

Design of a photovoltaic system as a power supply for air conditioning equipment in the Physics laboratory of the Technical University of Manabí.

Diseño de un sistema fotovoltaico como fuente de alimentación para equipos de climatización del laboratorio de Física de la Universidad Técnica de Manabí.

Autores:

Chicaíza-López, Cristian Vladimir
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
Estudiante, Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Carrera de Ingeniería Eléctrica
Portoviejo – Ecuador



cchicaiza1245@utm.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0008-2462-587X>

Mieles-Mieles, Gino Joaquín, Mgs.
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
Docente, Facultad de Ciencias Básicas, Departamento de Física
Portoviejo – Ecuador



gino.mieles@utm.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0002-4528-2211>

Fechas de recepción: 20-AGO-2025 aceptación: 20-SEP-2025 publicación: 30-SEP-2025



<https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>

<http://mqrinvestigar.com/>

Resumen



En la investigación se analizó la viabilidad de los sistemas fotovoltaicos como solución sostenible para alimentar los equipos de climatización del laboratorio de física de la Universidad Técnica de Manabí. El objetivo fue diseñar un sistema fotovoltaico para el laboratorio de Física de la Universidad, evaluando su viabilidad técnica, ambiental y económica como alternativa energética. La metodología empleada fue la revisión bibliográfica sobre los sistemas fotovoltaicos en diferentes bases de datos, el uso de herramientas de simulación como el software PVsyst y el análisis de casos similares. Se tuvo como resultados que la radiación solar en la ciudad de Portoviejo, con niveles promedio superiores a $4,41 \text{ kWh/m}^2/\text{día}$, esto lo posiciona a la ciudad favorablemente para implementar sistemas fotovoltaicos, además estos sistemas no solo reducen costos operativos y dependencia de la red eléctrica, sino que también aportan beneficios ambientales, como la disminución de la huella de carbono. Todo ello hace a los sistemas fotovoltaicos viables para energizar los equipos de climatización del laboratorio de física.

Palabras clave: Climatización; Energías renovables; Sistemas fotovoltaicos; Sostenibilidad

Abstract

The research analyzed the viability of photovoltaic systems as a sustainable solution to power the air conditioning equipment in the physics laboratory of the Technical University of Manabí. The objective was to design a photovoltaic system for the University's Physics laboratory, assessing the technical, environmental and economic viability of photovoltaic systems as an energy alternative. The methodology used was a literature review of photovoltaic systems in different databases, the use of simulation tools such as the PVsyst software and the analysis of similar cases. The results showed that solar radiation in the city of Portoviejo, with average levels above 4.41 kWh/m²/day, positions the city favorably for the implementation of photovoltaic systems. Furthermore, these systems not only reduce operating costs and dependence on the electricity grid, but also provide environmental benefits, such as reducing the carbon footprint. All this makes photovoltaic systems viable for powering the air conditioning equipment in the physics laboratory.

Keywords: Air conditioning; Renewable energy; Photovoltaic systems; Sustainability



Introducción

El uso de sistemas fotovoltaicos (SFV) como fuente de energía sostenible para los equipos de climatización del laboratorio de física de la Universidad Técnica de Manabí, puede ser una alternativa viable frente al aumento de la demanda energética. La universidad desarrolló como ejemplo práctico para satisfacer la demanda de energía eléctrica, un sistema de generación fotovoltaico conectado a la red de 69kW, de 138 paneles solares de 500W conectados a 3 inversores de 32kW, que tienen una generación máxima de 9589kW/mes, (Vazquez et al., 2018), lo que demuestra la viabilidad del proyecto fotovoltaico en lo referente a la generación de energía. Los sistemas FV, al convertir la luz solar en electricidad, se pueden implementar en diversos contextos, desde pequeñas instalaciones hasta grandes generadores (Vega et al., 2019).

La electricidad ha sido un motor clave para el avance tecnológico y el crecimiento económico de la humanidad, representando en la actualidad cerca del 65% de la producción energética global. Este recurso esencial no solo impulsa industrias y actividades económicas, sino que también desempeña un papel fundamental en la mejora de la calidad de vida de las personas facilitando el acceso a servicios básicos como iluminación, comunicación y transporte. Se estima que la población mundial llegará a 9.000 millones en 2038, lo que aumenta la demanda energética. Para cubrir las necesidades de todos, los países dependen en gran medida de recursos fósiles como petróleo, carbón y gas, tradicionalmente usados por luz, combustibles y generación eléctrica (Beltrán et al., 2017). Este aumento en la población genera importantes desafíos en la adopción de energías renovables para disminuir la dependencia de los combustibles fósiles.

En Ecuador, los recursos energéticos primarios se basan en combustibles fósiles, donde el 86% de la energía depende de esto (Romero & Carbonell, 2014), en contraste, solo un 14% se origina de fuentes renovables. De acuerdo con información del Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, el país trabaja en diversificar su matriz energética, mediante la instalación de sistemas fotovoltaicos para comunidades que no tienen acceso a la red eléctrica (COMERCIO, 2024). Ecuador posee un gran potencial de energía solar (Inca

et al., 2023). Según el INAMHI, la radiación promedio supera los 4,5 kWh/m²/día, posicionando al país estratégicamente para aprovechar tecnologías solares (Arla et al., 2017). La actual situación energética de Ecuador ha fomentado la búsqueda de fuentes de energía renovable y sostenible (Vargas et al., 2019), pues el riesgo aumenta en los meses de septiembre y noviembre, por retrasos, falta de respaldo térmico y sobre todo fallas en Coca Codo Sinclair, entre otros factores (La Hora, 2025). Los apagones por fallas en la transmisión eléctrica (Mella, 2024) suscitados hace pocos meses, afectaron al laboratorio de Física, un espacio clave para la investigación y experimentación científica, que necesita estar climatizado para su buen funcionamiento, por cuanto los aires acondicionados son fundamentales para mantener estas condiciones, asegurando la exactitud de los resultados y la protección de los equipos, sin embargo, depender de la red eléctrica para estos sistemas de enfriamiento conlleva un alto consumo de energía y altos costos operativos.

