



Evaluación del sistema solar fotovoltaico conectado
a la red en un centro de formación SENA.

Evaluation of the Grid-Connected Photovoltaic Solar
System in a SENA Training Center.

Ing. Daniel Ricardo Montoya Zuluaga.
Centro de Diseño e Innovación Tecnológica Industrial, SENA Regional
Risarlada.
drmontoyaz@outlook.com.

Ing. Luis Fernando Amarillo Rincón.
Centro de Diseño e Innovación Tecnológica Industrial, SENA Regional
Risarlada.
lfirincona@sena.edu.co.

Ing. Juan Carlos García Buitrago.
Centro de Diseño e Innovación Tecnológica Industrial, SENA Regional
Risarlada.
cgarcia@sena.edu.co.

Resumen

Se llevó a cabo la evaluación del funcionamiento un sistema solar fotovoltaico instalado en el Centro de Diseño e Innovación Tecnológica Industrial, en Dosquebradas, Risarlada, Colombia. El sistema fue instalado en el mes de julio de 2022 y entró en operación el 9 de agosto de 2022, con el objetivo de disminuir un 40% el consumo energético de la edificación y que éste se viera reflejado en el cobro de la factura de energía eléctrica.

El estudio propuso evaluar el funcionamiento del sistema solar fotovoltaico conectado a la red desde el día de inicio de operación del sistema solar hasta el 30 de noviembre de 2022. Para ello se realizó seguimiento, digitalización y análisis de los datos generados por el sistema solar fotovoltaico para ser contrastados con los cobros generados en los periodos facturados, para identificar el aporte del sistema solar fotovoltaico y corroborar la reducción 40% en el cobro mensual de energía eléctrica.

Una vez se analizó la información, se compararon los datos generados por el sistema solar fotovoltaico con los periodos facturados, se identificó que para el mes de agosto el sistema solar aportó el equivalente al 13.14% del consumo total del mes. Para el mes de septiembre el sistema solar aportó el equivalente al 7.07% del consumo total del mes. Para el mes de octubre el sistema solar aportó el equivalente al 19.05% del consumo total del mes. Para el mes de noviembre el sistema solar aportó el equivalente al 9.55% del consumo total del mes.

Se identificaron problemas en el diseño del sistema solar fotovoltaico que generan

desconexión de los inversores de la red y pérdida de datos para realizar el seguimiento al funcionamiento del sistema.

Según la evaluación del desempeño del sistema de paneles solares fotovoltaicos, se determina que se deben realizar modificaciones y ajustes para cumplir con el objetivo inicial propuesto para el sistema solar.

Palabras clave: Sistema solar fotovoltaico, Ahorro energético, Evaluación sistemas solares, eficiencia energética.

Abstract

An evaluation on the operation of a photovoltaic solar system installed at SENA, Centro de Diseño e Innovación Tecnológica Industrial was carried out in Dosquebradas, Risarlada, Colombia. The system was installed in July 2022 and started operating on August 9, 2022, with the purpose of reducing the energy consumption of the edification by 40% influencing in the reduction of the electricity bill.

The study aimed to evaluate the operation of the grid-connected photovoltaic solar system from the beginning of the solar system operation until November 30, 2022. For this purpose, there were implemented monitoring, digitization, and analysis of the data generated by the photovoltaic solar system in order to be compared with the charges in the billing periods, identifying the contribution of the photovoltaic solar system and verifying the 40% reduction in the monthly electricity bill.

After analyzing the information and comparing the data generated by the photovoltaic solar system with the billing periods, it was identified that in August, the solar system contributed 13.14% of the total monthly consumption. In September, the solar system contributed 7.07% of the total monthly consumption. In October, the solar system contributed 19.05% of the total monthly consumption. In November, the solar system contributed 9.55% of the total monthly consumption.

There were identified issues in the design of the photovoltaic solar system that caused

disconnection of the inverters from the grid as well as loss of data for monitoring the system operation.

Based on the performance evaluation of the photovoltaic solar panel system, it is determined that modifications and adjustments need to be made to meet the initial objective set for the solar system.

