

Artículo de investigación

<https://doi.org/10.33789/talentos.10.2.190>

Estudio técnico económico para implementación de paneles fotovoltaicos interconectados a la red de distribución

Technical economic study for the implementation of grid-connected photovoltaic panels



Angela Pamela Yallico Tapia 

Instituto Superior Tecnológico El Libertador, Guaranda - Ecuador

pame_1727@hotmail.es

Paúl Alejandro Cáceres Mayorga 

Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ambato - Ecuador

Jorge Alfredo Ríos Encalada 

Instituto Superior Tecnológico El Libertador, Guaranda - Ecuador

Paola Belén Segovia Toscano 

Instituto Superior Tecnológico El Libertador, Guaranda - Ecuador

Resumen: El presente trabajo realiza un estudio técnico económico para la instalación de un sistema de generación distribuida para autoabastecimiento utilizando paneles fotovoltaicos con el propósito de generar energía eléctrica para uso comercial interconectado a la red de distribución. En este sentido, la metodología presenta un escenario completo con análisis de sistemas solares fotovoltaicos que pueden suplir las necesidades del usuario en el sector comercial reduciendo los costos de la factura eléctrica y la implementación con recuperación de la inversión a largo plazo. Cabe destacar, que la inversión en sistemas solares fotovoltaicos en Guaranda - Bolívar y sus productos adicionales serían compensados por el ahorro generado a través del uso de esta tecnología, incentivando a que comercios similares opten por los beneficios de instalar sistemas solares fotovoltaicos interconectados a la red y en cumplimiento con la normativa vigente acorde a la resolución No. ARCERNNR-001/2021 en el Ecuador.

Palabras Clave: auditoría energética, eficiencia energética, generación distribuida, sistemas fotovoltaicos.

Abstract: The present research carries out a technical-economic study for the installation of a distributed generation system for self-supply using photovoltaic panels with the purpose of generating electrical energy for commercial use interconnected to the distribution network. In this regard, the methodology presents a complete scenario with analysis of solar photovoltaic systems that can meet the needs of the user in the commercial sector, reducing the costs of the electricity bill and the implementation with long-term recovery of the investment. It is worth noting that the investment in solar photovoltaic systems in Guaranda - Bolívar and its additional products would be compensated by the savings generated through the use of this technology, encouraging similar businesses to opt for the benefits of installing solar photovoltaic systems interconnected to the grid and in compliance with current regulations according to resolution No. ARCERNNR-001/2021 in Ecuador.

Keywords: energy audit, energy efficiency, distributed generation, photovoltaic systems.

Citación sugerida: Yallico Tapia, A., Cáceres Mayorga, P., Ríos Encalada, J., & Segovia Toscano, P. (2023). Estudio técnico económico para implementación de paneles fotovoltaicos interconectados a la red de distribución. *Revista de Investigación Talentos*, 10(1), 54-66. <https://doi.org/10.33789/talentos.10.1.190>

I. Introducción

La demanda de energía en el Ecuador se incrementa en el sector industrial acorde al histórico de datos en el 2021 se incrementó a un valor promedio de e 15,9 millones de BEP, lo que representa una demanda nacional del 17.4 % en aumento (Balance Energético Nacional, 2021); mediante la consideración de proporcionar suficiente energía para iluminación, funcionamiento de máquinas y equipos de procesos industriales que requiere la utilización de la red trifásica de energía eléctrica.

El sector industrial es uno de los sectores con mayor consumo energético en el mundo; por lo tanto, se debe prestar una atención importante a esta área (Barragán & Llanes, 2020). Estos valores reflejan que, a pesar de la importancia dada a la reducción del consumo eléctrico y la implementación de equipos eléctricos eficientes, existe una gran demanda de energía en las industrias y los usuarios comerciales, en donde, la inversión a largo plazo permite la introducción de Energías Renovables No Convencionales (ERNC) mediante la implementación de sistemas de generación distribuida para autoabastecimiento.