Frente a esa problemática los SFV surgen como una gran opción sostenible para garantizar su funcionamiento continuo al generar beneficios en términos económicos y su impacto positivo al medio ambiente al contribuir con la reducción de la huella de carbono, además promueve la adopción de energías limpias, fomentando la conciencia ambiental. El objetivo del trabajo se centró en diseñar un sistema fotovoltaico como fuente de alimentación para los equipos de climatización del laboratorio de Física de la Universidad Técnica de Manabí.

Revisión teórica

Generalidades de las energías renovables

Se puede considerar recurso renovable aquel que no se agota con su uso (Reyna et al., 2021) y no genera un impacto ambiental en la transformación de energía (Ballesteros, 2016), son aquellas que se obtienen de forma natural y generan energía de manera continua y limitada, como son la energía solar, eólica y mareomotriz. (Sánchez & Rodríguez, 2021). La generación de energía mediante las fuentes renovables, constituye el fundamento de los tres pilares del desarrollo sostenible: económico, social y ambiental. La utilización debe asegurar que se adopte un modelo energético que satisfaga las necesidades presentes (Correa et al., 2016).

Generalidades de la energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica se origina a partir del efecto fotovoltaico, proceso en el cual ciertos materiales al estar expuestos a la radiación solar, liberan electrones y generan corriente eléctrica. Su único objetivo es transformar la luz solar en energía eléctrica limpia y aprovecha para distintos usos, es accesible para todas las personas, no contamina y su aplicación puede darse en cualquier parte teniendo en cuenta la radiación solar y su intensidad (Cabrales & Mejía, 2022). La radiación que emite el sol diariamente es gratuita, ecológica y ciertamente una disponibilidad inmediata, que es utilizada para generar calor y electricidad, dado que tiene una potencia de $1,2 \times 10^{17} \text{W}$ (Alata et al., 2023).

Componentes, funcionamiento y tipos de sistemas fotovoltaicos

Los sistemas fotovoltaicos SFV proporcionan una alternativa sostenible y amigable con el medio ambiente frente al uso de combustibles fósiles, ayudando a reducir la huella de carbono y fomentando el avance de energías limpias. En regiones con alta radiación, su eficiencia incrementa más, lo que los hace beneficiosos en áreas rurales o en áreas sin red eléctrica convencional (Escobar et al., 2009). Logran que la energía solar se transforme en electricidad para un uso regular, posibilita el aprovechamiento de la energía siendo una fuente inagotable (Bolaños & Gómez, 2023).

Las celdas fotovoltaicas son dispositivos fabricados con material semiconductores, son el núcleo de los paneles que se exponen a la luz y liberan electrones, capturando la radiación solar y la transforman directamente en electricidad, que luego se almacena para su uso. (Arencibia, 2016).

Los elementos que conforman el sistema incluyen el módulo solar, que es el único componente principal de la instalación; el regulador de carga que es el encargado de gestionar la energía y poder actuar entre los paneles solares y el resto de los componentes; y la batería que regula el suministro. El mantenimiento de los sistemas es económico y fácil, ya que los paneles tienen muchos años de vida. Asimismo, su implementación ha sido promovida por incentivos gubernamentales en varios países, lo que facilita su amplia adopción en áreas urbanas y rurales, brindando a las comunidades locales una mayor autonomía energética (Cortés et al., 2020).



Los SFV se dividen en sistemas autónomos que operan de manera independiente a la red eléctrica tradicional y se utilizan baterías para almacenar energía, son comunes en áreas rurales o sin acceso a electricidad y su tamaño depende de la cantidad de días de autonomía requeridos, pues en muchos de los casos hasta resulta mucho más económico; por otro lado, están los sistemas conectados a la red que se integran al sistema eléctrico convencional, eliminando la necesidad de baterías; en estos casos, el excedente de energía puede inyectarse a la red pública, lo que permite obtener un ingreso adicional y contribuye a la estabilidad energética (Monné et al., 2011).

Aplicaciones de los sistemas fotovoltaicos

Actualmente, la tecnología solar evoluciona cada vez más, esto permite una mayor eficiencia en la conversión de la energía solar en calor, ayudando a reducir la dependencia de la energía no renovable (Bravo et al., 2021), este calienta un fluido que es generalmente agua, que se dirige a un depósito de acumulación térmica que actúa como reservorio, es decir, los enfriadores la convierten en un fluido frío (Bravo, 2015). Este sistema es especialmente implementado y efectivo en lugares donde la radiación es alta y continua durante todo el año. Su implementación varía según su ubicación geográfica, uso y estructura, ya que, existen áreas que necesitan refrigeración (Bravo et al., 2018).

