



## **Optimización de un sistema fotovoltaico de 3.0 Kw a través de la realización de un estudio de sombras y corrección de posición**

Israel Benjamín Arroyo-Luna<sup>1</sup>, Norma Rosario Flores-Rivera<sup>1</sup>, Santa Esmeralda-Sánchez<sup>1</sup> Armas, Jesús

Roberto Flores-Trucios<sup>1</sup>, María Trinidad Salgado-Olivares<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de Tehuacán, Prolongación de la 1 sur No. 1101, San Pablo Tepetzingo, Puebla, México.

\*Autor de correspondencia: [benjamin.arroyo@uttehuacan.edu.mx](mailto:benjamin.arroyo@uttehuacan.edu.mx)

Recibido 26 de agosto de 2020; aceptado 27 de septiembre de 2020

### **RESUMEN**

El presente artículo muestra el estudio de sombras realizado con la finalidad de detectar la disminución de la producción en un sistema fotovoltaico de 3.0 kW, con el propósito último de contar con un óptimo funcionamiento de las celdas, para lo cual se realizó un levantamiento de datos del área e infraestructura para detectar invasión de sombras en el arreglo fotovoltaico; una vez ubicadas, se realizaron cálculos para cuantificar el impacto en la disminución de producción de energía por horas de sombreado dar paso a una propuesta de corrección de la posición, siguiendo una metodología adecuada para lograr este propósito.

**PALABRAS CLAVE:** Sistema fotovoltaico, sombras, producción.

### **ABSTRACT**

This article shows the study of shadows for detect the decrease in production in 3.0 kW photovoltaic system for having an optimal functioning of the cells, for that it was made a data survey of the area and infrastructure for detect invasion of shadows in the photovoltaic arrangement; once they were located, calculations were made to quantify the impact on the decrease in energy production per hours of shading, in order to give way to a proposal to correct the position, following an appropriate methodology to achieve this purpose.

**KEY WORDS:** Photovoltaic system, shadow, production

## INTRODUCCIÓN

La cantidad de energía solar que recibimos en un solo día resulta más que suficiente para cubrir la demanda mundial de todo un año. Sin embargo, este recurso no se puede aprovechar en su totalidad porque los medios para transformar la energía solar en electricidad no son lo suficientemente eficientes (Pereda, 2005).

Los sistemas fotovoltaicos de conexión a red son instalados para la generación de energía por medio de radiación en lugares en los que no hay ninguna afectación a la producción; en ciertas ocasiones, debido a factores externos, provocan sombras durante el día sobre el arreglo fotovoltaico, lo que provoca la disminución de captación de irradiación y pérdidas energéticas. Debido a lo anterior, en este trabajo se llevó a cabo el análisis de las sombras en el sistema interconectado a la red, con lo cual se obtendrá su cuantificación. Asimismo, para enriquecer el análisis, se realizaron mediciones como irradiancia, posición solar, longitud, elevación luz de día, puesta de sol, entre otros. Sin duda, resulta de gran relevancia realizar estudios que permitan conocer la manera en que la sombra afecta al rendimiento de un sistema durante su operación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio de sombras es muy importante para definir la ubicación más idónea para los paneles fotovoltaicos, en donde no se verán afectados por proyecciones oscuras, las cuales merman la eficiencia del panel, según se describe en la figura 1, y es precisamente el efecto que causa el sombreado presentado por Moran et al, (2002).

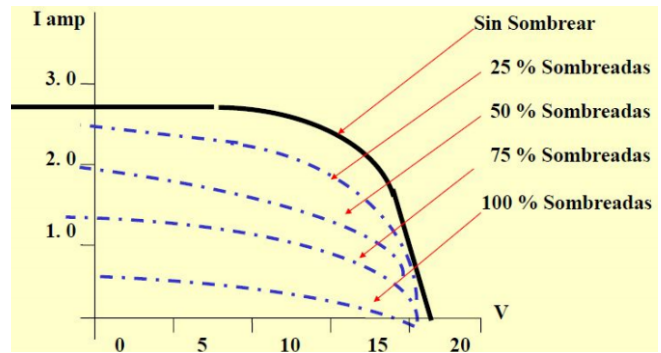


Fig.1. Efecto del sombreado en la generación de voltaje y corriente eléctrica.

De esta manera, como primer punto se identificó al sistema solar (figura 2), ubicado en 2 Ote, y se determinó que la superficie total del inmueble es de 14 metros de frente y 12 metros de fondo, el cual está constituido por 12 paneles canadian solar de 270 W y un inversor kaco de 3 Kw. Este último debe tener una producción total de 3 Kw, presentando una sombra provocada por la antena de radio de la empresa, la cual disminuye la producción a 1.8 Kw, que es aproximadamente un 60 %.