La política y enfoque en materia de eficiencia energética y conservación están experimentando cambios significativos y un crecimiento constante. Aunque los índices de eficiencia energética en Ecuador han mostrado una disminución en los últimos años, siguen siendo superiores a los de los países industrializados, aunque se pretende al 2035 aplicar programas de cogeneración en

la industria para una mejora de la eficiencia energética en un 10 % (Plan Nacional De Eficiencia Energética, 2017). El sector industrial en el país es diverso y cada subsector ha evolucionado de manera diferente en términos de eficiencia y ahorro energético, por lo que, la elección de la tecnología energética renovable adecuada para Ecuador debe basarse en las características específicas de cada sector industrial (Barragán & Llanes, 2020) y tener en cuenta otros factores relevantes en cuanto al consumo de energía eléctrica considerando que la caracterización de los sistemas de generación distribuida para autoabastecimiento según la resolución N° *ARCERNR-001/2021* determina que la potencia nominal debe ser menor a 1MW, se debe sincronizar con la red de distribución, aprovecha recursos energéticos y utiliza cualquier fuente de energía renovable con o sin almacenamiento de energía.

Es fundamental realizar auditorías energéticas que examinen los consumos en cada proceso y se diagnostique ineficiencias energéticas para corregirlas adecuadamente. Además, se debe considerar las tecnologías requeridas según las características inherentes de cada proceso en el sector industrial. (Barragán & Llanes, 2020).

El objetivo de esta investigación fue analizar la factibilidad de implementación de un sistema de generación distribuida para autoabastecimiento con Energía Renovable No Convencional, como los sistemas

fotovoltaicos, con un usuario comercial con alta demanda de energía eléctrica, ubicado en el centro de la ciudad de Guaranda (González & González, 2020).

Según la investigación previa (Aguilera & Zamora, 2018) de los consumos históricos del usuario analizado durante el año 2022, se pretende enfocar el estudio como una alternativa de energía sustentable aplicado a empresas de bajo consumo energético, reduciendo el impacto ambiental al utilizar su propio sistema autosustentable como ejemplo para demás empresas del mismo índole productivo o superior de la zona.

II. Metodología

Este estudio se enmarca en el enfoque cuantitativo de la investigación científica, con un criterio técnico-económico. El usuario analizado, del tipo comercial, mantiene consumos de energía eléctrica mínimo de 660 kWh y máximo de 987 kWh, como se presenta en la Fig. 1. La empresa está dedicada la producción de helados artesanales a baja escala, en la ciudad de Guaranda, provincia Bolívar, Ecuador.

Se parte de un análisis estadístico descriptivo que revela el consumo promedio mensual del usuario comercial que es de 808,83 kWh/mes que representa un costo promedio aproximado de \$100,97 dólares, los cuales se cancela a la empresa distribuidora del servicio eléctrico, seguidamente en la inspección física de las instalaciones del usuario, se verifica las cargas

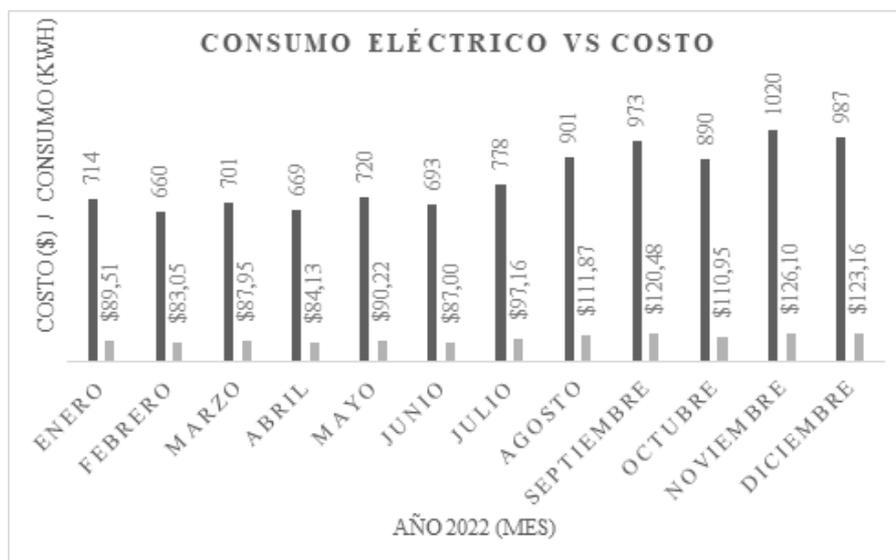
instaladas para determinar que la demanda aproximada de la empresa es de 6 kW.

