

Cap 6 Conversión Fotovoltaica

Ing. Ever Surci

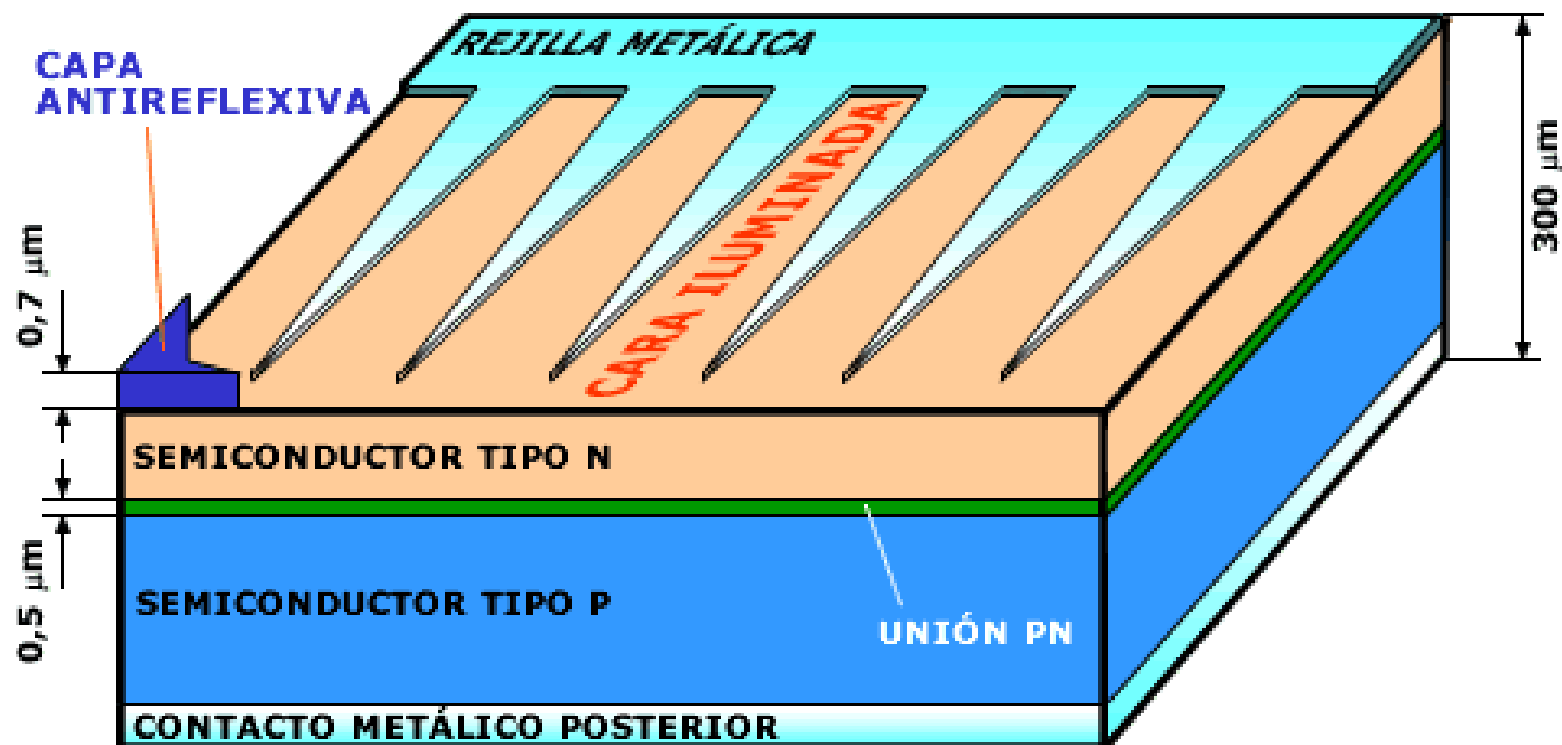
La conversión de la energía solar en energía eléctrica está basada casi por completo en el denominado “**efecto fotovoltaico**”, o producción de una corriente eléctrica en un material semiconductor como consecuencia de la absorción de radiación luminosa.

