

Simulación y análisis del rendimiento de un sistema fotovoltaico de 45 kW interconectado a la red de una planta purificadora en Escárcega, Campeche

Blanca del Rosario Martín-Canché *, Juan José Cruz-Chacon, Maximiliano Vanoye-Eligio, Eliezer del Jesús Casado-Ramírez, José Luis Guillen-Taje y José Alberto Alavez-Góngora

Tecnológico Nacional de México, Campus Instituto Tecnológico Superior de Escárcega. Calle 85 S/N entre 10-B Col. Unidad Esfuerzo y Trabajo No. 1, Escárcega, Campeche, C.P. 24350.

* Autor de correspondencia: blanca.mc@escarcega.tecnm.mx; Tel.: 9811300748

Artículo de divulgación científica

Recibido: 27 de septiembre de 2024

Aceptado: 4 de diciembre de 2024

Publicado: 31 de diciembre de 2024

DOI: <https://doi.org/10.56845/terys.v3i1.229>

Resumen: El presente trabajo tiene como objetivo predecir el comportamiento del Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red (SFVI) en tarifa GDMTH (Gran Demanda en Media Tensión Horaria) con capacidad de 45 kW para una planta purificadora, ubicada en Escárcega, Campeche. Dicha investigación se realizó en cuatro fases: Dimensionamiento y Cálculo del SFVI, Implementación, Análisis de Rentabilidad y Monitoreo del SFVI. Para la obtención de los datos se tomaron datos históricos de consumo energético (recibos de luz), reportando que el consumo energético anual es de 91,652 kWh/año. Seguido de esto, se proyecta una producción de energía empleando distintos simuladores: Microsoft Excel, Photovoltaic Software (PVsyst) y Photovoltaic solutions (PV*SOL), ajustando los valores diferenciales para tener proyecciones equivalentes respectivamente. Finalmente, se obtiene que: el margen de error de dichos simuladores fue del 2%, la producción anual promedio del sistema considerando, siendo equivalente a 77,813 kWh/año, generando así un ahorro energético del 23% con un rendimiento de la instalación del 85%. Finalmente, dicho estudio muestra valores significativos respecto al ahorro energético mediante la adopción de distintas tecnologías renovables (energía solar fotovoltaica), convirtiéndose en una opción sustentable eficaz en ahorro energético aportando múltiples beneficios económico, social, ambiental de la empresa.

Palabras clave: Consumo eléctrico; Eficiencia energética; sistema fotovoltaico; rentabilidad

Introducción

La búsqueda de un crecimiento sostenible y de fuentes de energía limpias eficientes se han vuelto una prioridad global ante los crecientes desafíos ambientales y climáticos. En este contexto, la energía solar fotovoltaica presenta una alternativa prometedora los Sistemas Interconectados a la Red (SIAR), mismos que con el impulso de distintas metodologías facilitan y ahorran tiempo y recursos para garantizar su eficiencia (Ballesteros-Ballesteros, 2016; Beltrán-Telles, et al, 2017). De tal forma que, funcionan aprovechando el efecto fotoeléctrico, un fenómeno mediante el cual la luz solar se transforma en energía eléctrica, (Contreras Barahona, & Piragauta Castañeda, 2018). Han resultado una opción viable para emplearlos en los entornos residenciales e industriales, ya que ha demostrado ser confiable y su instalación es relativamente simple, convirtiéndose en una energía renovable, limpia y sostenible (Vargas Gómez, 2015; Sánchez Guevara & Franco Gil, 2016). A nivel nacional e internacional el uso del software de sistemas eléctricos DigSILENT, prediciendo el comportamiento de dicho sistema, ha sido una constante para proyectar el funcionamiento de los Sistemas Fotovoltaicos Interconectados, debido a que permiten determinar parámetros características del comportamiento de dicho sistema de acuerdo a las necesidades del lugar de la instalación, (Hernández et al., 2013; Mora et al, 2013; López 2018; Sancho Álvarez, 2018; Olivares-Rojas, et al, 2019; Alvarado Vallejo & Rodríguez Bautista, 2020; Ticora Ramírez, 2023). Sharma, et al., 2014, afirman que, el Software PV*SOL, es de mucha ayuda debido a que precisa los trabajos deseados con la industria fotovoltaica, análisis y Planificación, seguimiento y control, mapa de radiación solar, entre otras variables, resulta muy útil y económico para pronosticar lo que produce dichos sistemas de estudio. Derivado de las necesidades de la población, se han demostrado que la adopción de los (SIAR), han revolucionado en distintas áreas, entre ellas en espacios universitarios, (Gómez Hernández, 2018; Ticora Ramírez, 2023; Angulo Cabezas, et al., 2024). Finalmente, el presente estudio, busca impulsar el uso de distintas metodologías para dimensionar el funcionamiento de los (SFAI), para garantizar su óptimo funcionamiento y se logren significativamente contribuir a un ahorro energético aportando múltiples beneficios económico, social, ambiental de la empresa.