Con la información obtenida, se realiza el dimensionamiento del sistema de generación fotovoltaica, aprovechando al máximo la superficie y el tiempo de incidencia de la radiación solar en la ciudad en las coordenadas establecidas en el apartado E. de este documento. A partir de las especificaciones y dimensionamiento del sistema fotovoltaico, se plantea una propuesta de inversión inicial para el usuario, demostrando los beneficios de retorno de la inversión de la instalación de paneles solares que posteriormente serán compensados por los ahorros generados al utilizar esta tecnología de energía renovable no convencional.

De la misma manera, luego del estudio económico, se realiza el esquema de conexión para la implementación del sistema solar fotovoltaico y se estima la producción mensual basada en la radiación solar de la ciudad de Guaranda (National Aeronautics and Space Administration, 2023) para verificar la producción de energía eléctrica en el año 2022. En este sentido, con toda la información obtenida se realiza la factibilidad técnica y económica comparando la viabilidad del proyecto investigado con los consumos eléctricos históricos reales y la producción de energía solar fotovoltaica generada por el usuario.

Figura I

Consumo Eléctrico vs Costo Año 2022



III. Resultados

Dimensionamiento del Sistema Fotovoltaico

En esta etapa se determina la cantidad (Rincón & Pachón, 2019) y tipo de paneles solares (Flores & Soto, 2020) necesarios para generar el promedio de consumo de energía eléctrica requerida (Khatib & Hanitsch, 2018) por el usuario del sistema, que es 808, 83kWh, así como el tipo y tamaño de inversor y otros componentes necesarios para el correcto funcionamiento del sistema de generación distribuida para autoabastecimiento.

Para que el sistema fotovoltaico abastezca teóricamente (Prado & Montealegre, 2016) al 100% la carga instalada del usuario se considera las especificaciones en la Tabla I, con la disposición del arreglo de los paneles fotovoltaicos (Morales & Calderón, 2021),

se suplirá la demanda promedio mensual del usuario.

Tabla I

Arreglo de paneles solares

Ítem	Detalle
Paneles por Arreglo	18
Potencia	6120 W
Paneles en Serie	9
Paneles en paralelo	2
Vmax	343,8 V
Imax	18,9 A
Voc	418,5 V
Isc	17,8 A

Para poder determinar estos parámetros (Fernández & Serrano, 2019) se escogieron los paneles de modelo Blueson BSM340P-72 y el inversor modelo SMA-SunnyBoy-SB6000U/600Vdc-240Vac. Las especificaciones técnicas del

sistema de generación distribuida para autoabastecimiento en la ciudad de Guaranda con los equipos (García & López, 2020) a utilizar se especifican en la Tabla II.

Tabla II

Especificaciones del sistema

Ítem	Valor
Potencia del Sistema	6,12 KW
Derate	0,76979
Pérdidas del Sistema	0,23021
Capacidad x Módulo	340 W
Capacidad x Inversor	6000 W
Módulos x Inversor	18
Inversores x Sistema	1
Potencia x inversor	6120 W
Potencia x Sistema	6,12 kW

Propuesta de Inversión

Se elabora un plan de inversión en el que se detallan los costos de los componentes imprescindibles (García & González, 2020), los honorarios del instalador, los costos de permisos y cualquier otro costo asociado con la implementación del sistema.

Con el respectivo estudio técnico (Cadenas & Díaz, 2018) se determina los equipos para implementar el proyecto fotovoltaico en beneficio del usuario, se detallan en la Tabla III. La continuidad del suministro de electricidad del usuario está garantizada con la interconexión del sistema a la red de distribución con la utilización del medidor

bidireccional para su balance de energía neto mensual.

Al realizar los flujos de caja para la empresa los ingresos totales considerados para el siguiente proyecto es el valor de \$1.211,58 que es el total del valor anual 2022 pagado por consumo eléctrico del usuario comercial. Se determina el 100% o ingreso total porque la implementación del presente proyecto está dimensionada para abastecer el consumo mensual de la demanda requerida por el usuario con 12 horas de utilización a plena carga. (Calderón & Quijano, 2019).

Los egresos totales consideran el costo por mantenimiento menor que se realizará al sistema por dos ocasiones al año como se muestra en la Tabla IV. El mantenimiento se lo toma en cuenta para mantener la eficiencia de los paneles solares, debido a que se mantendrán en la intemperie.

La Tabla V, se muestra el flujo de caja detallado del ahorro anual bruto de 815,58 dólares que se obtendría al implementar el sistema solar fotovoltaico conectado a la red de distribución a partir del ahorro anual \$1211,58 menos el costo por mantenimiento de \$396.