Las células del panel están protegidas por un cristal y se construyen de forma que se pueden unir con otros paneles

- ▶ La luz del Sol se transforma directamente en energía eléctrica en las llamadas células solares o fotovoltaicas, constituidas por un material semiconductor, como, por ejemplo, silicio. Al incidir luz (fotones) sobre estas células se origina una corriente eléctrica (efecto fotovoltaico), aunque el rendimiento de este proceso es muy pequeño, pues en el mejor de los casos sólo un 25% de la energía luminosa se transforma en eléctrica.

- ▶ Célula fotovoltaica
- ▶ Una ***célula solar*** es un dispositivo capaz de convertir la energía proveniente de la radiación solar en energía eléctrica. La gran mayoría de las células solares que actualmente están disponibles comercialmente son de Silicio mono o policristalino. El primer tipo se encuentra más generalizado y aunque su proceso de elaboración es más complicado, suele presentar mejores resultados en cuanto a su eficiencia.

LA CÉLULA SOLAR FOTOVOLTAICA



- ▶ Por otra parte, la experimentación con materiales tales como el Telurio de Cadmio o el Diseleniuro de Indio-Cobre está llevando a las células fabricadas con estas sustancias a situaciones próximas ya a aplicaciones comerciales, contándose con las ventajas de poderse trabajar con tecnologías de láminas delgadas.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LA CELULA SOLAR: Cuando conectamos una célula solar a una carga y la célula está iluminada, se produce una diferencia de potencial en extremos de la carga y circula una corriente por ella (efecto fotovoltaico).

- ▶ La corriente entregada a una carga por una célula solar es el resultado neto de dos componentes internas de corriente que se oponen. Estas son:

Corriente de iluminación: debida a la generación de portadores que produce la iluminación.