Keywords: *Photovoltaic solar system, energy savings, solar system evaluation, energy efficiency.*

Introducción

Partiendo de las políticas energéticas gubernamentales, fundamentalmente la ley 2169 de 2021, Ley de acción climática, en la cual se busca implementar medidas a corto plazo inmediatas y a largo plazo que le permitan al país compensar su generación de Gases de efecto de invernadero. Dentro de las medidas a implementar se contempla, la disminución de las emisiones de carbono en un 40% y se plantea que las instituciones públicas sean pioneras en los procesos de eficiencia energética y llegar a la nulidad de gases de efecto de invernadero en el 2050 (Congreso de la república, 2021). La opción empleada por las entidades estatales es la de implementar sistemas solares fotovoltaicos debido a la importancia que tiene la energía solar fotovoltaica, la facilidad que se tiene para su implementación y los aportes ambientales que genera. (Arencibia-Carballo, 2016).

Con el compromiso ambiental institucionalizado, el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) con la intención de ser eficiente energéticamente, implementó desde agosto del 2022 un sistema solar fotovoltaico en el Centro de diseño e innovación tecnológica industrial (CDITI) ubicado en Dosquebradas, Risaralda. Con la intención de reducir un 40% del costo mensual en su factura de energía. Los centros de formación del SENA en el país han sido pioneros en la instalación de sistemas solares para la disminución de su consumo eléctrico.

El sistema solar fotovoltaico instalado en el CDITI consta de 171 paneles solares Longi_545W, 3 inversores Fronius de 24kw, 1 transformador baja-baja de 75kw marca Faraday, 1 (GLB) estructura en aluminio para sistema SSFV marca allurack, 2 gabinetes de AC marcan Tapsuelec y 1 tablero de DC. El sistema se encuentra conectado a la red de suministro a través de un contador de doble vía, con la intención de entregar a la red la generación del sistema, para disminuir los costos asociados al consumo energético de las instalaciones del centro de formación.

Se llevó a cabo una búsqueda y revisión basada en artículos científicos y revistas, para plantear el marco teórico y la información específica de la generación fotovoltaica y las condiciones de funcionamiento del sistema solar fotovoltaico. (Romero & Sánchez, 2022)

En estudios como el de (Johnson et al, 2020) muestran un estudio detallado que se basa en datos recopilados durante periodos de tiempo para analizar el rendimiento de sistemas solares conectados a la red eléctrica y exponen la importancia de la monitorización para evaluar su rendimiento a lo largo del tiempo.

Según (Smith et al, 2019), un método para evaluar el funcionamiento de un sistema solar fotovoltaico es el análisis de la curva de potencia, lo permite identificar posibles fallos o problemas en el sistema.

Se realizó el seguimiento y registro de la información generada por el sistema de paneles solares fotovoltaicos instalados en el CDITI, para sistematizarla y comparar los resultados contra los valores reflejados en las facturas de energía desde el mes de enero del año 2021. De esta manera establecer una tendencia de consumo y determinar los aportes del sistema solar fotovoltaico en la disminución de costos (Torres, 2016) También se analizaron los datos obtenidos y se generó reporte de inconsistencias, dificultades y errores arrojados por el análisis de datos (Copa et al., 2018) (Corredor, 2019) y se evidenciaron problemas y dificultades del sistema solar fotovoltaico después de la evaluación.

Diseño Metodológico

El enfoque de la investigación es cuantitativo con un enfoque comparativo y sistemático a partir del análisis de información de los consumos reflejados en las facturas energéticas y la producción generada por el sistema solar fotovoltaico en el Centro de Diseño e Innovación Tecnológico Industrial SENA, CDITI.