Al aprovechar esta opción, se disminuyen las emisiones de CO₂ y reduce la demanda eléctrica, funcionando sin ruidos y evitando refrigerantes dañinos para el medio ambiente. Por estas razones, resulta ideal para aplicaciones industriales, comerciales y residenciales que buscan eficiencia energética y sostenibilidad (Díaz & Monteagudo, 2014).

Material y métodos

La investigación fue de tipo descriptiva y exploratoria, orientada a analizar el potencial de los SFV como una solución sostenible para la alimentación de los equipos de climatización. Se adoptó un enfoque cualitativo, centrado en la recolección y análisis de datos con el fin de comprender opiniones, comportamientos y conceptos relacionados, lo cual resulta fundamental para determinar la viabilidad de la implementación del sistema para mantener las condiciones adecuadas en las actividades del laboratorio.



Material

Se utilizó como instrumento principal el software PVsyst y los gráficos generados correspondientes al diseño del sistema fotovoltaico. PVsyst es un software de simulación de instalaciones fotovoltaicas, el cual posee toda la capacidad de poder calcular valores diarios en cuanto a la radiación solar a partir de mediciones que son mensuales. El mismo, contiene programas que son para su diseño, como también brinda un informe detallado del comportamiento del sistema, para así permitir consideraciones que puedan ayudar a optimizar el funcionamiento (Domínguez et al., 2019).

El Software que se utiliza es la versión 7.2.6 de PVsyst, ya que, proporciona herramientas para evaluar pérdidas por sombreado, determinar la mejor orientación de los paneles y simular diferentes configuraciones de sistemas fotovoltaicos. Es ampliamente conocido en proyectos solares, combinando datos climáticos y ofreciendo predicciones precisas que facilitan decisiones tanto técnicas como económicas. Además, permite crear distintos escenarios para analizar cómo los factores como la inclinación de los paneles solares o la ubicación afectan el rendimiento, optimizando la planificación y ejecución de los sistemas.

Métodos

Se aplicó el método cuantitativo para los análisis de carga, de demanda del edificio y con ello realizar el diseño fotovoltaico del sistema, utilizando el software PVsyst para lograr el diseño óptimo del sistema.

Se empleó la revisión bibliográfica en artículos científicos y estudios relacionados con la implementación de los sistemas en contextos climáticos similares. Este proceso incluyó la síntesis de información mediante la integración de documentos científicos provenientes de diversas fuentes. Asimismo, se emplearon los métodos inductivo y deductivo permitiendo acumular conocimientos sobre los SFV y su implementación en escenarios similares, todo ello permitió identificar las características de los sistemas como solución sostenible y viable para la alimentación energética de los aires condicionados.

Procedimiento para el diseño del SFV

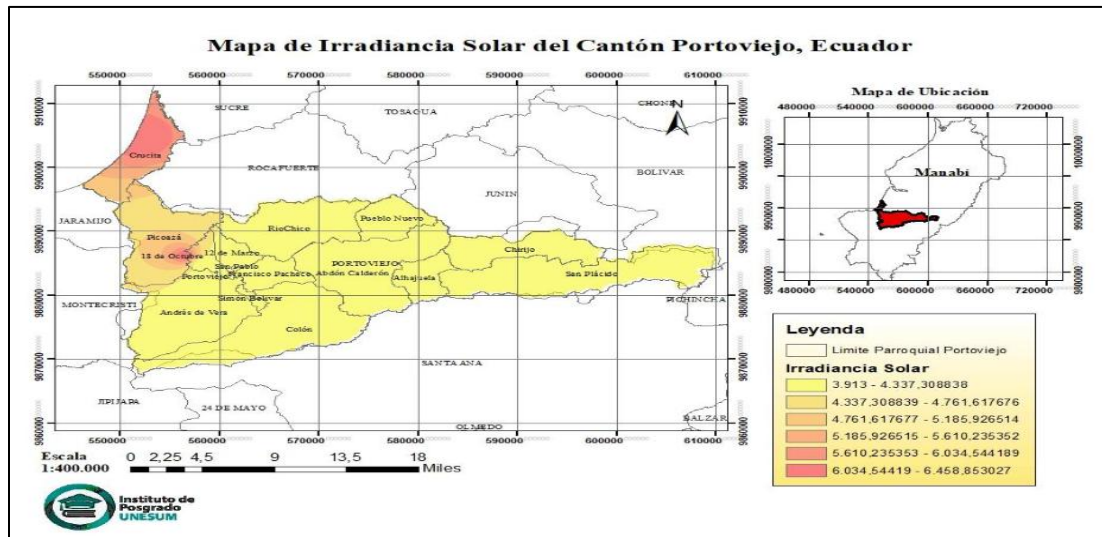
La provincia de Manabí se encuentra localizada en la región costera de Ecuador y se destaca por registrar uno de los niveles más elevados de radiación solar incidente en comparación con otras zonas del país (Rodríguez et al., 2017). Cuenta con un nivel de radiación ideal para



producir hasta 1200 MW de energía, lo que permitiría cubrir una proporción significativa de la demanda energética (prensa.ec, 2024). Manabí presenta elevados niveles de radiación solar, lo que la hace ideal para realizar diferentes tipos de instalaciones que aprovechen esta fuente, y con ello, se contribuye a disminuir la huella de carbono y a mejorar las condiciones ambientales, reduciendo el uso de combustibles fósiles.

