

# EFECTO SOMBRA EN LOS PANELES SOLARES

## 1. INTRODUCCIÓN.

Al ser los paneles fotovoltaicos equipos de generación eléctrica, estos están propensos a posibles fallas de origen externo que pueden provocar el mal funcionamiento y deterioro de células de estos. Según la experiencia uno de los agentes externos que más provoca fallas en los paneles son las sombras generadas por obstaculizar el paso de la radiación de manera directa al panel, es por ello que la sombra en un panel solar fotovoltaico es uno de los aspectos más importantes que debemos tomar en cuenta cuando se trata de una instalación fotovoltaica, ya que estos generan efectos negativos como recalentamiento que son perjudiciales para el tiempo de vida del panel y la potencia instalada del sistema. Es por ello que en este artículo se analizará el efecto sombra, ya que estas se producen en la célula, perjudicando su buen funcionamiento. El evitar el efecto sombra es una regla principal en cualquier proceso de instalación y dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos, sin embargo en caso de que se produzca, tiene que existir medios de protección para evitar su deterioro.



Fig. 1. Paneles sometidos a sombras.

## 2. ANTECEDENTES.

Como se sabe el panel fotovoltaico consiste en una serie de células solares conectadas entre sí. Cuando la luz incide en una célula fotovoltaica, los fotones son absorbidos por la célula fotovoltaica y los electrones dentro de la célula se liberan por el efecto fotoeléctrico, lo que permite que los electrones se muevan libremente, a este flujo de electrones se llama electricidad definida como corriente continua, esta corriente está regida bajo las mismas leyes de la física, para lo cual se tiene que hacer un análisis y estudio técnico para diseñar los equipamientos de manera óptima. En todo estudio de generación eléctrica usando paneles fotovoltaicos, siempre hay pérdidas por efecto joule que son perjudiciales para la instalación ya que provoca menor tiempo de vida de los activos y por ende disminuye la eficiencia del sistema. El análisis de sombras es uno de los pasos más esenciales en la fase de diseño o análisis del sistema de energía solar. El sombreado es un hecho en muchos lugares, es por esto que es importante realizar un análisis de sombra durante el estudio del sitio, a fin de evaluar obstáculos eventuales y potenciales, como árboles o edificios que podrían bloquear la luz solar.

Es por ello que existen estudios que han dado lugar a algunas ecuaciones capaces de calcular las sombras solares y proporcionar al cliente una expectativa realista de la energía que puede suministrar el sistema fotovoltaico.

### 3. DESARROLLO.

#### 3.1 Efecto de la sombra en un panel solar

Lo que provoca la sombra es evitar el paso de radiación directa sobre el panel fotovoltaico, esto hace que se active de manera automática el funcionamiento de los diodos de la caja de conexiones, generando escalones en la curva I-V del componente. En resumen, la producción disminuye drásticamente y puede estar entre un 40 y un 100% de la producción del panel, aunque la sombra solo sea parcial. Como se puede apreciar en la siguiente gráfica, las células fotovoltaicas al verse obstaculizada su radiación solar, éstas pasan de generar electricidad a consumirla, ocasionando un posible sobrecalentamiento e incluso su deterioro.



Fig. 2. Paneles sobrecalentados, por el efecto sombra.

De tal manera que, para evitar este calentamiento, las células fotovoltaicas vienen con unos diodos bypass, que logran puentear la corriente eléctrica para así evitar que esto suceda. La tarea del diodo básicamente es conducir a la corriente por un camino diferente para evitar que la célula sombreada se averíe.

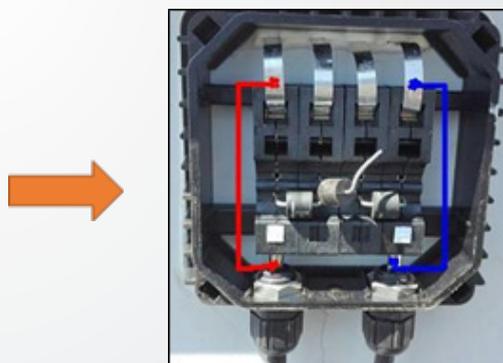


Fig. 3. Diodo del panel fotovoltaico.

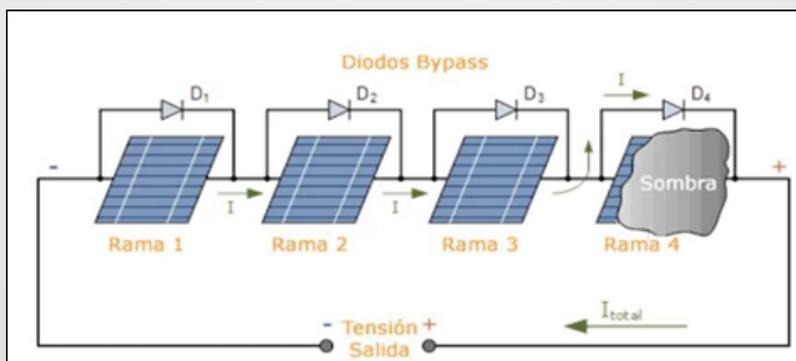


Fig. 4. Funcionamiento del diodo cuando hay sombra.