Tabla III

Inversión inicial proyecto

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario [\$]	Total
1	Módulo FV / Blueson BSM340P-72	EA	18	93,80	1688,40
2	Inversor VDC-VAC / SMA-SunnyBoy-SB-6000U/ 600Vdc-240Vac	EA	1	360,00	360,00
3	Medidor Bidireccional / Three Phase HTCT Multi- port meter ER300P	EA	1	389,00	389,00
4	Sistema de soporte (racks)	GLB	1	1000,00	1000,00
5	Cableado	M	200	0,45	90,00
6	Conectores	EA	40	1,50	60,00
7	Sistema a tierra	GLB	1	300,00	300,00
8	Caja e interruptor(es) CD	EA	1	278,00	278,00
9	Caja e interruptor(es) CA	EA	1	185,00	185,00
10	Flete	GLB	1	80,00	80,00
11	Mano de obra 30%				1329,12
Total Inversión Inicial					5759,52

Tabla IV

Costos por mantenimiento

Ítem	Descripción	Cantidad	Costo Unitario [\$]	Total
1	Equipo de limpieza	2	\$ 100,00	\$ 200,00
2	Herramientas menores	2	\$ 40,00	\$ 80,00
3	Mano de obra	2	\$ 25,00	\$ 50,00
4	Indirectos (20%)	2	\$ 33,00	\$ 66,00
Costo Total Por Mantenimiento Anual				\$ 396,00

Tabla V

Flujo de efectivo por años

Periodo (años)	Ingresos Totales	Gastos Totales	Beneficio Bruto
1 a 5	\$ 6.057,90	\$ 1.980,00	\$ 4.077,90
6 a 10	\$ 6.057,90	\$ 1.980,00	\$ 4.077,90
11 a 15	\$ 6.057,90	\$ 1.980,00	\$ 4.077,90
16 a 20	\$ 6.057,90	\$ 1.980,00	\$ 4.077,90
120 a 25	\$ 6.057,90	\$ 1.980,00	\$ 4.077,90

Recuperación de la Inversión

El presente proyecto es económicamente rentable porque se garantiza que la recuperación de la inversión es en 4,75 años, esto resulta favorable para los propietarios siendo el tiempo de vida útil del sistema fotovoltaico de 25 años, pudiendo aprovecharlo por aproximadamente 20 años, después de haber recuperado la inversión. Además de los ahorros que genera, la implementación del sistema puede ser canalizada en otros ámbitos como actualización de equipos o marketing. (Unidad de Planeación Minero Energetica, 2007)

La recuperación simple de la inversión muestra el tiempo en años en los cuales se recupera el dinero invertido, tomando en cuenta la inversión inicial y el ahorro anual.

Costo Inicial = Inversión Inicial

El ahorro anual está determinado por la suma de los costos de los consumos de cada mes de año analizado.

Ahorro Anual = Costo Consumo Año 2022

Ahorro Anual = \$100,97 * 12 meses

Ahorro Anual = \$ 1.211,58

Ahorro Anual Neto = Ahorro Anual – Costos por Mantenimiento

Ahorro Anual Neto = \$1.211,58 - \$396

Ahorro Anual Neto = \$ 815,58

Al realizar los cálculos se obtiene la recuperación de la Inversión

$$\text{Recuperación Inversión} = \frac{\text{Costo Inicial}}{\text{Ahorro Anual Neto}}$$

$$\text{Recuperación Inversión} = \frac{\$ 5759,52}{\$1211,58}$$

Recuperación Inversión = 4,75 años

La tasa interna de retorno de la implementación del sistema fotovoltaico para el usuario es el presentado en la Tabla VI.

Tabla VI

Datos tasa interna de retorno

Inversión Inicial (I)	\$5.759,52
Ahorro Anual Neto (A)	\$ 815,58
Tiempo de Vida (n)	25 años
Valor presente (VP)	0

La tasa interna de retorno para la implementación del sistema fotovoltaico en la empresa es del 13,57%.

Esquema de Conexión para Implementación

Se determina cómo se conectará el sistema fotovoltaico a la red de distribución de energía eléctrica (Masood & Ali & Ahmad, 2019) de la compañía proveedora de electricidad. En la Fig. 2, se puede apreciar el diagrama unifilar de la instalación del sistema fotovoltaico, considerando el equipamiento de la Tabla III y las especificaciones del sistema detalladas en la Tabla II.