En cuanto a la ciudad de Portoviejo, la radiación solar es de 4,41 KWh/m²/día, lo que señala que es un área viable para la instalación de un sistema de energía fotovoltaico (Saltos & Navas, 2022). Se puede mencionar que tiene un potencial solar más favorable que el resto de la provincia (Rodríguez et al., 2017). En la figura 4 se muestra el mapa de la ciudad de Portoviejo con su potencial solar.

Figura 4
Radiación solar de Portoviejo



Fuente: (Saltos & Miele, 2024)

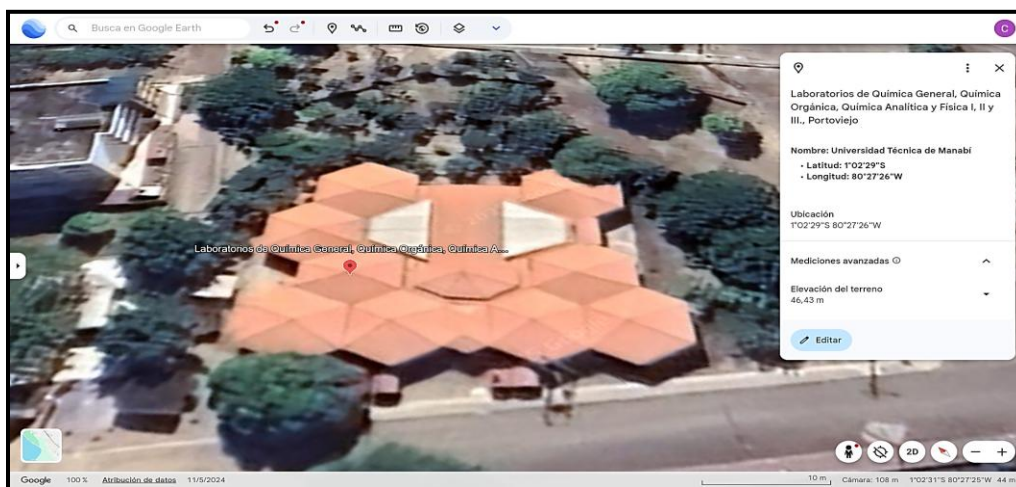
Se puede observar en el mapa, la distribución solar en Portoviejo, con valores de entre 3,91 y 6,48 kWh/m²/día. En la zona noroeste se alcanzan los valores más altos, lo que refleja un gran potencial muy favorable para el aprovechamiento de la energía solar.

En la ciudad de Portoviejo, en la Universidad Técnica de Manabí, el Laboratorio de Física está diseñado para la enseñanza práctica de la física, permitiendo a los estudiantes realizar experimentos, reforzar conocimientos teóricos y desarrollar habilidades para la investigación. Está equipado con instrumentos básicos, donde su correcto funcionamiento

depende del sistema de enfriamiento. Para este lugar se realizó el diseño del SFV para en un futuro poder instalarse en la cubierta exterior del laboratorio, garantizando la captación directa de luz solar para reducir el consumo de energía y aprovechar fuentes renovables, siendo un sistema aislado a la red eléctrica (independiente). En la figura 6 se muestra el sitio de ubicación.

Figura 6

Laboratorio de Física de la Universidad Técnica de Manabí



Fuente: Google Maps

Este espacio presenta una superficie amplia, lo que favorecerá el aprovechamiento de toda la radiación solar, permitiendo así, el suministro de energía limpia para cada una de las actividades que se realizarán ahí.

Resultados y Discusión

El diseño de un conjunto de generación solar para el laboratorio de Física de la UTM está compuesto por 28 paneles solares (módulos FV) de 285 Wp de la marca JINKOSOLAR, organizados en dos cadenas de 14 módulos en serie. El sistema cuenta con un controlador universal con tecnología MPPT y un convertidor de alta eficiencia, que optimizan el aprovechamiento de la radiación solar, estos elementos permiten alcanzar una generación máxima de 9988 kWh/año, lo que demuestra la viabilidad técnica del sistema fotovoltaico en

lo referente a la generación y gestión eficiente de energía renovable. En la tabla 1, se muestra los resultados y el balance del estudio realizado.

Tabla 1

Balances y resultados principales

	Irradiación horizontal global kWh/m²/día	Irradiación difusa horizontal kWh/m²/día	Temperatura °C	Velocidad del viento m/s	Turbidez Linke [-]	Humedad relativa %
Enero	4.35	2.54	25.9	2.99	4.581	77.8
Febrero	4.57	3.00	26.0	2.30	4.522	82.0
Marzo	5.08	2.61	26.2	2.30	4.538	81.4
Abril	5.43	2.68	25.7	2.60	5.085	81.9
Mayo	4.92	2.60	25.8	3.20	5.309	78.2
Junio	3.87	2.39	24.4	3.59	5.130	80.7
Julio	4.00	2.53	24.1	3.91	4.932	79.9
Agosto	4.43	2.91	23.7	4.00	5.431	79.7
Septiembre	4.26	2.61	23.3	4.10	6.122	80.7
Octubre	3.37	2.50	23.8	4.19	5.354	79.1
Noviembre	3.82	2.46	23.7	4.19	5.446	79.6
Diciembre	4.45	2.86	25.1	3.90	5.220	75.9
Año	4.38	2.64	24.8	3.4	5.139	79.7

Fuente: Software PVsyst

De acuerdo al estudio climático reflejado en la tabla 1, la zona recibe en promedio 4,38 kWh/m²/día de irradiación solar, con valores más altos entre marzo y mayo, lo que la convierte en un lugar favorable para proyectos fotovoltaicos. La temperatura anual se mantiene en torno a los 24,8 °C, con pocas variaciones, lo que garantiza un funcionamiento estable de los equipos. Los vientos promedian 3,4 m/s, con leves incrementos en agosto y noviembre, y la humedad relativa es elevada, cercana al 79,7 %. La turbidez atmosférica registra un promedio de 5,139, siendo más alta en septiembre y más baja en febrero. En

conjunto, estas condiciones ofrecen un entorno propicio para un aprovechamiento eficiente de la energía solar.