Para la evaluación de la puesta en marcha y funcionamiento del sistema solar fotovoltaico, se realizó la digitalización de los valores reflejados en

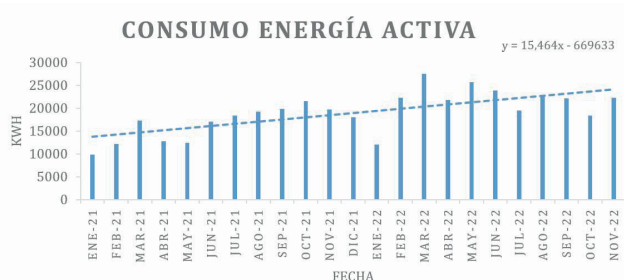
Después de recopilar y tener toda la información digitalizada, se realizó un análisis que permitió la comparación entre el consumo registrado en las facturas de energía contra la producción del sistema solar fotovoltaico y determinar el aporte generado por el sistema solar.

Análisis de resultados.

A continuación, en la **figura 1** se presenta el comportamiento en el consumo de energía activa en el centro de formación, el cual es el factor de consumo que se convierte directamente en trabajo útil de los equipos eléctricos (CELSIA, s. f.). Los datos registrados reflejan el consumo de energía activa de enero de 2021 a noviembre de 2022, generando la siguiente línea de tendencia:

Figura 1

Comportamiento en el consumo de energía activa del centro de formación



Nota: Elaboración propia

En la figura se puede observar una tendencia hacia el incremento del consumo energético sin una pendiente pronunciada, con un consumo promedio 19003.5946 KWh al mes y una desviación estándar de 4796.39 KWh

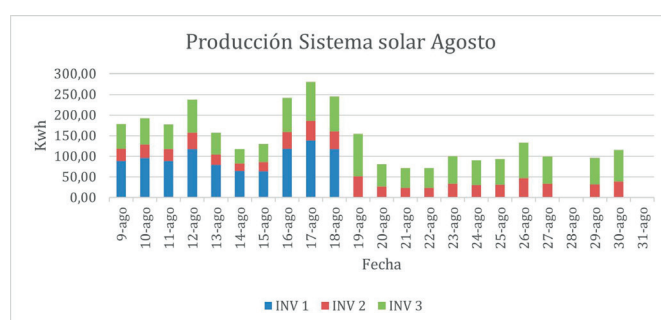
las facturas de energía comprendidas entre enero de 2021 y noviembre de 2022, en una hoja de cálculo de Excel, Microsoft Office.

Se realizó un seguimiento periódico a la producción del sistema solar fotovoltaico y se registraron los valores de producción energética aportados por el sistema desde el 9 de agosto, hasta el 30 de noviembre de 2022, con el uso de herramientas ofimáticas, con la hipótesis que el sistema solar fotovoltaico cumplía con su objetivo de disminuir el 40 % del consumo energético.

A continuación, se presenta en la **figura 2**, los datos registrados de la producción de energía de los paneles solares fotovoltaicos mes a mes. La producción diaria es generada por 3 inversores instalados y representan con un color diferente, la suma de su producción sintetiza la producción total del sistema.

Figura 2

Producción de energía de los paneles solares fotovoltaico mes de agosto.



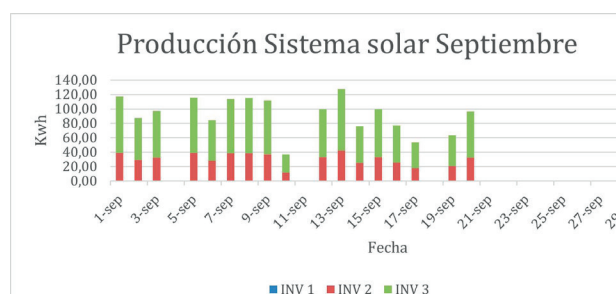
Nota: Elaboración propia.

Como se observa en la **figura 2**, para el mes de agosto se presentó un pico de energía que generó la desconexión del INV 1 de la red, lo que causó que desde el 19 de agosto este inversor no aportara energía. También se identifican días en los cuales no se tienen reportes de producción

por parte del software debido a la desconexión del punto de red de los inversores. Se cuenta con el aporte de los inversores 2 y 3 el resto del mes a excepción de los días 28 y 30 de agosto.