Desarrollo

La energía solar fotovoltaica puede configurarse de dos maneras: en un sistema aislado o en un sistema de interconexión a la red. En el sistema aislado, los paneles fotovoltaicos transforman la energía solar en electricidad, la cual se almacena completamente en un banco de baterías para su uso. En cambio, en el sistema de interconexión a la red, la energía producida se envía directamente a la red eléctrica, permitiendo el intercambio de energía con la compañía suministradora y reduciendo la necesidad de almacenamiento local. El segundo sistema, hace referencia a un sistema interconectado a red sin respaldo, implementa un contador bidireccional que permite tener un control del consumo y producción de energía eléctrica, como es esto, al consumir energía eléctrica de la red el contador gira en un sentido contabilizando la energía consumida durante un lapso de tiempo y este es el método por el cual las empresas de energía facturan a los consumidores, pero al producir energía eléctrica por medio del sistema fotovoltaico y esta energía es proporcionada a la red pública, este elemento contador gira en dirección opuesta, es decir descuenta al consumo generado.

Para determinar el número de horas solares: La siguiente información fue extraída de la página web Solar App de la página de CCEEA, parámetros relacionados a la radiación solar de la zona con coordenadas 18.60729489147579,-90.74288410006814 (Tabla 1).

Tabla 1. Parámetro de radiación solar (promedio)

Parámetros	D1
Horas solares	5.36
Temperatura	38.40°C
Ángulo óptimo	19°

De acuerdo con los datos obtenidos se estima lo siguiente: Producción de energía anual (ángulo óptimo, horas solares y, sabiendo que la potencia del sistema es de 45 kW, se obtiene lo siguiente:

Tabla 2. Producción de energía anual

P	H.S.P mes	kW	kWh	D	kWh/mes
Enero	5.2	45	234	31	7254
Febrero	5.6	45	252	28	7043
Marzo	6.0	45	268	31	8300
Abril	6.1	45	273	30	8195
Mayo	5.8	45	261	31	8091
Junio	5.5	45	247	30	7412
Julio	5.9	45	264	31	8189
Agosto	5.7	45	257	31	7979
Septiembre	5.5	45	247	30	7398
Octubre	5.3	45	238	31	7380
Noviembre	5.5	45	249	30	7466
Diciembre	5.0	45	224	31	6947
Promedio	5.6	45	251	30	7638
Total					91653

Significado: Periodo (P); Horas solares por mes (H.S.P mes); Potencia del Sistema (kW); Máxima generación por día (kWh); Generación PV mensual (kWh/mes)

Se determina que el sistema producirá aproximadamente 91653 kWh al año, con un promedio de 7638 kWh al mes. Según los datos obtenidos en la Tabla 2, el consumo promedio anual de la empresa será de 345102 kWh y el mensual es de 29507 kWh, esto quiere decir que anualmente el sistema representa un ahorro del 27% y mensualmente 26% en promedio de ahorro por consumo eléctrico. Por otra parte, se puede hacer una aproximación sobre los ahorros

económicos que tendrá en sistema: si cada kWh cuesta en promedio \$3, entonces mensualmente se tendría un ahorro de \$23,906 lo que al año equivaldría a \$286,871.