Tabla 2

Necesidades detalladas del usuario

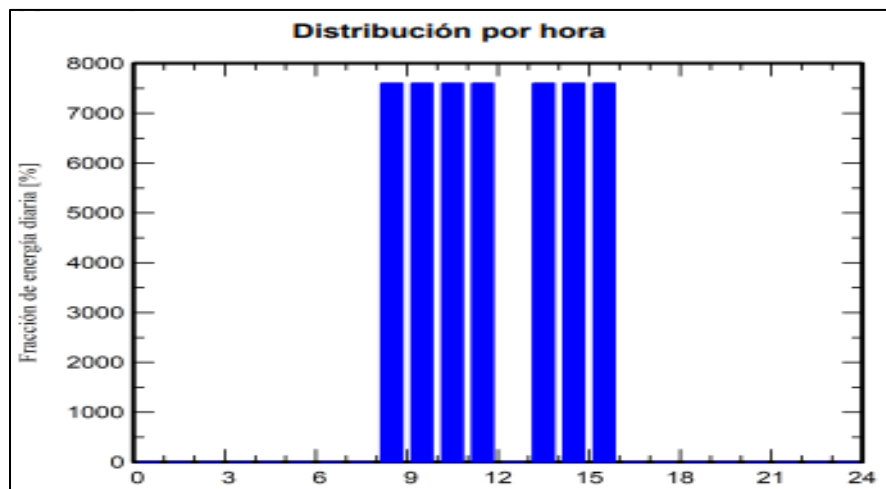
Uso 5 días por semana	Número	Potencia	Uso	Energía
		W	Hora/día	Wh/día
A/A	4	1900W/apar	7.0	53200
Consumidores en espera			24.0	24
				53224Wh/día

Fuente: Elaboración propia, a través del software PVsyst

De acuerdo en la Tabla 2 se muestra la distribución por hora de la necesidad del usuario y notándose en la Figura 7 que el sistema fotovoltaico necesita generar alrededor de 38.1 kWh diarios para cubrir el consumo del usuario, considerando pérdidas totales del aproximadamente 6.9%. Para ello, se selecciona una capacidad adecuada que compense estas pérdidas y garantice el suministro energético necesario.

Figura 7

Distribución por hora de las necesidades del consumidor

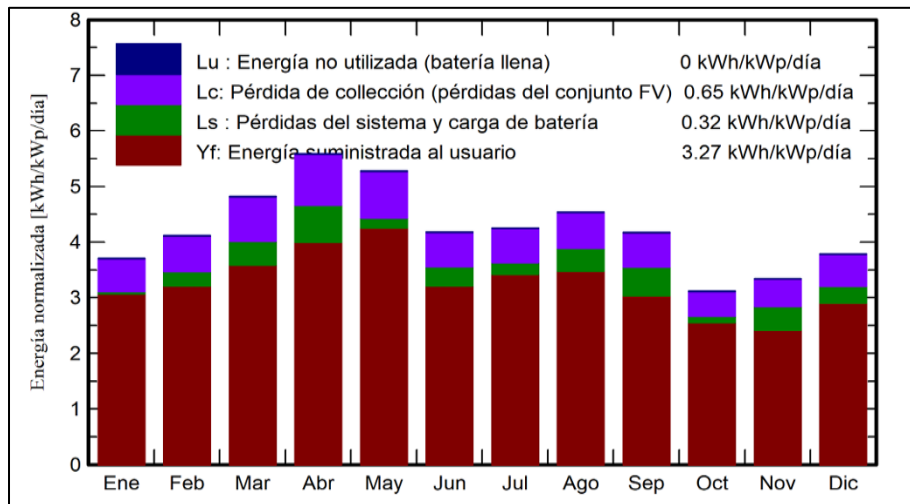


Fuente: Software PVsyst

En la figura 8 se muestra la producción de energía durante los 12 meses del año.

Figura 8

Producciones normalizadas (por kWp instalado)

