



## Comportamiento de los parámetros característicos de un módulo fotovoltaico

### Behavior of the characteristic parameters of a photovoltaic module

Josue Eliezer Alata Rey<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. Email: [josue@lamolina.edu.pe](mailto:josue@lamolina.edu.pe)

Recepción: 1/10/2019; Aceptación: 15/05/2020

#### Resumen

En el presente trabajo tiene por objetivo evaluar el comportamiento de los parámetros característicos de un módulo fotovoltaico, considerando a la radiación solar como variable de entrada y al voltaje, corriente y temperatura de la placa como variables de salida. Por tal efecto, se realizaron mediciones durante las horas de mayor incidencia solar, es decir entre las 10:00am y 2:00pm, donde se tomaron datos cada 10 minutos de: radiación solar, voltaje en circuito abierto, corriente en corto circuito y temperatura de la placa; los cuales fueron registrados en una data para su posterior análisis. Los resultados demostraron que conforme aumenta la radiación solar, aumenta la corriente de cortocircuito; así mismo, conforme aumenta la temperatura en la placa disminuye el voltaje en circuito abierto; además, alrededor del mediodía se tuvo la mayor radiación solar. Finalmente, se considera que la generación de energía eléctrica a través de módulos fotovoltaicos, es sólo una fracción del complejo problema del consumo energético, en el cual se plantea la búsqueda de soluciones que puedan existir para corregir el consumo excesivo de la energía eléctrica y evitar daños al medio ambiente; por lo tanto, es necesario conocer los parámetros característicos de los módulos fotovoltaicos.

Palabras clave: Energía solar; módulo fotovoltaico; parámetros característicos; voltaje; amperaje; radiación solar.

#### Abstract

The purpose of this paper is to evaluate the behavior of the characteristic parameters of a photovoltaic module, considering solar radiation as an input variable and the plate voltage, current and temperature as output variables. For this purpose, measurements were made during the hours of greatest solar incidence, that is, between 10:00 am and 2:00 pm, where

**Forma de citar el artículo:** Alata, J. 2020. Comportamiento de los parámetros característicos de un módulo fotovoltaico. Anales Científicos 81 (1): 220-228 (2020).

DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v81i1.1632>

Autor de correspondencia (\*): Alata, J. Email: [josue@lamolina.edu.pe](mailto:josue@lamolina.edu.pe)

© Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

data were taken every 10 minutes of: solar radiation, open circuit voltage, short circuit current and temperature of the plate; which were recorded in a data for later analysis. The results showed that as solar radiation increases, the short-circuit current increases; likewise, as the temperature in the handle increases, the open circuit voltage decreases; In addition, around noon there was the greatest solar radiation. Finally, it is considered that the generation of electrical energy through photovoltaic modules, is only a fraction of the complex problem of energy consumption, in which the search for solutions that may exist to correct the excessive consumption of electrical energy and prevent damage is considered to the environment; therefore, it is necessary to know the characteristic parameters of the photovoltaic modules. Keywords: Solar energy; photovoltaic module; characteristic parameters; voltaje; amperaje; solar radiation.

---

## 1. Introducción

Para la gran mayoría de los peruanos, la electricidad es algo que siempre está disponible, se presiona un interruptor y algo se prende, se conecta un artefacto electrodoméstico y éste funciona, sin estar conscientes que detrás de estas simples acciones hay un largo camino, una gran infraestructura que puede ser afectada por factores climáticos, políticos, económicos o sociales. Hoy en día, los temas de ahorro y uso eficiente de la energía, adquieren vigencia a raíz de los problemas del calentamiento global, generando como consecuencia la contaminación ambiental por los gases de efecto invernadero, cuyo objeto se enmarca en el planteamiento de soluciones y aplicación de medidas factibles y detener el deterioro ambiental del planeta. Cabe destacar que la electricidad debe ser generada, transportada, distribuida, medida y facturada, pero todo este proceso requiere de un sistema eléctrico que debe mantenerse al día, donde se incluye personal especializado y alta tecnología en materiales y equipos. Todo esto es para reflexionar y pensar en la necesidad de no malgastar este recurso, ni los que la hacen posible. En vista de esto, el gobierno y algunas empresas privadas están emprendiendo planes, programas económicos y energéticos, con la finalidad de aumentar las reservas existentes y disminuir el uso desproporcionado que se tiene de la energía eléctrica.