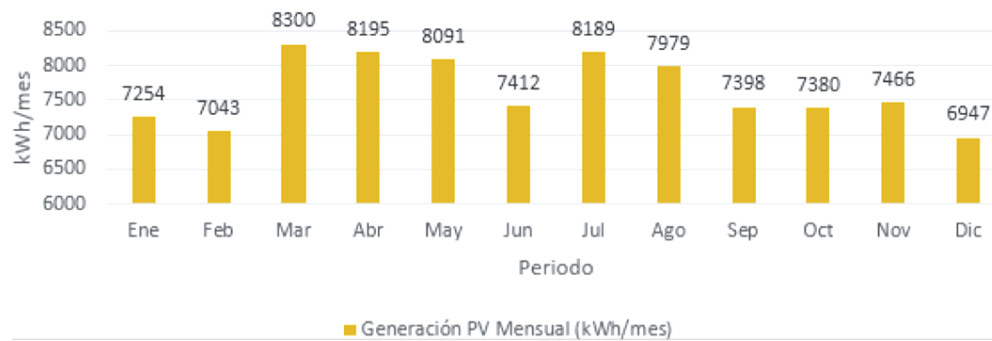


Figura 1. Ahorro energético anual

Por su parte, los resultados de la simulación con el Software PVsyst arrojan que: El sistema solo será capaz de producir un máximo de 40 kWh en corriente alterna que serían inyectados a la red, esto quiere decir que la producción prevista anteriormente esta 12% por debajo. Por otra parte, el sistema aquí simulado, alcanza una producción máxima de 80 MWh/año, esto equivale al 23% del consumo energético anual. El ahorro mensual, corresponde a 6,625 kWh/mes (22% de ahorro), (ver Figura 2). La producción es de \$248,835 al año (considerando la tarifa de \$3); al mes esto equivale en promedio a \$20,736 mensuales, teniendo ahorros por facturación eléctrica del 23 %. Por lo que se considera un rendimiento del sistema del 84 %.

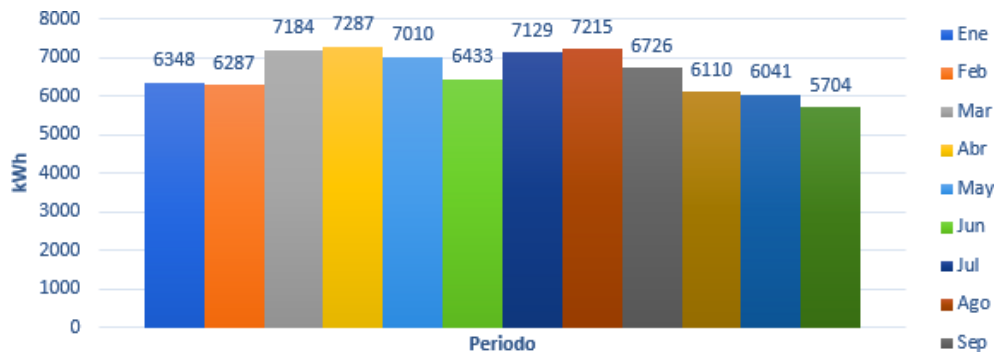


Figura 2. Energía inyectada a la red (Fuente: PVsyst).

Así mismo, los resultados de la simulación de con el Software PV*SOL demuestran que: se observa que, el sistema es capaz de producir 80,737 kWh/año lo cual equivale al 23 % del consumo total anual; en cuanto al ahorro mensual, se tiene un promedio de 6,728 kWh/mes, es decir, 23 % del consumo mensual promedio. Con la tarifa actual, los ahorros económicos proyectados equivalen a \$252,707 al año, esto se traduce a un ahorro del 23 % anual. Por otro lado, mensualmente el sistema produciría un ahorro de \$21,059. El sistema cuenta con un rendimiento del 86 % de la instalación, (ver Figura 3).