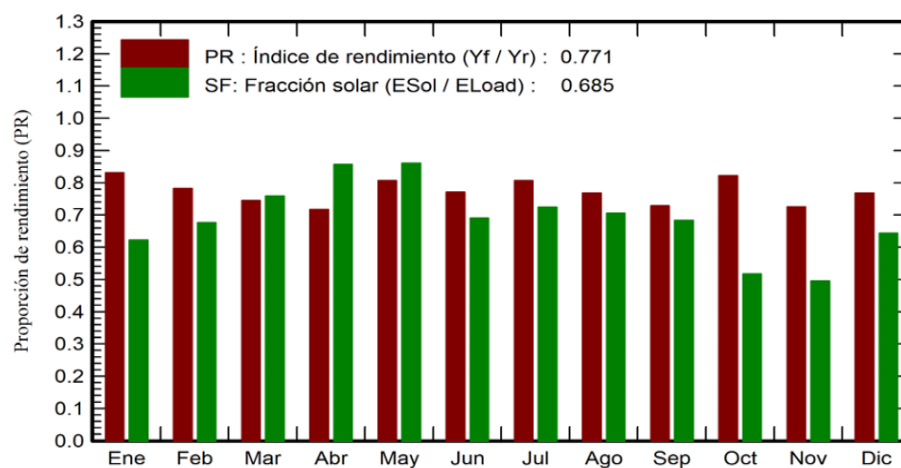


Fuente: Software PVsyst

Como puede observarse en la figura 8, en el mes de abril se presenta un mayor pico de energía suministrada al usuario, reflejando la mayor radiación solar en esa época del año. Por otro lado, en el mes de octubre, se observa el menor nivel de energía suministrada al usuario, debido a la menor radiación solar en esa temporada.

Figura 9

Proporción de rendimiento (PR)

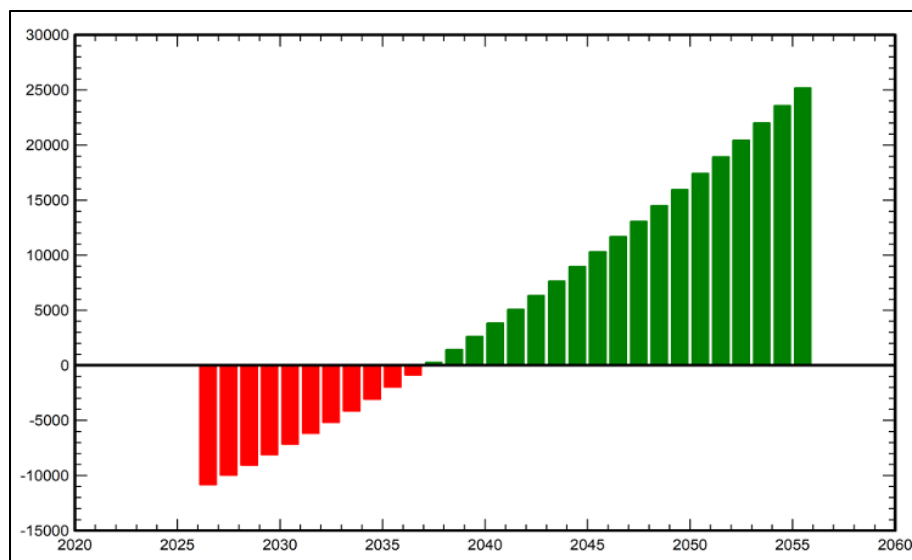


Fuente: Software PVsyst



En la figura 9, en el mes de mayo se observa un mayor pico en la proporción de rendimiento (PR), indicando que en ese mes el sistema alcanza su mayor eficiencia en la generación de energía en relación con el rendimiento esperado. Por otro lado, en el mes de diciembre se presenta el menor nivel de PR, reflejando una menor eficiencia en la generación de energía durante ese mes, probablemente debido a la menor radiación solar en esa temporada.

Figura 10
 Análisis financiero (Flujo de caja acumulativo)



Fuente: Software PVsyst

En la Figura 10, se muestra la evolución de costos, ahorros, beneficios acumulados y porcentaje de amortización entre 2026 y 2055. Los costos son cero, mientras que los ahorros aumentan de 857 a 16,602, y los beneficios acumulados pasan de -10,859 a 25,172, con un porcentaje de amortización que crece del 7.3% al 314.9%, indicando que la inversión se recupera y genera beneficios significativos a largo plazo.

Valoración de factibilidad: Dimensiones

Dimensión Técnica

La dimensión técnica del proyecto consistió en analizar la demanda energética de los equipos de climatización y diseñar un sistema fotovoltaico con el software PVsyst 7.2.6, considerando la radiación solar promedio de 4,41 kWh/m²/día en Portoviejo. La simulación mostró un

suministro de 3,27 kWh/kWp/día, un índice de rendimiento (PR) de 0,771 y una fracción solar (SF) de 0,685, lo que confirma la viabilidad técnica del sistema para cubrir gran parte de la demanda del laboratorio.

Dimensión Económica

El precio de instalar un sistema fotovoltaico oscila entre \$8.500 y \$25.000 USD por cada kWp (Romero et al., 2024). La dimensión económica considera la inversión en equipos e instalación, así como bajos costos de mantenimiento. Al cubrir cerca del 68,5% de la demanda energética del laboratorio, el sistema reduce significativamente el gasto en electricidad, lo que permite recuperar la inversión en el mediano plazo y confirma su sostenibilidad económica.

Dimensión Social

La dimensión social se refleja en el aporte del sistema fotovoltaico a la comunidad universitaria, ya que promueve el uso de energías limpias y fomenta la conciencia ambiental entre estudiantes y docentes. Además, contribuye a mejorar las condiciones del laboratorio de física al garantizar un suministro energético confiable, lo que fortalece los procesos académicos y de investigación, y proyecta un ejemplo replicable hacia la sociedad en general.

Dimensión Ambiental

La dimensión ambiental se evidencia en la reducción del consumo de energía proveniente de fuentes fósiles y en la disminución de emisiones de CO₂, gracias al aprovechamiento de la radiación solar. El sistema fotovoltaico contribuye a la sostenibilidad del laboratorio y promueve prácticas responsables con el medio ambiente.