Por ello, [Ospino \(2014\)](#) sostiene que en los últimos años se ha desarrollado un marcado interés por la aplicación de las fuentes renovables de energía; en particular, la fotovoltaica. Este proceso es acelerado por la reducción de los costos de fabricación de paneles solares, inversores y componentes del sistema, así como por la intensificación de sus aplicaciones ya sea en régimen aislado, conectados a las redes o formando parte de sistemas híbridos en diferentes procesos y localizaciones geográficas.

Mientras que, [Henao \(2016\)](#) argumenta que la energía solar es una fuente limpia y renovable de electricidad con bajo impacto ambiental, disponibilidad en el sitio de consumo y sostenibilidad. La energía del sol se convierte en energía eléctrica mediante el efecto fotovoltaico utilizando celdas solares.

Por su parte, [Ramos \(2018\)](#) plantea que la energía solar fotovoltaica puede definirse como la producción de electricidad por conversión directa de la energía lumínica. En los últimos años, el mercado fotovoltaico se ha basado en la utilización de paneles de silicio para producir energía solar con una eficiencia máxima de alrededor del 22%.

Mientras tanto, [Osorio \(2015\)](#) sostiene que desde el punto de vista energético son eficientes, porque generan electricidad en el mismo lugar que se consume, atenuando significativamente las pérdidas por distribución. En este sentido, las cubiertas ofrecen mayor potencial de integración

en términos de producción energética, por ser las superficies mejor situadas y de mayor extensión, libres de obstáculos y restricciones.

A su vez, Cáceres (2010) argumenta que, para la expansión de los sistemas de generación descentralizada, la generación fotovoltaica conectada a red representa una alternativa conveniente ya que, debido a sus características físicas, estos sistemas pueden ser instalados en puntos convenientes de la red sin necesidad de realizar obras civiles de gran envergadura.

Mientras que, Willians (2012) sostiene que los módulos solares son los elementos encargados de la conversión de energía solar en eléctrica, son el elemento principal del sistema fotovoltaico y representan un gran porcentaje de la inversión inicial. Esto nos importa porque también es el elemento que se encuentra más expuesto a condiciones adversas y por ende del que resulta necesario realizar un estudio de la degradación con el pasar de los años.

Además, Sánchez (2008) plantea que los parámetros eléctricos y de temperatura de los módulos fotovoltaicos que proporciona el fabricante están referidos a una condición climática de referencia; así como los parámetros que informan sobre la influencia de la temperatura del módulo en el funcionamiento del mismo.

Finalmente, Echeverría (2014) argumenta que los fabricantes de paneles solares proveen las curvas de corriente-tensión (I-V) para algunos valores de irradiancia y temperatura, junto con un conjunto acotado de datos eléctricos y térmicos. Desafortunadamente, algunos de los parámetros necesarios para ajustar el modelo del panel no son consignados, por lo que se utilizan algoritmos para su obtención. Los mismos deben ser eficientes y lo suficientemente precisos como para reproducir fielmente el comportamiento del dispositivo.

Considerando lo anteriormente expuesto se plantea la necesidad de realizar una

evaluación de los parámetros característicos de salida de un módulo fotovoltaico, parámetros como: voltaje, corriente y temperatura; considerando para ello que la variable de entrada será la radiación solar o irradiancia; todo esto, a fin de garantizar el suministro eléctrico a través de esta tecnología y así evitar desperfectos en las cargas que se lleguen a conectar después de su implementación en un sistema eléctrico.