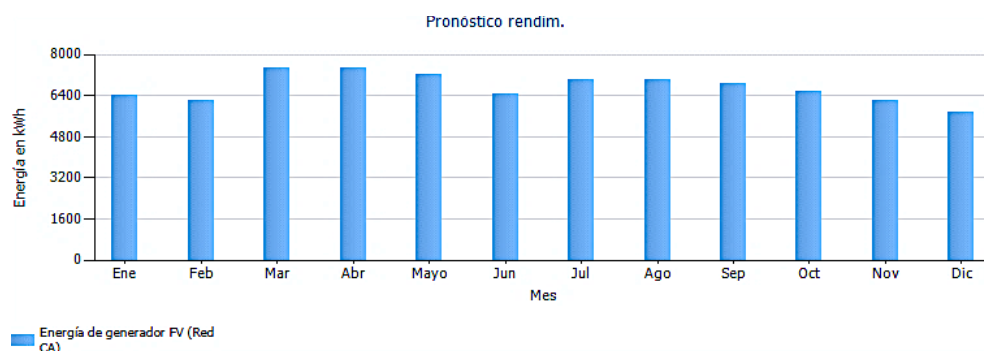


Figura 3. Producción mensual proyectada (Fuente: PV*SOL).

Comparación de la energía producida por los diferentes softwares. Se distingue los promedios de los simuladores empleados, (ver Figura 4), de los cuales el software que muestra resultados significativos es el PV*SOL respecto a los otros.

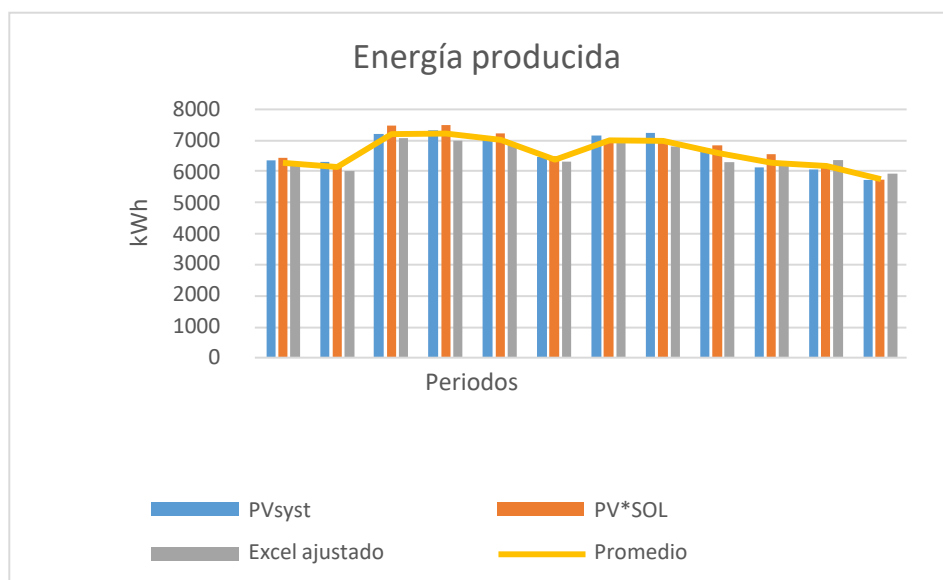


Figura 4. Relación entre los tres softwares utilizados (Fuente: elaboración propia).

Conclusiones

En base a los resultados obtenidos anteriormente por los simuladores, se concluye que las proyecciones muestran resultados similares con un margen de error entre los mismos del 2 %, prácticamente nulo. A diferencia de las proyecciones realizadas en Microsoft Excel (ME), la diferencia es notable del 13%. Estas diferencias entre las proyecciones de Excel y los simuladores, se debe a que en el cálculo de Excel no se consideraron pérdidas en el sistema, funcionando este siempre a su máxima capacidad. Por consiguiente, dicho método se considerará un porcentaje de rendimiento del 85 %, corresponde al promedio del rendimiento de PVsyst y PV*SOL (84 % y 86 % respectivamente, obteniendo así una producción ajustada del ME equivalente a 77,813 kWh/año, con margen de error entre los tres sistemas de 2 %. Si se promedia esta producción ajustada de ME con la producción de los dos simuladores, la energía anual generada por el sistema fotovoltaico, considerando los tres métodos, sería de 79,341 kWh, lo que propone un ahorro energético anual del 23 % equivalente a \$248,339 considerando una tarifa promedio de \$3. Finalmente, estas proyecciones son eficiente para impulsar la adopción de la tecnología renovable (energía solar fotovoltaica), convirtiéndose en una opción sustentable eficaz en ahorro energético aportando múltiples beneficios económico, social, ambiental de la empresa. No obstante, se recomienda tomar en consideración el consumo energético del sistema ya que influye significativamente para lograr incrementar el ahorro energético.