### 3.2 Efecto de la sombra desde el punto de vista de un esquema eléctrico

#### 3.2.1 Principio de Funcionamiento de la célula fotovoltaica

Cuando conectamos una célula solar a una carga y la célula esta iluminada, se produce una diferencia de potencial en extremos de la carga y circula una corriente por ella, a esto se le llama efecto fotovoltaico.

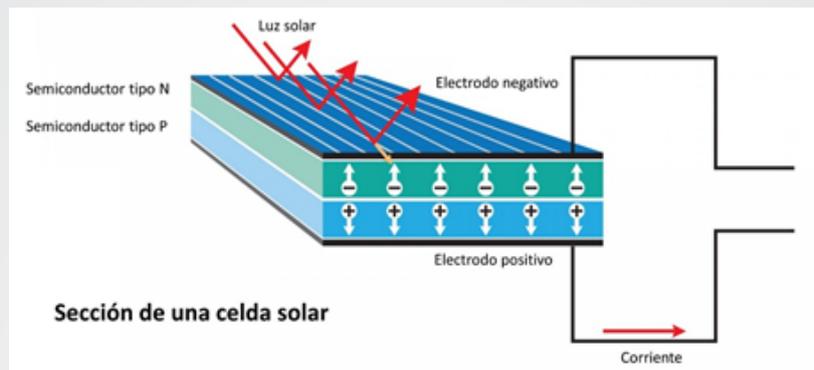


Fig. 5. Efecto fotoeléctrico sobre una celda de Silicio NP.

#### 3.2.1 Modelo eléctrico de una célula fotovoltaica

El modelo eléctrico de una célula solar es una representación aproximada de los parámetros eléctricos que sirven para modelar matemáticamente su curva característica de tensión corriente principalmente. Comenzaremos diciendo que 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 (IPH):** Esta corriente se produce debido a la generación de portadores que produce la iluminación.

$$I_{PH} = I_L$$

- **Corriente de Oscuridad o corriente de diodo (ID):** Esta corriente se origina debido a la recombinación de portadores que produce el voltaje externo necesario para poder entregar energía a la carga y es característica de la unión PN. Se puede expresar para su simplificación mediante el modelo de una exponencial:

$$I_D = I_0 \left[ e^{\left(\frac{eV}{m \cdot k \cdot T}\right)} - 1 \right]$$

- Rs: Resistencia serie
- Rp: Resistencia paralelo
- IPH: Corriente de iluminación (fotocorriente)
- RL: Carga

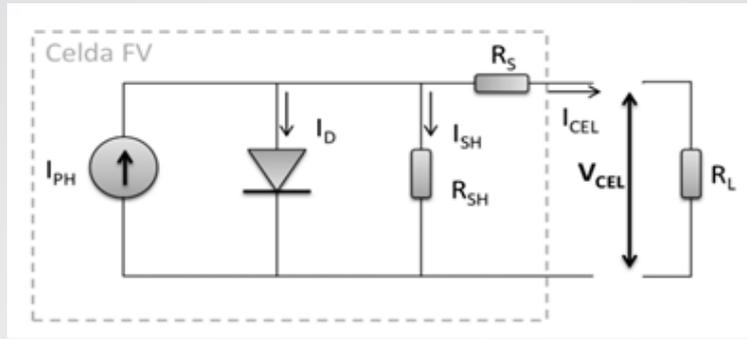


Fig. 6. Esquema equivalente de una célula eléctrica.

Por lo tanto:

La corriente eléctrica producida por una célula solar viene dada por la diferencia entre la corriente de iluminación ( $I_L$ ), y la corriente de oscuridad ( $I_D$ ) de la unión P-N. Tomando como positiva la corriente fotogenerada de la célula tenemos las siguientes expresiones matemáticas.

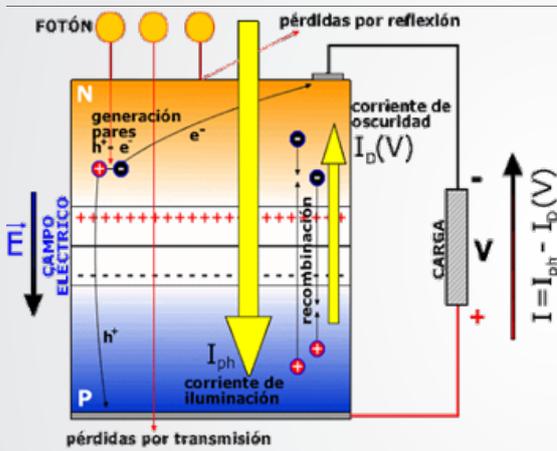


Fig. 7. Circuito real de una célula fotovoltaica.

$$I = I_L - I_D$$

$$I = I_L - I_0 \left[ e^{\left( \frac{eV}{m \cdot k \cdot T} \right)} - 1 \right]$$