## 2. Materiales y métodos

### Módulo Fotovoltaico:

El principal equipo a utilizar fue el módulo fotovoltaico, encargado de captar la energía solar. Esta se encarga de convertir la energía solar en energía eléctrica, por medio de celdas que aprovechan el efecto fotovoltaico. Las características técnicas del módulo fotovoltaico, de la Figura 1, son: largo 127.70 cm, ancho 64.00 cm, espesor 3.10 cm, celdas 72 (cada celda mide 10.2 cm de largo y ancho), potencia 100Wp, tipo Monocromático.



Figura 1. Foto de un módulo fotovoltaico de 100Wp

Piranómetro:

El piranómetro digital, de la **Figura 2**, es un instrumento meteorológico utilizado para medir de manera muy precisa la radiación solar incidente sobre la superficie de la tierra. Esto lo hace mediante un cable que en su extremo tiene un pequeño sensor en forma de cilindro, en donde directamente llega la radiación solar a fin de medir la radiación directa; además se pudo medir la radiación difusa tapando el sensor con algún objeto como por ejemplo un cuaderno.



**Figura 2.** Foto de un piranómetro digital

Amperímetro:

El amperímetro digital, de la **Figura 3**, es un instrumento que se utiliza para medir la intensidad de corriente en cortocircuito que está circulando por el módulo fotovoltaico, en este caso se usó un amperímetro digital de alta precisión.

en los módulos, en este caso fue necesario para medir el voltaje en circuito abierto.



**Figura 3.** Foto de un amperímetro digital

Voltímetro:

El voltímetro digital, de la **Figura 4**, es un instrumento que sirve para medir el voltaje



**Figura 4.** Foto de un voltímetro digital

### Termómetro:

El termómetro digital, de la **Figura 5**, permitió medir la temperatura que se iba registrando en el módulo fotovoltaico; a través de una conexión directa entre este instrumento y el módulo pudimos conocer la temperatura de la placa del módulo.



**Figura 5.** Foto de un termómetro digital



**Figura 6.** Foto de un panel de contacto



**Figura 7.** Foto de las mediciones en el módulo fotovoltaico

### Panel de contacto (uniones de circuitos):

El panel, de la **Figura 6**, permitió hacer buen contacto entre los instrumentos de medición con el módulo fotovoltaico, y con ello se pudo realizar buenas mediciones; habían tuercas de color rojo y negro para las conexiones.

En la **Figura 7**, se observa las mediciones que se realizaron en el distrito de La Molina, cuya ubicación se encuentra en  $12^{\circ}04'40''S$   $76^{\circ}54'40''O$ , durante el mes de febrero, entre las 10:00 am y las 2:00 pm.

### Procedimiento

Los instrumentos ya descritos se probaron previamente y se instalaron en una mesa de trabajo; las mediciones empezaron desde las 10:00 am.

Se utilizaron cables eléctricos N°16, para conectar el módulo fotovoltaico con el panel de contacto, esto se hizo ya que con este panel la conexión mejoraba y así se podía tomar mejores lecturas de voltaje e intensidad.

Con todos los cables unidos al panel de contacto, se pudo medir la intensidad de corriente con el amperímetro. Se unió el cable de color negro con la tuerca negra y el cable de color rojo con la tuerca de color rojo, esto debido a la polaridad.

Para medir el voltaje se utilizó el voltímetro, se unió el cable de color negro con la tuerca negra y el cable de color rojo con la tuerca de color rojo.

El piranómetro se usó para medir la radiación solar; la luz entraba a un pequeño cilindro de plástico y el piranómetro mostraba la radiación directa, luego se cubrió con la mano este pequeño cilindro para que no llegue la luz y se tomó otra vez la lectura al piranómetro, esta lectura era de la radiación difusa.

La temperatura de la placa se midió conectando unos cables del medidor de temperatura hacia los módulos fotovoltaicos.

Los pasos D, E y F se hicieron en simultaneo, las mediciones empezaron a las 10 am hasta las 2pm. Las mediciones se realizaron cada 10 minutos.

La experiencia terminó a las 2:00 pm.