Bibliografía

- Alvarado Vallejo, A., & Rodríguez Bautista. (2020). *I. I. Ahorro energético mediante un Sistema de Energía Solar Fotovoltaico Interconectado a la Red en una empresa agrícola*. <https://hdl.handle.net/11285/637498>.
- Ballesteros-Ballesteros, V. (2016). Panorama mundial de las energías renovables e importancia de la energía solar fotovoltaica. *Revista Científica*, 26, 194-203. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/revcie/article/view/15348/15162>.
- Beltrán-Telles, A., Morera-Hernández, M., López-Monteagudo, F. E., & Villela-Varela, R. (2017). Prospectiva de las energías eólica y solar fotovoltaica en la producción de energía eléctrica. *CienciaUAT*, 11(2), 105-117.
- Contreras Barahona, E. J., & Piragauta Castañeda, W. A. (2018). *Diseño de planta fotovoltaica en el campus de la Universidad Cooperativa de Colombia sede Villavicencio Meta, Colombia*. <https://hdl.handle.net/20.500.12494/4181>.
- Gómez Hernández, D. (2018). *Sistema de monitoreo remoto para sistemas fotovoltaicos interconectados a la red eléctrica de CFE*. <http://repositorio.digital.tuxtla.tecnm.mx/xmlui/handle/123456789/2479>.
- López, O. (2018). *Evaluación de un Proyecto de Inversión: Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red 200 kW para una Nave Industrial en Uriangato, Guanajuato*. Universidad Nacional Autónoma De México. Tesina. Facultad De Ingeniería.
- Mora, J. A. H., Rodríguez, C. L. T., & Lozada, W. A. V. (2013). Modelo de un sistema fotovoltaico interconectado. *Tecnura: Tecnología y Cultura Afirmando el Conocimiento*, 17(1), 26-34.

- Olivares-Rojas, J. C., Reyes-Archundia, E., Gutiérrez-Gnecchi, J. A., González-Murueta, J. W., Téllez-Anguiano, A., & Cerda-Jacobo, J. (2019). Analítica de datos en simulador de redes para sistemas de medición inteligente. *Research in Computing Science*, 148, 243-251.
- Sánchez Guevara, S., & Franco Gil, J. (2016). *Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico interconectado a red con soporte de almacenamiento en la Universidad Tecnológica de Pereira*. <https://hdl.handle.net/11059/7010>.
- Sancho Álvarez, P. (2018). *Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 1'1 MWp conectada a red de media tensión*. <http://hdl.handle.net/10234/176365>.
- Sharma, D. K., Verma, V., & Singh, A. P. (2014). Review and analysis of solar photovoltaic softwares. *International Journal of Current Engineering and Technology*, 4(2), 725-731. https://www.researchgate.net/profile/Dinesh-Sharma-4/publication/334837251_Review_and_analysis_of_solar_photovoltaic_softwares/links/5d430b2d299bf1995b5e3b99/Review-and-analysis-of-solar-photovoltaic-softwares.pdf.
- Ticora Ramirez, L. P. (2023). *Evaluación del impacto de microclimas en un sistema de distribución de energía con masificación de sistemas fotovoltaicos interconectados a la red: Caso de estudio en la ciudad de Bogotá* (Doctoral dissertation, Universidad Santo Tomás). <http://hdl.handle.net/11634/50841>.