Tabla VII

Radiación solar

Mes	Tbs Promedio (°C)	Radiación Horizontal Total kWh/m2/d	Horas de Insolación h/d	Días continuos sin sol d/sem
Ene	21,2	6,8	12,2	5,08
Feb	20,6	7,0	12,2	3,57
Mar	20,6	6,8	12,1	3,97
Abr	20,8	6,5	12,1	3,68
May	20,9	6,1	12,1	5,26
Jun	20,8	5,9	12,0	5,39
Jul	21,2	6,0	12,1	4,47
Ago	21,9	6,5	12,1	5,15
Sep	22,4	6,8	12,1	5,13
Oct	22,3	6,9	12,2	4,91
Nov	22,2	6,7	12,2	4,70
Dic	22,0	6,6	12,2	5,83

Earth Skin Temp Clear sky insolation incident on a horizontal Daylighth hours Equivalent Number of NO-SUN

Estimación de la Producción Mensual

En esta etapa, se lleva a cabo un cálculo para estimar la cantidad de energía eléctrica que se espera generar a través del sistema

fotovoltaico cada mes (SolarPower Europe,2020) y (SolarPower Europe, 2021), ubicado en la ciudad de Guaranda, los datos de radiación solar estimada en el año 2022, están presentados en la Tabla VII a

partir de las coordenadas y altitud de las instalaciones del usuario: Latitud:-1,5893 °N, Longitud:-79,0003 °O, Altitud: 1309,15 m

Este cálculo se basa en una serie de factores, como la capacidad de los paneles solares, la cantidad de horas de sol en la región (Delgado & Torres, 2020) donde se instalará el sistema (Criollo, 2019), la inclinación y orientación de los paneles solares (Fernández & Serrano, 2019), y cualquier posible obstrucción (Fiallos & Ortega, 2018) que pueda afectar la producción de energía, como sombras o edificios cercanos (González & González, 2019), que se encuentran en la Fig. 3.

Factibilidad Técnica y Económica

En la factibilidad técnica (Prado & Montealegre, 2016) se evaluó la capacidad del sistema fotovoltaico para cumplir con los requisitos de energía eléctrica del usuario, teniendo en cuenta factores como el tamaño del sistema, la capacidad de los componentes y la viabilidad (Pino & Vargas, 2019) del sitio de instalación. Por otra parte, el análisis económico realizado para determinar si la inversión en el sistema fotovoltaico involucrando al usuario es viable (González-León & Torres & Serrano & Rodríguez-Alejandro & González-Cabrera, 2018) desde un punto de vista financiero (López & García, 2019).

En la Tabla VIII, se muestra los meses con la diferencia negativa son aquellos en los que la producción fotovoltaica no abastece las necesidades del usuario, mientras que

en los meses con valores positivos se tiene excedentes en la producción fotovoltaica que brindarán un promedio de entrega a la red (Luna-Rivera & López-Lezama & Ochoa-Gutiérrez, 2020) anual de aproximadamente 884 kWh.

Con el consumo mensual del usuario y proyección de la producción del sistema solar fotovoltaico (Barrientos & Moreno, 2021), se puede evidenciar que la mayoría de meses se generará un importante ahorro económico y se suministraría energía interconectada a la red eléctrica durante gran parte del año (Suárez & Guzmán, 2021). En los meses en los cuales no se cubre la demanda de energía, el usuario completará la demanda con energía tomada desde la red eléctrica de distribución, que luego se reflejará en la factura como energía consumida desde la red de distribución en el periodo mensual según lo plantea la Regulación ARCERNNR 01/2021.

Adicionalmente, en los meses de mayor producción del Sistema de Generación Distribuida para Autoabastecimiento, la energía excedente será inyectada a la red de distribución y la empresa distribuidora del servicio eléctrico acumulará la energía en su base de créditos a nombre del consumidor que luego puede ser utilizado para compensación en los meses en los cuales la producción de energía no satisface la demanda del usuario.