### 3. Resultados y discusión

#### **Resultados:**

Luego de realizar las mediciones correspondientes, se trasladó todos los valores obtenidos a la [Tabla 1](#), a fin de poder analizarlos y procesarlos, estos son:

Con los valores obtenidos se procedió a calcular la radiación solar media cuyo resultado fue de 6,07 kWh/día para ese día.

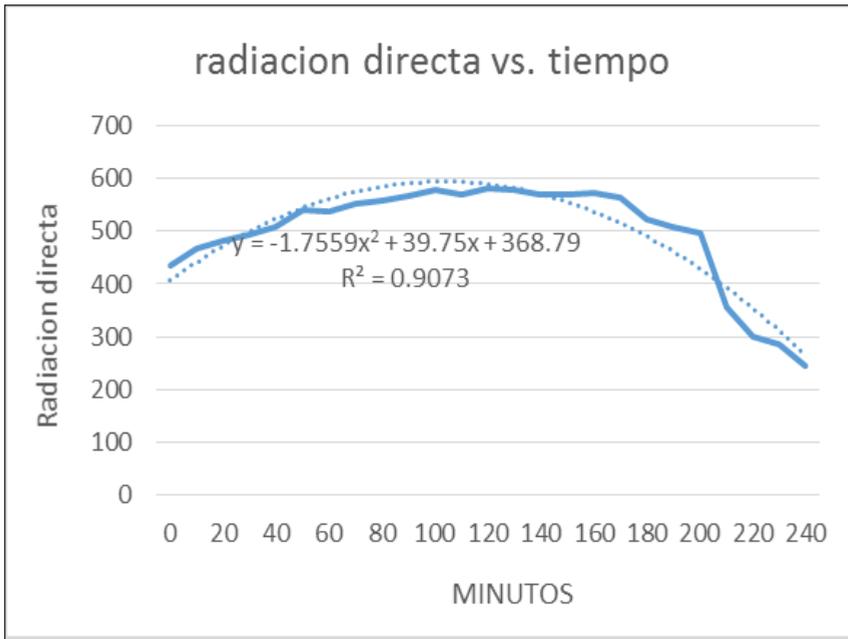
En la [Figura 8](#), se observa el comportamiento de la radiación solar y el tiempo

En la [Figura 9](#), se observa que conforme se incrementa la radiación solar aumenta la corriente de cortocircuito en el módulo.

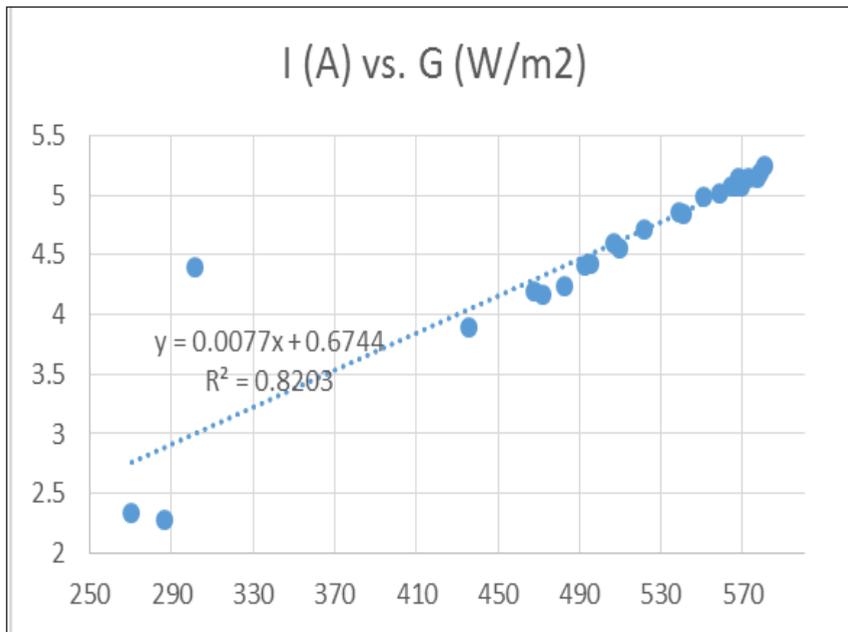
En la [Figur 10](#), se observa que conforme se incrementa la temperatura en la placa disminuye el voltaje de circuito abierto.