Figura 3

Producción de energía de los paneles solares fotovoltaico mes de septiembre.

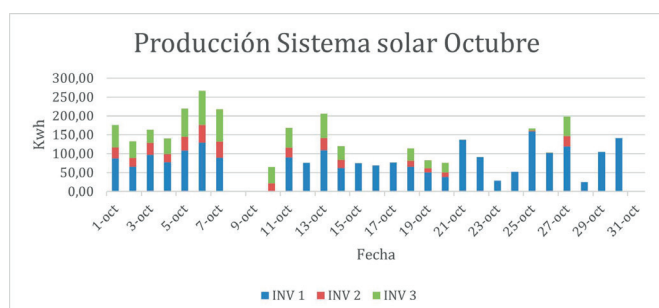


Fuente: elaboración propia

En la **figura 3**, para el mes de septiembre y por la falta de supervisión del sistema, el INV 1 continuó fuera de línea, por lo que en septiembre no hay aporte de este inversor a la red. También se identifican días en los cuales no se tienen reportes de producción, debido a que el punto de conexión de red fue desconectado, y al no descargar la data de forma manual en los inversores, no se cuenta con información relacionada a la producción de energía, del 21 al 30 de septiembre.

Figura 4

Producción de energía de los paneles solares fotovoltaico mes de octubre.

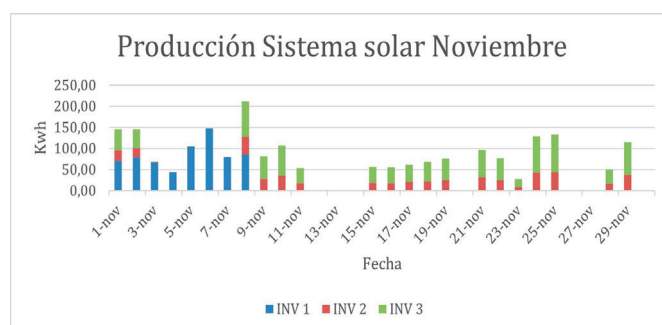


Nota: Elaboración propia

Para el mes de octubre se subsanó la desconexión del INV 1. Se identifican días en los cuales no se tienen reportes de producción por parte de los INV 2 y 3.

Figura 5

Producción de energía de los paneles solares fotovoltaico mes de noviembre.

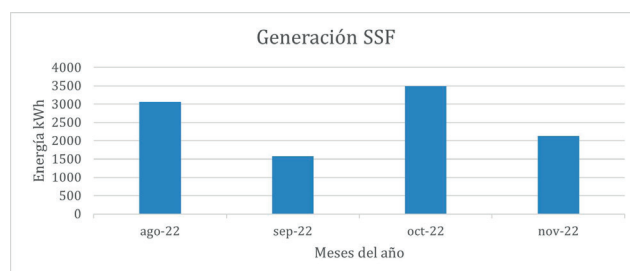


Nota: elaboración propia

A continuación, en la **figura 6**, se presenta el consolidado de producción energética mensual del sistema solar fotovoltaico arrojado por la sumatoria de la producción diaria del sistema, debido a que el sistema no cuenta con un medidor de cuatro cuadrantes.

Figura 6

Consolidado de producción energética ,mensual.



Nota: Elaboración propia

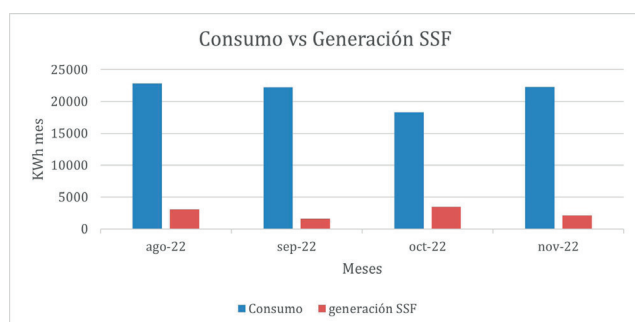
Según la **figura 6**, para el mes de agosto se generaron 3064.5 KWh, para el mes de septiembre

1572.76 KWh, para el mes de octubre 3495.56 KWh y para el mes de noviembre 2133.98 KWh.

Según la **figura 7** a partir de la comparación mensual de los consumos y la producción del sistema solar fotovoltaico se obtiene lo siguiente:

Figura 7

Comparativo consolidado de consumo vs. producción.