Figura II

Diagrama unifilar a implementarse

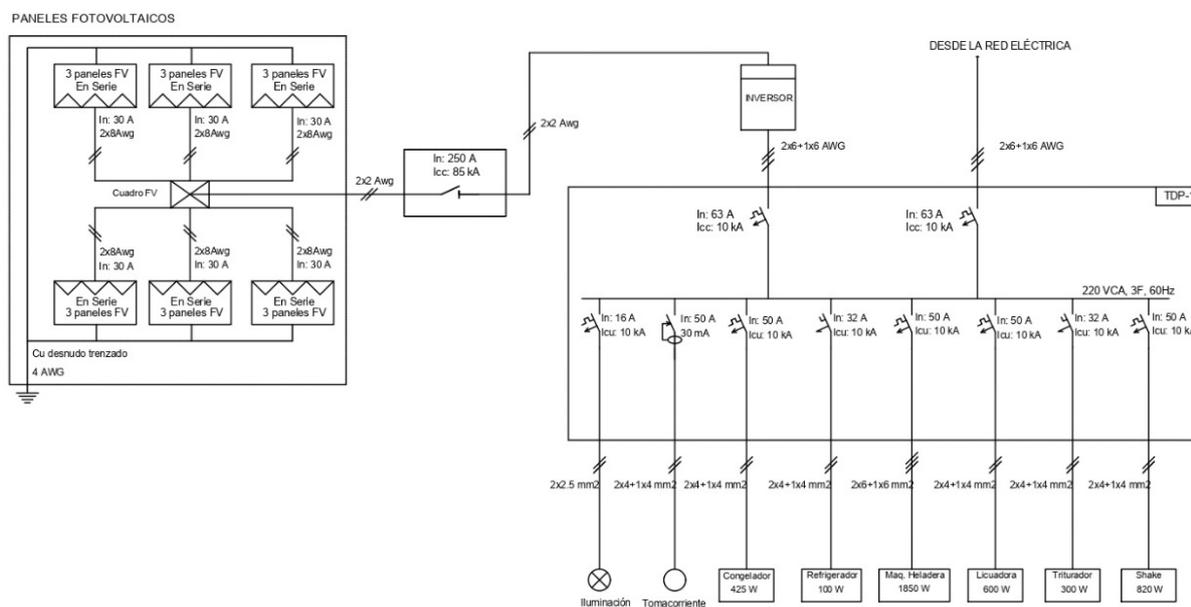


Figura III

Producción Promedio Mensual del Sistema Fotovoltaico

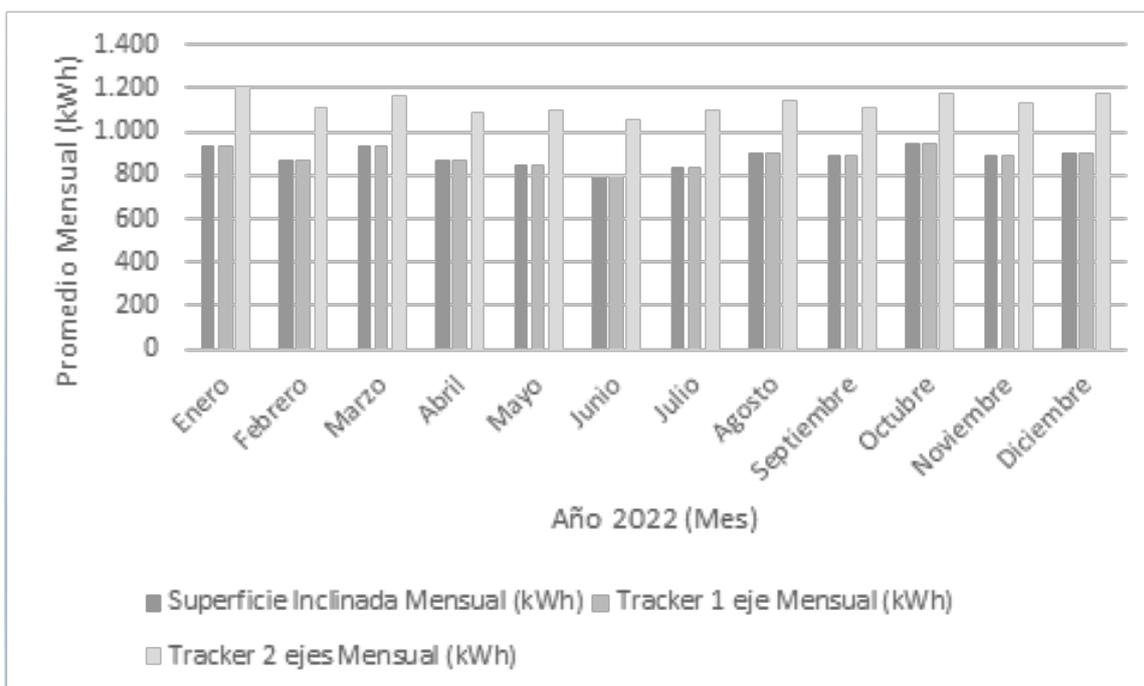


Tabla VIII

Histórico consumo vs producción sistema fotovoltaico

Año-Mes Emisión	Consumo (kWh)	Producción FV (kWh)	Diferencia (kWh)
ene-22	714	935	221
feb-22	660	868	208
mar-22	701	937	236
abr-22	669	868	199
may-22	720	846	126
jun-22	693	793	100
jul-22	778	835	57
ago-22	901	898	-3
sep-22	973	896	-77
oct-22	890	940	50
nov-22	1020	886	-134
dic-22	987	907	-80
Promedio	808,833	884,08	

Es importante recalcar, que la regulación No. ARCERNNR-001/2021 se busca aumentar la iniciativa de promover la utilización de sistemas solares fotovoltaicos conectados a la red de distribución, reduciendo la facturación eléctrica hasta un 90 % del valor promedio. Así mismo, aunque no está dentro del alcance de este trabajo, para una segunda etapa se debería involucrar al usuario de viviendas inteligentes de consumo sostenible. En el cual, el usuario se considera usuario residencial con casa automatizadas altamente dependientes de la energía eléctrica.

IV. Conclusiones

Con el dimensionamiento del sistema de microgeneración fotovoltaica < 1MW para sistemas de generación distribuida para autoabastecimiento se determina que el arreglo de paneles fotovoltaicos, nueve en serie y dos en paralelo; genera una potencia promedio en la superficie inclinada de 884 kWh al mes en las coordenadas aplicadas a la investigación en la ciudad de Guaranda, lo que permitirá abastecer la carga del usuario al menos 8 meses al año y en ciertos meses obtener excedentes que generarán créditos en la empresa distribuidora a favor del usuario.

Con la aplicación del análisis de la tasa interna de retorno (TIR) desarrollada en los estudios para la implementación de este proyecto se precisa que su valor 13,57%, tomando en cuenta lo que se menciona en la regulación Nro. ARCERNNR-001/2021, que el proyecto con sistemas fotovoltaicos tiene una vida útil de 25 años, por lo que, se determina que la implementación del sistema de microgeneración fotovoltaica es viable técnica y económicamente, debido a que con la inversión inicial requerida para la implementación de \$5759,52, la misma que será recuperada aproximadamente al cabo de los 4,75 años mientras se mantenga los niveles de consumo del usuario.

V. Agradecimiento

A Twister Ice Cream por colaborar con datos relevantes para el desarrollo del presente trabajo investigativo.