Para cuantificar el impacto ambiental de la generación fotovoltaica frente a la generación térmica con derivados de petróleo, se considera la energía diaria generada por el sistema FV de 7,6 kWh, lo que equivale a una producción anual de aproximadamente 2.774 kWh.

El cálculo de emisiones de CO₂ se realiza aplicando la relación entre el factor de emisión del petróleo, estimado en EF=0,0009t CO₂/kWh, y la energía generada, conforme a la expresión general mostrada en la ecuación 1.

$$CO_2 = E * EF \quad (1)$$

Donde:

E→ Energía eléctrica producida.



EF→ 0,0009t CO₂/kWh emisiones de petróleo

En un año, la generación térmica equivalente emitiría unas 2,5 toneladas de CO₂ y, en 30 años, alrededor de 75 toneladas. En contraste, el sistema fotovoltaico evita esta cantidad al no emplear combustibles fósiles en su operación, demostrando que, con una producción diaria de 7,6 kWh, puede reducir en 75 t de CO₂ contribuyendo de manera significativa a la reducción de la huella de carbono en comparación con la generación eléctrica a base de petróleo.

Estas prácticas pueden adoptarse en otras áreas de la Universidad, ofreciendo la oportunidad de incorporar un enfoque innovador en los procesos energéticos y así disminuir la dependencia la energía tradicional. Diseñarlo e implementarlo especialmente para los aires acondicionados mejorará su estabilidad, garantizando que los equipos de climatización operen de forma constante y eficiente.

Conclusiones

La energía solar fotovoltaica es una alternativa sostenible para abastecer la demanda que existe por los equipos de climatización, lo cual genera beneficios tanto en el ámbito académico como también en cuanto a la protección del medio ambiente. Estos diseños FV posibilitan la expansión del uso de energías sumamente limpias hacia otras zonas de la Universidad, dado que es un modelo energético responsable con los retos que actualmente existen en cuanto a la crisis energética en el país y sobre todo con el cambio climático.

El estudio confirma la factibilidad técnica, económica, social y ambiental de implementar el sistema fotovoltaico en el laboratorio de física de la Universidad Técnica de Manabí. Respecto a la viabilidad técnica, el diseño que se plantea cubre el 68,5% de la demanda que generan los equipos de climatización, lo que asegura un buen rendimiento para su operación. Por otro lado, en la parte económica, se puede observar que la inversión inicial será recuperada a mediano plazo por el ahorro de energía. En el ámbito social, el diseño FV impulsa la conciencia ambiental en la comunidad universitaria, como también garantiza el suministro de energía sin interrupciones. Por último, se encuentra la factibilidad ambiental, la cual disminuye la huella de carbono, evitando cerca de 75 toneladas de CO₂ en un periodo de 30 años.



Referencias bibliográficas

- Alata, J., Zingg, A., Orellana, J., & Altamirano, L. (10 de Julio de 2023). La energía solar fotovoltaica en los sistemas de bombeo para acueductos: una revisión sistemática. 257-269. <https://journalingeniar.org/index.php/ingeniar/article/view/153/222>
- Arencibia, G. (2016). La importancia del uso de paneles solares en la generación de energía eléctrica. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 17(9), 1-4. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63647456002.pdf>
- Arla, S., Martinez, J., Asitimbay, J., & Tapia, E. (2017). Validación del Recurso Solar en el Ecuador para Aplicaciones de Media y Alta Temperatura. *Dialnet*, 34-45. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6069986.pdf>
- Ballesteros, V. (Octubre de 2016). Panorama mundial de las energías renovables e importancia de la energía fotovoltaica. *Revista Científica*, 26, 194-203. <https://www.redalyc.org/pdf/5043/504373193019.pdf>
- Beltrán, A., Morera, M., López, F., & Villela, R. (Junio de 2017). Prospectiva de las energías eólica y solar fotovoltaica en la producción de energía eléctrica. *Redalyc*, 11(2), 105-117. doi:<https://www.redalyc.org/pdf/4419/441949672008.pdf>
- Berrio, L., & Zuluaga, C. (Julio de 2014). Smart Grid y la energía solar fotovoltaica para la generación distribuida: una revisión en el contexto energético mundial. *Ingeniería y Desarrollo*, 32(2), 369-396. <https://www.redalyc.org/pdf/852/85232596010.pdf>
- Bolaños, C., & Gómez, G. (2023). Metodología para la implementación de sistemas fotovoltaicos con almacenamiento para pequeñas industrias. *Redalyc*, 36(1), 18-32. <https://www.redalyc.org/journal/6998/699877376002/699877376002.pdf>
- Bravo, B. (2015). Climatización solar de edificaciones. *Scielo*, 72-82. <http://scielo.sld.cu/pdf/caz/v42n2/caz08215.pdf>
- Bravo, González, & González. (2018). Refrigeración solar de edificaciones. Un estado del arte. *Scielo*, 33(2), 115-126. <https://www.scielo.cl/pdf/ric/v33n2/0718-5073-ric-33-02-00115.pdf>
- Bravo, P., Cohaila, Y., Torres, H., & De La Gala, A. (Junio de 2021). Caracterización Térmica-Energética de un Sistema Fotovoltaico de 3,3 Kw Interconectado a la Red