**Tabla 1.** Mediciones realizadas en un módulo fotovoltaico de 100Wp

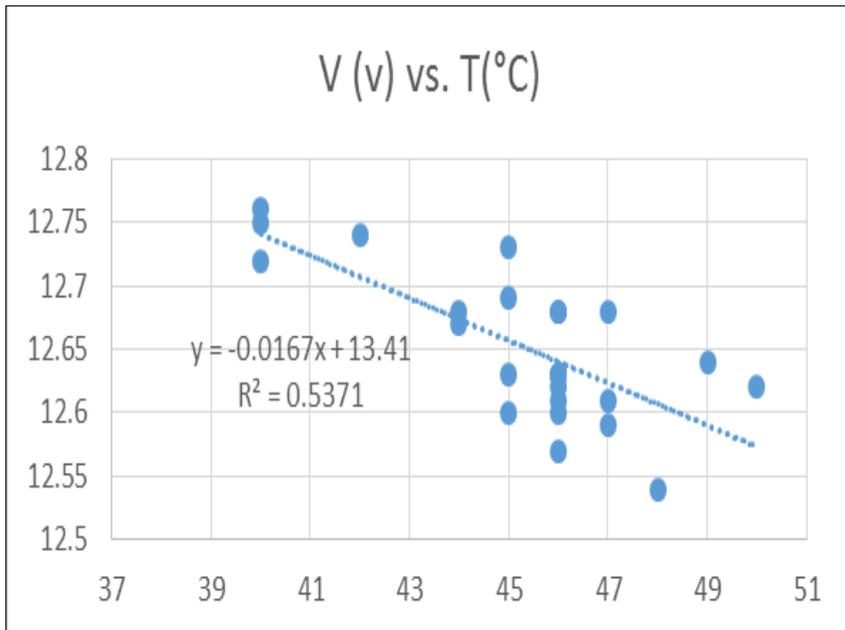
Hora	Rad. Directa (W/m <sup>2</sup> )	Rad. Difusa (W/m <sup>2</sup> )	Temp. Placa (°C)	Voc (V)	Icc(A)
10:00 a.m.	436,0	62,79	40	12,76	3,89
10:10 a.m.	467,9	99,26	42	12,74	4,20
10:20 a.m.	482,7	94,44	45	12,69	4,23
10:30 a.m.	492,7	106,23	45	12,63	4,41
10:40 a.m.	509,4	100,04	46	12,57	4,56
10:50 a.m.	541,2	78,88	46	12,60	4,84
11:00 a.m.	538,6	106,18	46	12,63	4,86
11:10 a.m.	550,9	41,07	45	12,60	4,99
11:20 a.m.	558,8	63,10	46	12,62	5,02
11:30 a.m.	566,8	80,18	47	12,61	5,07
11:40 a.m.	578,7	92,08	47	12,68	5,19
11:50 a.m.	569,4	92,50	47	12,59	5,11
12:00 p.m.	580,6	96,84	50	12,62	5,24
12:10 p.m.	577,4	101,91	49	12,64	5,15
12:20 p.m.	568,1	112,93	46	12,63	5,15
12:30 p.m.	569,1	127,53	46	12,68	5,07
12:40 p.m.	572,6	137,71	46	12,61	5,14
12:50 p.m.	564,5	124,42	46	12,68	5,07
01:00 p.m.	521,4	166,49	45	12,73	4,71
01:10 p.m.	506,9	63,09	46	12,63	4,59
01:20 p.m.	495,2	152,30	48	12,54	4,43
01:30 p.m.	355,4	129,4	44	12,67	2,34
01:40 p.m.	301,3	133,00	44	12,68	4,40
01:50 p.m.	286,4	91,55	40	12,75	2,28
02:00 p.m.	245,4	175,50	40	12,72	4,17



**Figura 8.** Gráfico radiación solar versus tiempo – fuente propia



**Figura 9.** Gráfico corriente de cortocircuito versus radiación directa - fuente propia



**Figura 10.** Grafico voltaje de circuito abierto versus temperatura de la placa - fuente propia

Antes de tomar las medidas, todas las instalaciones deben estar muy bien conectadas para que no haya un error de toma de datos.