Nota: Elaboración propia

Discusión Y Conclusiones

Luego de llevar a cabo el análisis se presenta a continuación la **tabla 1** de los datos obtenidos del funcionamiento del sistema, después de realizar el seguimiento y digitalización de los datos generados por el sistema solar fotovoltaico.

Tabla 1

Consolidado de producción energética mensual.

Mes	Consumo KWh	Producción SSF	% del consumo SSF
Agosto	22837	3064.5	13.14
Septiembre	22223	1572.76	7.07
Octubre	18347	3495.56	19.05
Noviembre	22323	2133.98	9.55

Nota: Elaboración propia

Es importante mencionar que, si bien el sistema solar fotovoltaico fue diseñado para alimentar 90kw a la red en su máxima potencia, se ha

presentado una variación en la cantidad de energía generada por el sistema lo que expresa anomalías de funcionamiento y problemas en su diseño.

Se identificó que existen fallos en el sistema solar fotovoltaico puesto que, los picos de producción de energía sobrecargan los inversores desconectándolos de la red y en el proceso de recolección de la información, cuando se pierde la conexión a internet se desconocen de datos importantes para el seguimiento del sistema. Por lo que se debe revisar el diseño de los inversores y realizar correcciones de manera inmediata, así como acondicionar un punto fijo de conexión a la red para la descarga y supervisión en tiempo de real de los inversores que no se encuentre al alcance del público en un ambiente de formación.

A partir de los resultados obtenidos de la evaluación del desempeño del sistema de paneles solares, se debe tener en cuenta que tanto los consumos como la producción del sistema solar fotovoltaico son variables, por lo que para lograr el objetivo por el cual el sistema solar fotovoltaico fue instalado, se deben realizar correcciones de diseño y mantener una supervisión constante y efectiva sobre el mismo

Referencias Bibliográficas

Arencibia-Carballo, G. (2016). La importancia del uso de paneles solares en la generación de energía eléctrica. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, 17(9), 1-4. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090916/091602.pdf>

CELSIA. (s. f.). ¿Qué es la energía reactiva? | Celsia empresa de energía. Recuperado 9 de noviembre de 2022, de <https://www.celsia.com/es/blog-celsia/conoce-todo-lo-que-debes-saber-sobre-energia-reactiva-por-que-se-refleja-en-tu-factura-la-energia-reactiva/>

Ley 2169, Pub. L. No. Ley 2169, Diario oficial edición 51.896 (2021). <https://acmineria.com.co/acm/wp-content/uploads/2022/01/Ley-N0002169-de-2021-1.pdf>

Copa, I., Socolovsky, H. P., Godfrin, E. M., Martínez Bogado, M. G., & Durán, J. C. (2018). Evaluación del funcionamiento de un sistema fv de 2,8 kw con sombreado parcial. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 18, 4-69. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/36450>

Romero, M. C., & Sánchez, A. (2022). Impactos ambientales de sistemas de energía solar fotovoltaica: una revisión de análisis de ciclo de vida y otros estudios. *EIA*, 19(38), 22. <https://doi.org/10.24050/reia>

Smith, A., Johnson, B., & Brown, C. (2019). Evaluation of Photovoltaic System Performance Using Power-Voltage Curve Analysis. *Renewable Energy Journal*, 35(2), 123-136.

Smith, J., Johnson, A., & Davis, B. (2019). Evaluation of Photovoltaic System Performance Using Power Curve Analysis. *Solar Energy*, 123, 45-56.

Torres, Á. (2016). EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE SUMUNISTRO DE ENERGÍA CON PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS PARA EL EDIFICIO DE POSGRADOS DE LA. UNIVERSIDAD LIBRE.