	SI
Doble aislamiento (clase II)	SI ←
Tª máxima de conductor	90 °C (120 °C, 20.000 h)
Resistencia al ozono	IEC 62930 Tab.3 según IEC 60811-403; EN 50618 Tab.2 según EN 50396 tipo de prueba B
Resistencia a los rayos uva	IEC 62930 Anexo E; EN 50618 Anexo E
Protección contra el agua	AD7 (inmersión)
Resistencia a ácidos y bases	IEC 62930 y EN 50618 Anexo B 7 días, 23 °C N-ácido oxálico, N-hidróxido sódico (según EC 60811-404; EN 60811-404)
Prueba de contracción	IEC 62930 Tab 2 según IEC 60811-503; EN 50618 Tab 2 según EN 60811-503 (máxima contracción 2%)
Resistencia al calor húmedo	IEC 62930 Tab.2 y EN 50618 Tab. 21.000h a 90°C y 85% de humedad para IEC 60068-2-78, EN-60068-2-78
Resistencia de aislamiento a largo plazo	IEC 62821-2 ; EN 50395-9 (240h/85 °C agua/1,8 kV DC)
Respetuoso con el medioambiente	Directiva RoHS 2011/65/EU de la Unión Europea
Ensayo de penetración dinámica	IEC 62930 Anexo D; EN 50618 Anexo D
Doblado a baja temperatura	Doblado y alargamiento a -40 °C según IEC 60811-504 y -505 y EN 50618 Tab.2 según N 60811-1-4 y EN 60811-504 y -505
Resistencia al impacto en frío	Resistencia al impacto a -40° C según IEC 62930 Anexo C según IEC 60811-506 y EN 50618 Anexo C según EN 60811-506
Durabilidad del marcado	IEC 62930; EN 50396

# EXZHELLENT® CLASS SOLAR

class  
exZhelent SOLAR

H1Z2Z2-K - Libre de halógenos

1,0/1,0 kV (1,2/1,2 kVac máx.) -  
1,5/1,5 kVdc (1,8/1,8 kVdc máx.)



## CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ELÉCTRICAS:

Número de conductores x sección mm <sup>2</sup>	Diámetro máximo del conductor mm (1)	Diámetro exterior del cable (valor máximo) mm	Radio mínimo de curvatura dinámico mm	Radio mínimo de curvatura estático mm	Peso kg/km (1)	Resistencia del conductor a 20 °C Ω/km	Intensidad máxima admisible al aire (2) A	Intensidad máxima admisible al aire. T ambiente 60 °C y t conductor 120 °C (3)	Caida de tensión V/(A·km) (2)
1 x 1,5	1,8	5,4	22	16	33	13,7	24	30	27,4
1 x 2,5	2,4	5,9	24	18	45	8,21	34	41	16,42
1 x 4	3	6,6	26	20	61	5,09	46	55	10,18
1 x 6	3,9	7,4	30	22	80	3,39	59	70	6,78
1 x 10	5,1	8,8	35	26	124	1,95	82	98	3,90
1 x 16	6,3	10,1	40	30	186	1,24	110	132	2,48
1 x 25	7,8	12,5	63	50	286	0,795	140	176	1,59
1 x 35	9,2	14	70	56	390	0,565	182	218	1,13
1 x 50	11	16,3	82	65	542	0,393	220	276	0,786
1x 70	13,1	18,7	94	75	742	0,277	282	347	0,554
1 x 95	15,1	20,8	125	83	953	0,210	343	416	0,42
1 x 120	17	22,8	137	91	1206	0,164	397	488	0,328
1 x 150	19	25,5	153	102	1500	0,132	458	566	0,264
1 x 185	21	28,5	171	114	1843	0,108	523	644	0,216
1 x 240	24	32,1	193	128	2394	0,0817	617	775	0,1634

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación monofásica o corriente continua en bandeja perforada al aire (40 °C). → XLPE2 con instalación tipo F → columna 13. (UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52).

Con exposición directa al sol, multiplicar por 0,85.

(3) Instalación de conductores separados con renovación eficaz del aire en toda su cubierta (cables suspendidos).

Temperatura ambiente 60 °C (a la sombra) y temperatura máxima en el conductor 120 °C.

Valor que puede soportar el cable, 20 000 h a lo largo de su vida estimada (25 años).