Es importante que todos los equipos de medición (termómetro, piranómetro, voltímetro y amperímetro) estén operativos y en buen estado; ya que si se desea obtener buenos resultados va a depender que las mediciones que se hagan con dichos equipos sean los más precisos.

Se recomienda automatizar la toma de datos para poder captar todos los parámetros a evaluar de forma simultánea, para evitar posibles errores de lectura durante el tiempo que toma de datos.

#### 4. Conclusiones

La radiación solar es el factor meteorológico que mantiene una relación directa con la generación de energía eléctrica a través del módulo fotovoltaico; otro factor que permite determinar el tiempo son las horas diarias disponibles de sol. Conforme se incrementa

la radiación solar aumenta la corriente de cortocircuito en el módulo; mientras que conforme se incrementa la temperatura de la placa disminuye el voltaje de circuito abierto. Las mediciones se realizaron entre 10:00am y 2:00pm, con un intervalo de 10 minutos, porque en ese horario la radiación solar es la mayor del día. La energía solar es una fuente viable de energía: es inagotable, gratuita y de fácil utilización a nivel de uso doméstico, ya que con el aumento de la tecnología se está disminuyendo los costos de fabricación de sus componentes. El camino de las energías renovables está en marcha y es aceptado por la sociedad debido a las múltiples ventajas que tiene y que es consecuencia del cambio climático de la emisión de los gases combustibles que gran parte de ellos provenientes de la generación de energía, es lógico suponer que el sector fotovoltaico experimentará un gran impulso en los próximos años, con el consiguiente beneficio ecológico y al mismo tiempo abrirá un gran abanico de posibilidades a la

industria fotovoltaica y a los inversionistas públicos o privados que apuesten por esta tecnología.

### 5. Agradecimientos

Al Departamento Académico de Mecanización y Energía, de la Facultad de Ingeniería Agrícola, de la Universidad Nacional Agraria La Molina, por brindarme las facilidades con los equipos de medición y así realizar la presente investigación.

### 6. Literatura citada

- Cáceres, M.; Pinto, E.; Busso, A.; Cadena, C.; Vera, L. 2010. Modelo matemático para simular la interacción entre un sistema de generación fotovoltaica y la red de baja tensión. ISSN 0329-5184
- Echeverría, N.; Cervellini, M.; García, R.; González, S.; Funes, M.; Carrica, D. 2014. Extracción de Parámetros de un Panel Solar Utilizando Algoritmos Genéticos. ISBN 978-987-29873-0-5
- Henao, E.; Márquez, D.; Villegas, J.; Serna, S.; Ramos, C.; González, D. 2016. Modelo matemático de sistemas fotovoltaicos para búsqueda distribuida del punto de máxima potencia. ISSN 0123-7799
- Osorio, L.; Montero, R. 2015. Análisis energético de un sistema fotovoltaico integrado a una cubierta plana horizontal. ISSN 1815-5901
- Ospino, A.; Robles, C.; Duran, A. 2014. Modelado y simulación de un panel fotovoltaico empleando técnicas de inteligencia artificial. ISSN 1815 - 5901
- Ramos, S. 2018. Fabricación y caracterización de celdas fotovoltaicas de perovskita de nueva composición. Tesis de maestría, Universidad de Sevilla, España. 44 pp.
- Sánchez, E.; Torreblanca, J.; Izard, J.

2008. Caracterización de módulos fotovoltaicos en condiciones de sol real.

- Willians, R. 2012. Análisis del comportamiento de módulos fotovoltaicos; diagnósticos, modelado matemático de curvas I-V y P-V, y construcción de prototipo de trazador de curvas I-V. Tesis de maestría, Instituto Politécnico de Bragança, Portugal. 84 pp.