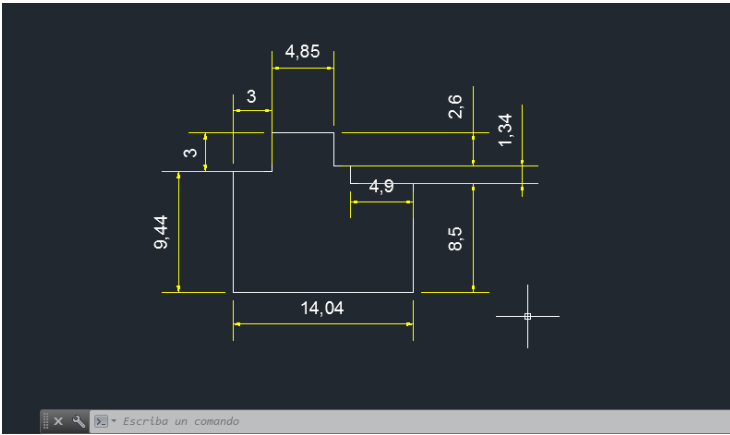


Figura 1. Plano del inmueble.

Como segundo paso, se realizaron mediciones durante un año de radiación, energía de un panel con y sin sombra (tabla 1) para determinar las pérdidas de Kw debido a las sombras.

Tabla 1. Monitoreo del sistema fotovoltaico

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Radiación kWh/m <sup>2</sup> /día	4.64	5.65	6.33	6.31	6.55	5.8	6.95	5.05	5.76	6.57	6.83	6.7
Factor k	0.9	0.92	0.97	1.04	1.06	1.087	1.1	1.12	1.08	1.03	0.97	0.92
Energía de un panel kWh/mes	29.71	33.40	43.68	45.18	49.39	43.41	54.39	40.24	42.83	48.14	45.61	43.85
Energía de un panel kWh/día	0.96	1.19	1.41	1.51	1.59	1.45	1.75	1.30	1.43	1.55	1.52	1.41
Energía de un panel kWh/mes con sombra	4.10	9.75	16.08	16.54	19.23	13.47	23.09	0.40	13.09	18.83	18.90	17.67
Radiación kWh/m <sup>2</sup> /día con sombra	0.64	1.65	2.33	2.31	2.55	1.8	2.95	0.05	1.76	2.57	2.83	2.7
Horas Aprox. Con sombra	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4
Paneles sombreados	0.13	0.35	0.52	0.55	0.62	0.45	0.74	0.01	0.44	0.61	0.63	0.57

Para la realización del monitoreo presentado como tercer punto, fue un estudio de sombras general (figura 2) en el área para identificar el paso del sol durante el año (figura 3), utilizando la plataforma Sunearthtools y Nasa Power.



Figura 2. Sombras generales del área.

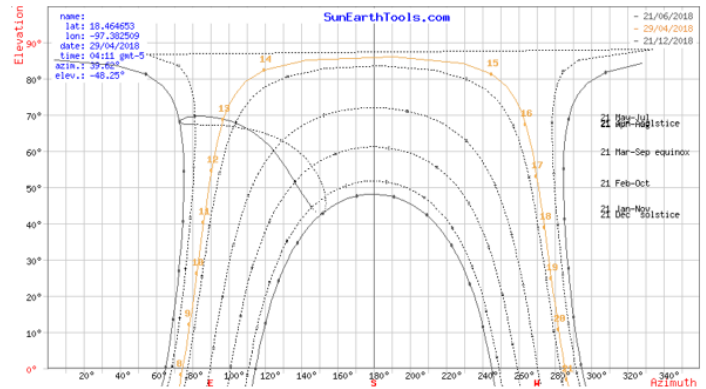


Figura 3. Gráfica del azimut y elevación.

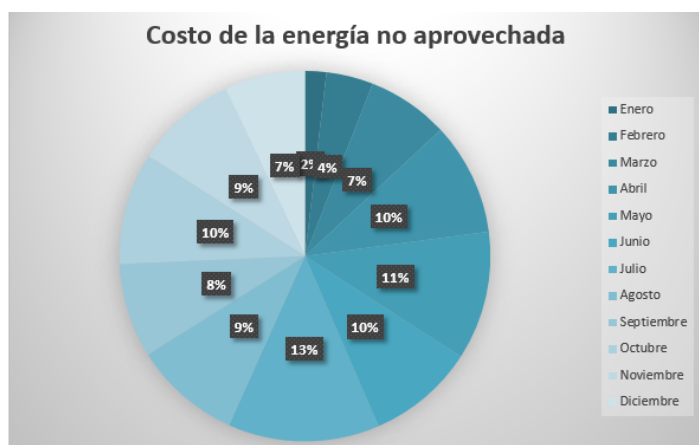
## RESULTADOS

Se observa en la tabla número 2 el monitoreo de radiación y energía de un panel realizado en los meses de elaboración de la propuesta, así como las estimaciones para el siguiente año.