VI. Referencias Bibliográficas

- Aguilera, J. M., & Zamora, I. (2018). Análisis de arreglos de paneles solares para sistemas fotovoltaicos conectados a red. *Revista Energética*, 76(2), 34-42.
- ARCERNNR, Y. C. D. E. E. (2021). Resolución Nro . ARCONEL-001/2021. 1-43.
- Balace de Energético Nacional, (2021). Instituto de Investigación Geológico y Energético-IIGE. 1-174.
- Barragán, R. A., Llanes, E. A. (2020). La generación de energía eléctrica para el desarrollo industrial en el Ecuador a partir del uso de las energías renovables. *Revista Universidad Ciencia y Tecnología*, 24(104),36-46.
- Barrientos, J. M., & Moreno, M. (2021). Análisis de la rentabilidad de la inversión en paneles fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica en el sector residencial. *Revista de Investigación en Energías Renovables*, 6(1), 42-52.
- Cadenas, E., Salazar, R., & Díaz, G. (2018). Evaluación técnica y económica de una instalación fotovoltaica conectada a la red de distribución en Colombia. *Revista Internacional de Desarrollo Energético Sostenible*, 7(2), 68-77.
- Calderón, A. M., & Quijano, J. A. (2019). Evaluación de la influencia del tipo de arreglo de paneles solares en la generación de energía eléctrica en sistemas fotovoltaicos conectados a red. *Revista Internacional de Ciencias de la Tierra y del Espacio*, 2(1), 8-16.
- Criollo, R. (2019). Análisis de la radiación solar en la ciudad de Quito, Ecuador. Universidad Central del Ecuador.
- Delgado, J. A., & Torres, D. A. (2020). Análisis comparativo de arreglos de paneles solares para la generación de energía eléctrica en condiciones de baja radiación. *Revista Energética*, 78(1), 10-22.
- Fernández, A. R., & Serrano, R. P. (2019). Influencia del ángulo de inclinación en el arreglo de paneles solares. *Ingeniería Industrial*, 40(3), 24-32.
- Fiallos, J. A., & Ortega, J. A. (2018). Radiación solar en el Ecuador continental y su aprovechamiento energético. *Ciencia Unemi*, 11(25), 1-8.
- Flores, J. A., & Soto, R. A. (2020). Análisis de la configuración y el tamaño de los arreglos de paneles solares en sistemas fotovoltaicos conectados a la red. *Revista de Investigación en Energías Renovables*, 5(2), 16-25.
- García, R., & González, A. (2020). Análisis de la inversión en paneles fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica en sistemas aislados. *Revista de Energías Renovables y Medio Ambiente*, 8(1), 10-20.
- García, J., & López, J. (2020). Diseño y