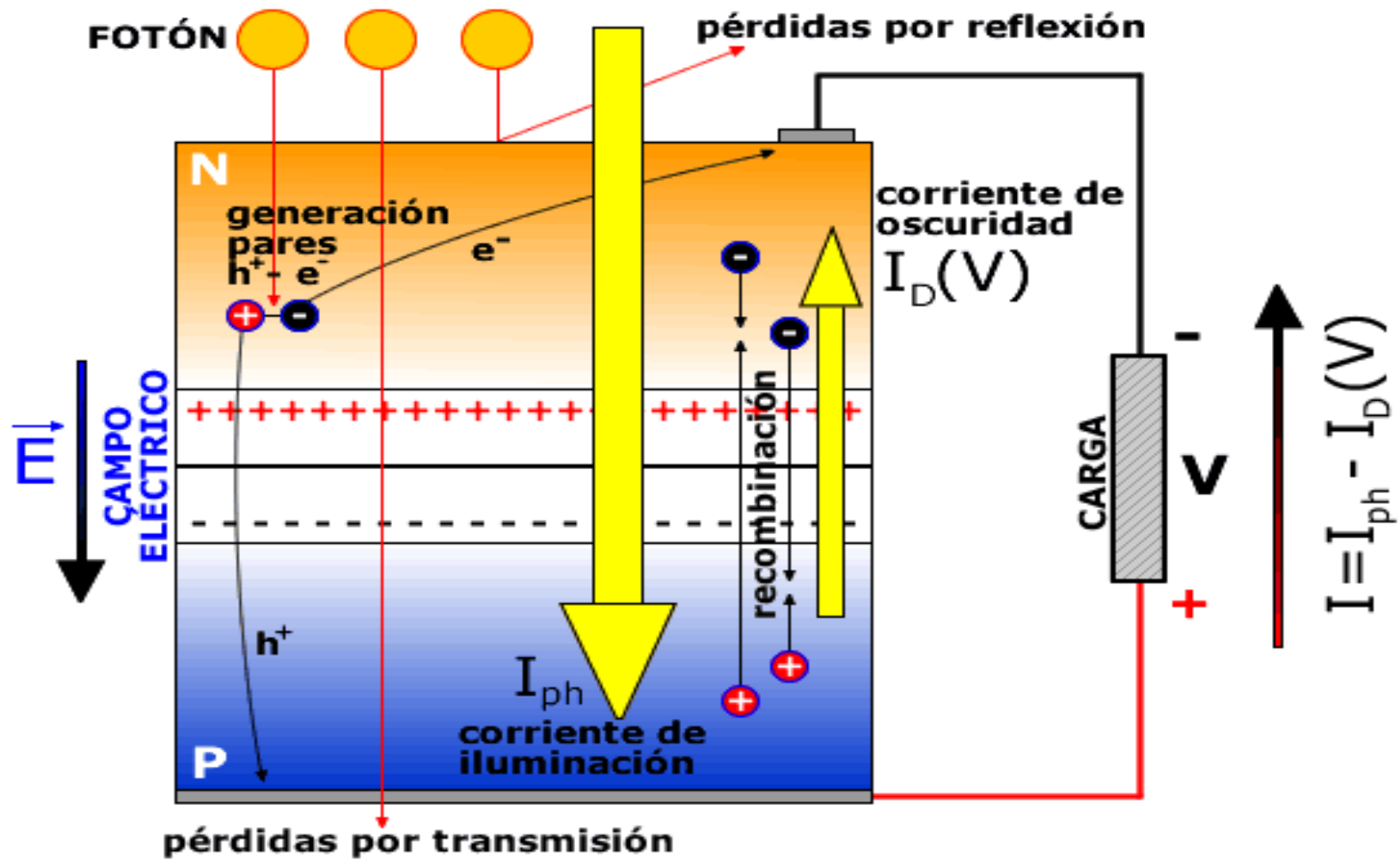
$$I_{ph} = I$$

- ▶ **Corriente de oscuridad:** debida a la recombinación de portadores que produce el voltaje externo necesario para poder entregar energía a la carga.
- ▶ Los fotones serán los que formaran, al romper el enlace, los pares electrón–hueco y, debido al campo eléctrico producido por la unión de materiales en la célula de tipo P y N, se separan antes de poder recombinarse formándose así la corriente eléctrica que circula por la célula y la carga aplicada.

$$I_D(V) = I_o \left[\exp \frac{eV}{KT_c} - 1 \right]$$

- ▶ Algunos fotones pueden no ser aprovechados para la creación de energía eléctrica por diferentes razones:

- ▶ – Los fotones que tienen energía inferior al ancho de banda prohibida del semiconductor atraviesan el semiconductor sin ceder su energía para crear pares electrón–hueco.
- Aunque un fotón tenga una energía mayor o igual al ancho de banda prohibida puede no ser aprovechado ya que una célula no tiene la capacidad de absorberlos a todos.
- Además, los fotones pueden ser reflejados en la superficie de la célula.



- ▶ ***CURVA CARACTERÍSTICA I–V DE ILUMINACIÓN REAL:*** La curva I–V de una célula fotovoltaica representa pares de valores de tensión e intensidad en los que puede encontrarse funcionando la célula. Los valores característicos son los siguientes:

TENSIÓN DE CIRCUITO ABIERTO (V_{oc}): que es el máximo valor de tensión en extremos de la célula y se da cuando esta no está conectada a ninguna carga.

CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO (I_{sc}): definido como el máximo valor de corriente que circula por una célula fotovoltaica y se da cuando la célula está en cortocircuito.

La siguiente ecuación representa todos los pares de valores (I/V) en que puede trabajar una célula fotovoltaica.