Gráficamente tendremos:

$$I_D = I_0 \left[ e^{\left( \frac{eV}{m \cdot k \cdot T} \right)} - 1 \right]$$

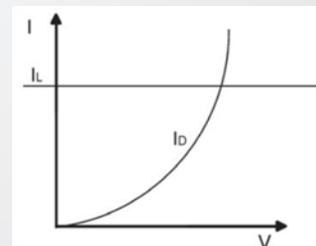


Fig. 8. Graficas de  $I_D$  e  $I_L$ .

$$I = I_L - I_D$$

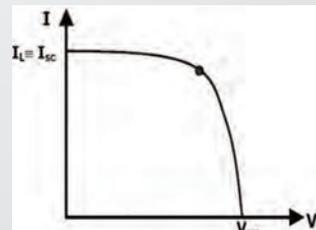


Fig. 9. Curva característica del panel solar.

Como se logra apreciar la curva característica de la célula fotovoltaica sale de una expresión matemática que a su vez sale de un esquema equivalente eléctrico que es una gran aproximación al comportamiento real de la célula.

### 3.2.2 Efecto de la sombra desde el punto de vista de su esquema equivalente

Ahora podemos explicar de una manera más técnica el efecto que causa la sombra sobre una célula fotovoltaica, y comenzaremos diciendo que cuando se produce este efecto sobre el panel, este deja de producir la corriente de luminosidad ( $I_L$ ), quedando como circuito abierto (Ver Fig 10). Esto conlleva a que la corriente que producen las demás células pase por la resistencia  $R_P$  provocando calor lo que desencadenaría sobrecalentamiento y deterioro de esta.

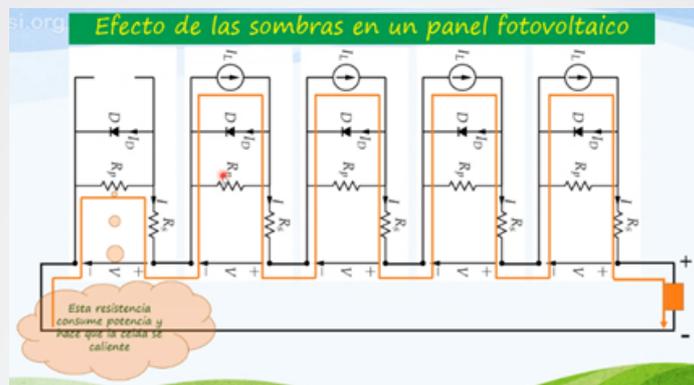


Fig. 10. Recorrido de corriente producto del efecto sombra.

Es por ello que en el diseño de estas células se considera instalar diodos del tipo bypass, que evitan que la corriente pase por la resistencia interna de la célula y de esta manera el sobrecalentamiento sería nulo.

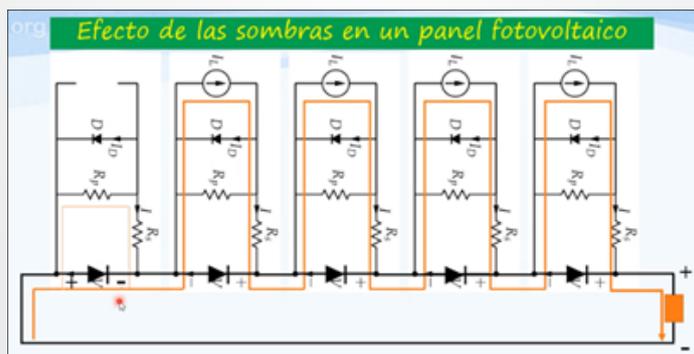


Fig. 10. Nuevo recorrido de corriente por el diodo bypass.

## 4. CONCLUSIÓN.

- Se puede comprobar que el efecto sombra es muy perjudicial para los paneles solares, porque produce calentamiento provocando que el tiempo de vida de los paneles disminuya y en muchos casos dependiendo de la magnitud genera incendios en la instalación.
- Analizándolo desde el esquema equivalente eléctrico de la célula, se puede concluir que este efecto se minimiza instalando un diodo bypass cuya función es derivar la corriente y evitar que pase por la resistencia interna de la célula y así se elimina todo tipo de calentamiento.

- Sin duda el diodo bypass redirección la corriente convenientemente minimizando los efectos de la sombra en la célula, pero el sistema se queda con menos potencia instalada debido a la fuera en servicio de la célula afectada.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- A.G, V. D. (2018). Validacion del modelo matematico de un panel solar empleando la herramientas simulink. Investigacion, desarrollo e investigacion.
- Baena, J. D. (2014). Electronica aplicada a los sistemas fotovoltaicos. Escuela politecnica superior de Jaen (España), 10-11.
- Cabre, J. P. (2012). Estudio de afectacion de las sombras en un panel fotovoltaico. Universitat Rovira Virgili.

**Autor:** Ing. Víctor Gonzales Zamora, Analista de Ingeniería

**Edición:** Lic. Francie Salazar Mandamiento, Responsable de Marketing e Imagen Corporativa