- simulación de sistemas fotovoltaicos conectados a la red de distribución utilizando software libre. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, 31, 51-59.
- González, M., & González, A. (2019). Autoabastecimiento energético en edificios de viviendas. *Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, 10, 53-65.
- González, M., & González, A. (2020). Microgeneración fotovoltaica en viviendas unifamiliares. *Revista Internacional de Energías Renovables*, 9(1), 25-35.
- Khatib, T., & Hanitsch, R. (2018). Sizing photovoltaic systems for household electrification in developing countries. *Renewable Energy*, 116(Part A), 90-99.
- López, J., & García, J. (2019). Análisis técnico y económico de sistemas de microgeneración fotovoltaica en edificios de viviendas. *Revista Internacional de Energías Renovables*, 8(2), 67-76.
- Luna-Rivera, J. M., López-Lezama, J. M., & Ochoa-Gutiérrez, M. (2020). Photovoltaic system sizing with energy storage for a stand-alone building. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 43, 100840.
- Masood, N., Ali, S. S., & Ahmad, S. (2019). Sizing and optimization of standalone photovoltaic system for remote households in Pakistan. *Journal of Cleaner Production*, 212, 890-903.
- Morales, E. J., & Calderón, J. M. (2021). Análisis de diferentes arreglos de paneles solares para la generación de energía en sistemas fotovoltaicos de pequeña escala. *Revista Energética*, 89(2), 45-56.
- National Aeronautics and Space Administration. (2023). Prediction Of Worldwide Energy Resource. Recuperado de <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
- Plan Nacional de Eficiencia Energética, (2017). Publicado por Manthra Comunicación. Quito-Ecuador. ISBN 978-9942-22-148-3. 1-112.
- Prado, R., & Montealegre, J. (2016). Energía en la provincia del guayas y análisis de viabilidad técnica y económica” Resumen. 1.
- Pino, D., & Vargas, D. (2019). Evaluación de la eficiencia energética en la instalación de paneles fotovoltaicos en la Universidad Nacional de Colombia. *Revista de Investigación Académica*, 3(1), 21-28.
- Rincón, L., & Pachón, L. (2019). Dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica. *Revista Internacional de Energías Renovables*, 8(2), 77-86.
- SolarPower Europe. (2020). Global Market Outlook for Solar Power 2020-2024. Recuperado de <https://www.solarpowereurope.org/global-market->

outlook-for-solar-power-2020-2024.

SolarPower Europe. (2021). European Market Outlook for Solar Power 2021-2025. Recuperado de <https://www.solarpowereurope.org/european-market-outlook-for-solar-power-2021-2025>

Suárez, J. A., & Guzmán, F. J. (2021). Análisis de la eficiencia de arreglos de paneles solares en sistemas fotovoltaicos conectados a la red en zonas de alta irradiación solar. *Revista Energética*, 90(1), 23-34.

Unidad de Planeación Minero Energética. (2007). Guía didáctica para el desarrollo de Auditorías

Recibido: 31 de julio, 2023
Revisado: 26 de noviembre, 2023
Aceptado: 11 de diciembre, 2023