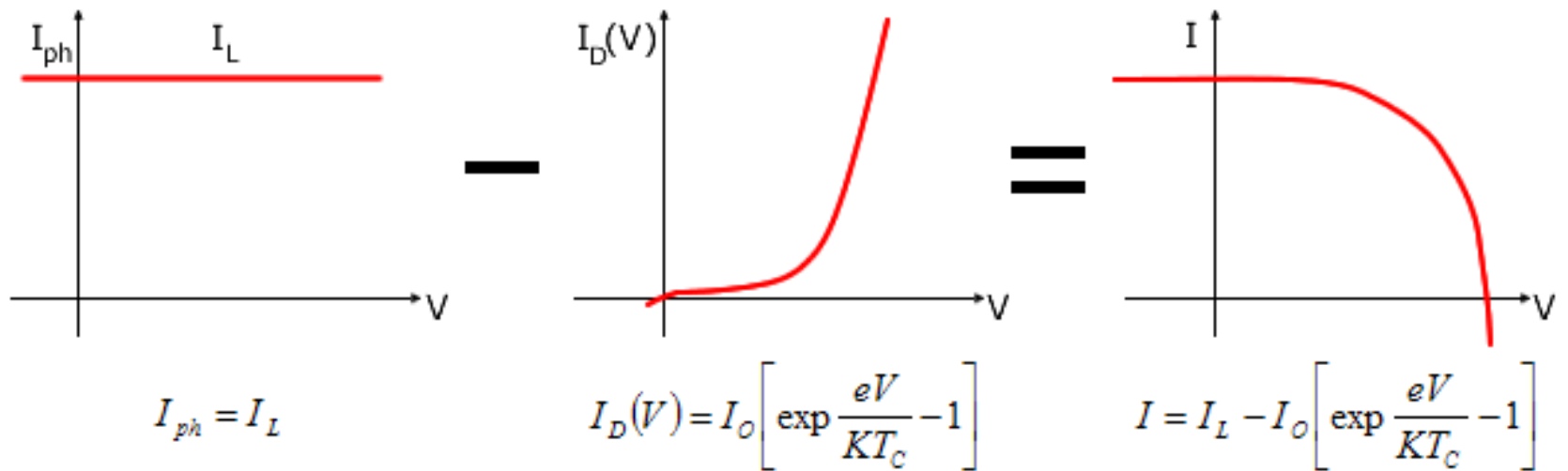
$$I = I_L - I_0 \left[\exp \frac{e(V + IR_s)}{KT_c} - 1 \right] - \frac{V + IR_s}{R_p}$$

También se puede expresar con:

$$I = I_{sc} \cdot \left(1 - e^{\frac{-e(V_{oc} - V)}{mK \cdot T}} \right)$$

- **e**: es la carga del electrón e igual a 1.6021×10^{-19} C.
- m**: es un parámetro constructivo de la célula, normalmente igual a 1.
- K**: es la constante de Boltzman.
- T**: Temperatura en °K.

CARACTERÍSTICA I-V DE ILUMINACIÓN



- ▶ **PUNTO DE MAXIMA POTENCIA "PMP" (P_M):** Es el producto del valor de tensión máxima (V_M) e intensidad máxima (I_M) para los que la potencia entregada a una carga es máxima.

FACTOR DE FORMA (FF): Se define como el cociente de potencia máxima que se puede entregar a una carga entre el producto de la tensión de circuito abierto y la intensidad de cortocircuito, es decir:

$$FF = \frac{I_M \cdot V_M}{V_{oc} \cdot I_{sc}}$$

- ▶ **EFICIENCIA DE CONVERSIÓN ENERGÉTICA O RENDIMIENTO:** Se define como el cociente entre la máxima potencia eléctrica que se puede entregar a la carga (P_M) y la irradiancia incidente (P_I) sobre la célula que es el producto de la irradiancia incidente G por el área de la célula S :

$$\eta = \frac{P_M}{P_I} = \frac{I_M \cdot V_M}{P_I}$$

- ▶ Dichos parámetros se obtienen en unas ***condiciones estándar*** de medida de uso universal según la norma EN61215.

Irradiancia: 1000W/m^2 (1 KW/m²)

Distribución espectral de la radiación incidente: AM1.5
(masa de aire)

Incidencia normal.

Temperatura de la célula: 25°C

Otro parámetro es la ***TONC o Temperatura de Operación Nominal de la Célula***. Dicho parámetro se define como la temperatura que alcanzan las células solares cuando se someten a las siguientes condiciones de operación:

- ▶ Irradiancia: $800\text{W}/\text{m}^2$

Distribución espectral de la radiación incidente: AM1.5 (masa de aire)