**Tabla 2.** Monitoreo de radiación solar y estimaciones de energía en paneles fotovoltaicos

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Radiación kWh/m <sup>2</sup> /día	4.64	5.65	6.33	6.31	6.55	5.8	6.95	5.05	5.76	6.57	6.83	6.7
Factor k	0.9	0.92	0.97	1.04	1.06	1.087	1.1	1.12	1.08	1.03	0.97	0.92
Energía de un panel kWh/mes	29.71	33.40	43.68	45.18	49.39	43.41	54.39	40.24	42.83	48.14	45.61	43.85
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
356.51	400.82	524.19	542.17	592.74	520.87	652.67	482.86	513.95	577.72	547.35	526.23	

En la figura 4 se visualizan gráficamente los porcentajes de energía no aprovechada a causa de la sombra, obteniéndose el valor más alto en el mes de julio y el más bajo en el mes de enero.



**Figura 4.** Gráfica de energía no aprovechada.

## CONCLUSIONES

La pérdida de la producción de energía provocada por la sombra se ve representada en la tabla 3, junto con el

valor de la energía no aprovechada durante los meses de año y la estimación de meses posteriores, identificando al mes de julio como la pérdida más alta de año. A su vez, se puede observar que durante un año se sufrió una pérdida económica de \$ 4,152.00.

**Tabla 3.** Pérdida de producción de energía provocada por sombra

	Enero	Feb	Mar	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep	Oct	Nov	Dic
Energía de 12 paneles kWh/mes sin sombra	356.5	400.8	524.2	542.2	592.7	520.9	652.7	482.9	513.9	577.7	547.4	526.2
Energía producida por 12 paneles kWh/mes con sombra	295.2	265.1	289.2	216.8	221.2	210.3	215.5	172.8	241.0	254.8	253.1	293.5
Aumento	17%	34%	45%	60%	63%	60%	67%	64%	53%	56%	54%	44%
Costo de la energía no aprovechada	\$ 77.0	\$ 170.3	\$ 294.8	\$ 408.2	\$ 466.1	\$ 389.8	\$ 548.4	\$ 389.0	\$ 342.4	\$ 405.2	\$ 389.1	\$ 292.0
TOTAL												\$ 4,152.0

A lo largo de este estudio se logró identificar el comportamiento del sistema fotovoltaico interconectado a la red eléctrica. De acuerdo a lo calculado aquí, se pudo observar que el posicionamiento del arreglo fotovoltaico, considerando las condiciones estructurales del inmueble, no es el adecuado porque existen problemas en la producción de energía, ya que la antena de radio frecuencia presenta sombreado sobre el sistema.

El hecho de detectar esta sombra y evitarla permitirá que el sistema fotovoltaico realmente funcione a un punto óptimo, permitiendo el ahorro de energía y que esto se

vislumbre como una mejora importante en el consumo de energía de este local, pudiendo llevarlo a cualquier otra instalación con una problemática similar.

PIÑA, A. C. (2014). Cálculo y diseño de sistema solar fotovoltaico para uso doméstico. México: UNAM.

Morán, N. V. (2002). Integración de sistemas-sección 1bc. Tijuana, Baja California, México.

Tonda, J. (1993). El oro solar y otras fuentes de energía. México: Fondo de cultura económica.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Acciona. (4 de 06 de 2018). Acciona Bussines as unusual. Obtenido de <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-solar/fotovoltaica/>

Corfo, c. (s.f.). Energía solar fotovoltaica; criterios básico para la. Chile: Centro para la Innovación y Fomento de las Energías Sustentables – CIFES.

Cruz, J. L. (2018). Instalación y puesta en operación de un sistema fotovoltaico autónomo de 1 kw de potencia. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Meraz, R. A. (2012). Análisis Térmico de las celdas fotovoltaicas en un sistema interconectado a la red. Xalapa, Veracruz: Universidad Veracruzana.

Pallejà, C. J. (2012). Estudio de la afectación de las sombras en un panel fotovoltaico.