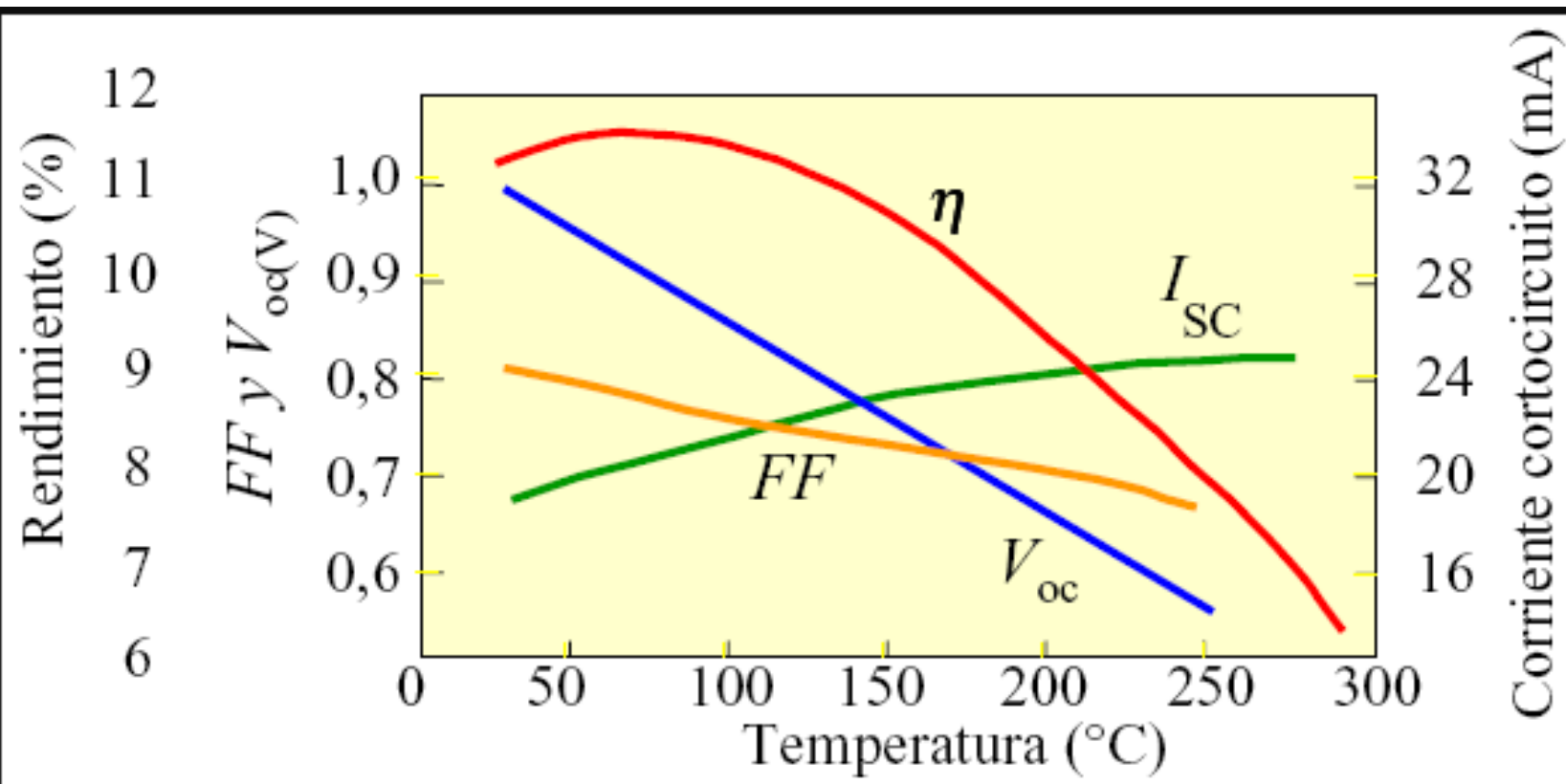
Incidencia normal

Temperatura ambiente: 20°C

Velocidad del viento: $1\text{m}/\text{s}$

INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN LOS PARÁMETROS BÁSICOS DE UNA CÉLULA FOTOVOLTAICA: Al aumentar la temperatura de la célula empeora el funcionamiento de la misma:

- Aumenta ligeramente la Intensidad de cortocircuito.
- Disminuye la tensión de circuito abierto, aprox: $-2.3\text{ mV}/^\circ\text{C}$
- El Factor de Forma disminuye.
- El rendimiento decrece.



► CONEXIÓN SERIE PARALELO

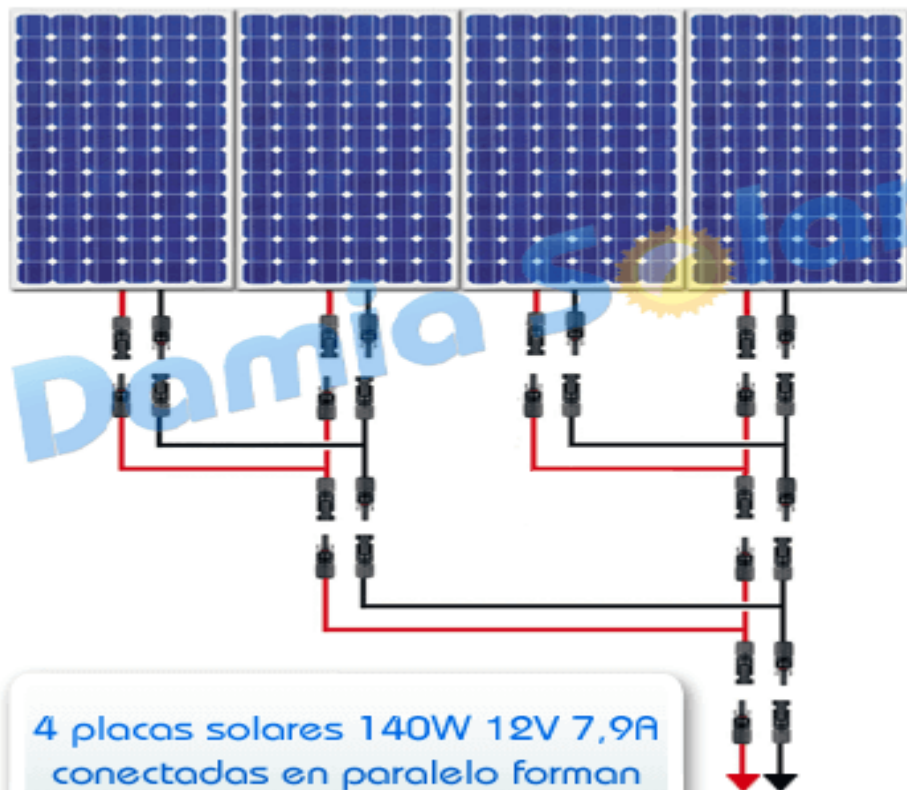
► Conexión paralelo

La conexión en paralelo se realiza conectando por un lado todos los polos positivos de la placas de la instalación solar, y por el otro, conectando todos los polos negativos. De esta forma, se mantiene el voltaje o tensión (voltios) de las placas solares mientras que se suma la intensidad (amperios). Por ejemplo si se conectan en paralelo 4 placas solares de 140W 7,9A (amperios) 12V cada una, se obtendrán 560W 31,6A a un voltaje de 12 voltios.

- ▶ Se puede usar conectores MC4 dobles para realizar la conexión en paralelo entre 2 placas, ya que realizan una conexión estanca y segura que protege de los agentes meteorológicos y de los posibles fallos de contacto que se generan en las regletas con el paso de los años. En lo que se refiere al regulador, en las placas conectadas en paralelo se deberá utilizar siempre un regulador convencional de tipo PWM como por ejemplo: los modelos Ecosolar Led 20A, Ecosolar 30A con pantalla, o el regulador solar 80A Ecosolar con pantalla, entre otros.

- ▶ La conexión en paralelo se utilizará siempre en las placas solares de 12V y 36 células como los modelos Ecosolar de 130W y 140W, y con las placas de 24V y 72 células como por ejemplo los paneles de 180W y 190W. Las placas de 36 y 72 células se llaman comúnmente placas aisladas y sólo requieren de un regulador solar convencional (PWM).

Conexión de placas en paralelo



- ▶ La conexión en serie se realiza en paneles solares con potencias entre los 200W y los 260W, compuestos por 60 células y para uso en instalaciones solares de 24V o 48V. Mediante la conexión en serie se conectan directamente las placas solares entre sí, conectando el polo positivo de un panel con el polo negativo del siguiente panel. A diferencia de la conexión en paralelo, se mantiene la intensidad y se suma el voltaje. Por ejemplo, si se conectan en serie 4 placas de 260W 8,34A y V_{mp} de 31V (Voltaje en el punto de máxima potencia) cada una, se obtendrán 260W 124V y 8,34A.

- ▶ Para este tipo de placas solares es necesario utilizar reguladores maximizadores MPPT los cuales modulan el alto voltaje optimizando la capacidad de generar energía. Gracias a la tecnología MPPT se amplifica la potencia en un 25%, motivo por el cual se utilizan este tipo de módulos solares en instalaciones solares para viviendas o para medios y grandes consumos eléctricos. Para placas conectadas únicamente en serie se deberán utilizar los reguladores MPPT: Damia Solar *regulador MPPT 40A* o de 20A.

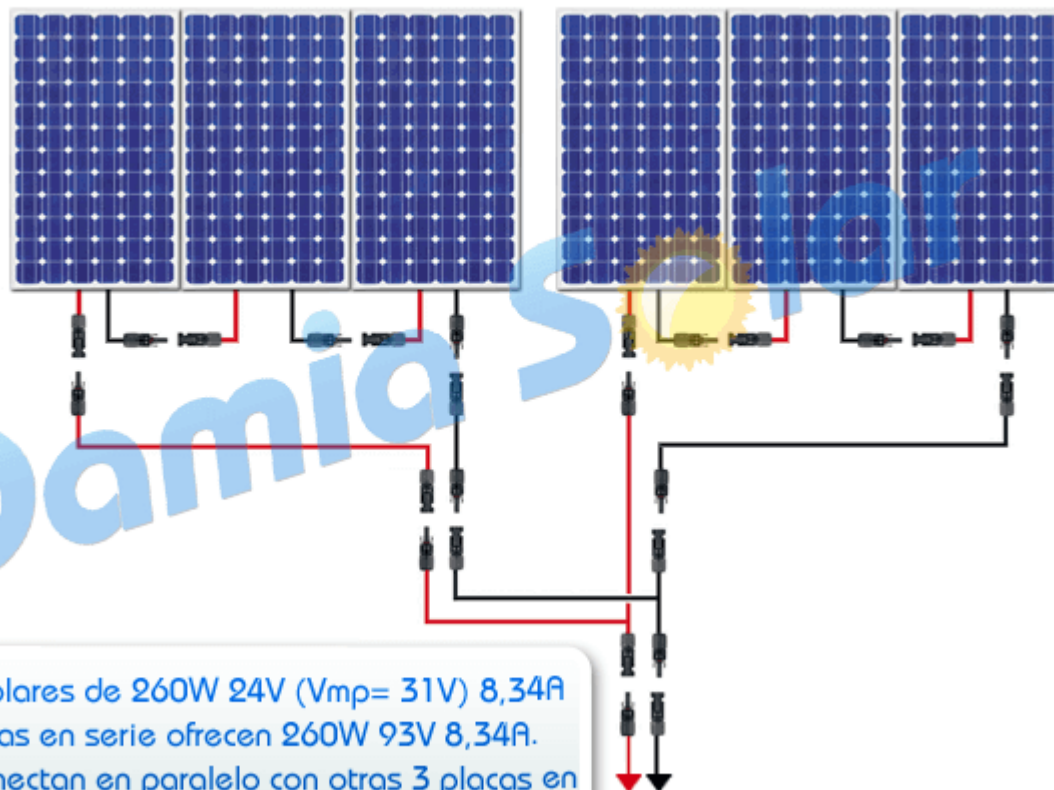
Conexión de placas en serie



- ▶ La conexión mixta en serie y paralelo se suele utilizar habitualmente en instalaciones solares donde se conecten 5 o más placas solares de 60 células y potencia superior a 200W, ya que permite obtener un voltaje no demasiado alto y a su vez, multiplicar el amperaje total de la instalación. De esta forma, gracias a esta conexión se aumenta tanto el voltaje como la intensidad, la cual posteriormente el regulador MPPT adaptará a las características de las baterías.

- ▶ La conexión mixta se utiliza por ejemplo en los inversores cargadores Ecosolar multiplus MPPT, los cuales disponen de regulador MPPT que precisa de conexión mixta en serie y paralelo de las placas solares. Si se dispone de 6 placas solares de 260W 8,34A y V_{mp} de 31 o 32V, se conectarán 2 grupos de 3 placas en serie y luego se conectarán los 2 grupos entre ellos en paralelo. Resultando un sistema de 520W 93V 16,68A.

Conexión de placas en serie y paralelo



3 placas solares de 260W 24V ($V_{mp} = 31V$) 8,34A
conectadas en serie ofrecen 260W 93V 8,34A.
Estas se conectan en paralelo con otras 3 placas en
serie para crear un sistema de 520W 93V 16,68A.

► Gracias por su atención ii