- Eléctrica: 2015-2019. *Scielo*, 31(1).
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2309-04132021000100067
- Cabral, F., & Mejía, R. (28 de Octubre de 2022). SISTEMAS FOTOVOLTAICOS: SOLUCIÓN ENERGÉTICA EN LAS COMUNIDADES AISLADAS. 9(2), 1-27.
<https://portal.amelica.org/ameli/journal/690/6903714009/6903714009.pdf>
- Castillo, A. (2017). Cooperación internacional para el desarrollo de energías renovables: energía eólica y solar en el mundo. *Redalyc*, 3(6), 1-13.
<https://www.redalyc.org/journal/6558/655868412005/655868412005.pdf>
- Cisterna, L., Améstica, L., & Piderit, M. (Julio de 2020). Proyectos Fotovoltaicos en Generación Distribuida ¿Rentabilidad Privada o Sustentabilidad Ambiental? *Redalyc*, 45(2), 31-40. <https://www.redalyc.org/pdf/6887/688773626003.pdf>
- COMERCIO, E. (Octubre de 2024).
<https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/ecuador-propio-ritmo-apuesta-energias-renovables.html>
- Correa, P., González, D., & Pacheco, J. (Septiembre de 2016). Energías renovables y medio ambiente. Su regulación jurídica en Ecuador. *SCIELO*, 8(3), 179 -183.
<http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v8n3/rus24316.pdf>
- Cortés, C., Gómez, G., Betancur, F., Carvajal, S., & Guerrero, N. (Abril de 2020). Análisis experimental del desempeño de un sistema solar fotovoltaico con inversor centralizado y con microinversores: caso de estudio Manizales. *Scielo*, 23(47).
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-77992020000100003
- Díaz, Y., & Monteagudo, J. (Junio de 2014). Sistemas de climatización solar de absorción. Barreras y perspectivas Energética. *Redalyc*(43), 31-43.
<https://www.redalyc.org/pdf/1470/147040026003.pdf>
- Domínguez, A., Jáuregui, S., & Beltrán, J. (1 de Diciembre de 2019). Sistema fotovoltaico conectado a la red para alimentar la división territorial Copextel Cienfuegos. Anteproyecto y simulación. *Scielo*, 46(4).
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612019000400039



- Escobar, A., Torres, C., & Hincapie, R. (2009). CONEXIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO A LA RED ELÉCTRICA. *Scientia Et Technica*, XV(43), 31-36.
<https://www.redalyc.org/pdf/849/84917310006.pdf>
- Estrada. (Octubre de 2013). Transición energética, energías renovables y energía solar de potencia. *Redalyc*, 59(2), 75-84. <https://www.redalyc.org/pdf/570/57030971010.pdf>
- Inca, G., Villalta, D., Cabrera, H., Bautista, R., & Cabrera, D. (14 de Julio de 2023). Evaluación de la actualidad de los sistemas fotovoltaicos en Ecuador: avances, desafíos y perspectivas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(3), 1-17. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/6835/10387>
- IRENA. (2024). *El récord de crecimiento de las energías renovables incrementa su ventaja de costos*. <https://www.irena.org/News/pressreleases/2024/Sep/Record-Growth-Drives-Cost-Advantage-of-Renewable-Power-ES>
- La Hora. (16 de Junio de 2025). <https://www.lahora.com.ec/economia/Habra-apagones-en-Ecuador-este-2025-Se-advierten-riesgos-ocultos-en-el-plan-electrico-del-Gobierno-de-Daniel-Noboa-20250616-0015.html>
- Mella, C. (2024). Un apagón masivo deja a Ecuador sin luz durante más de tres horas. *EL PAÍS*. <https://elpais.com/america/2024-06-19/un-apagon-masivo-deja-a-ecuador-sin-luz.html>
- Monné, C., Alonso, S., & Palacín, F. (2011). Evaluación de una Instalación de Refrigeración por Absorción con Energía Solar. *SciELO*, 22(3), 39-44.
<https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v22n3/art06.pdf>
- Muñoz, J., Rojas, M., & Barreto, C. (11 de Diciembre de 2018). INCENTIVO A LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA EN EL ECUADOR. *Redalyc*(19), 60-71.
<https://www.redalyc.org/journal/5055/505554803006/505554803006.pdf>
- prensa.ec. (16 de Octubre de 2024). *prensa.ec*. <https://prensa.ec/el-panorama-energetico-de-manabi-desafios-y-oportunidades-para-la-inversion-solar/#:~:text=Manab%C3%AD%20tiene%20una%20radiaci%C3%B3n%20solar,las%20necesidades%20energ%C3%A9ticas%20del%20pa%C3%ADs.>
- Reyna, Y., Saltos, W., & Vélez, A. (20 de Noviembre de 2021). Factibilidad del sistema fotovoltaico para suministro eléctrico autosustentable. 1485-1498.



<https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/2405/pdf>

Rodriguez, M., Vásquez, A., Saltos, W., & Ramos, J. (Diciembre de 2017). El Potencial Solar y la Generación Distribuida en la Provincia de Manabí en el Ecuador. *REVISTA RIEMAT*, 2(2), 1-5.

<https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Riemat/article/download/1143/999/>

Romero, H., Tapia, M., & Solís, J. (11 de Junio de 2024). Evaluación de proyectos de inversión en energía solar fotovoltaica en Tiwintza, Morona Santiago-Ecuador. *Ecuador*, 9(41), 1-17.

<https://revista.religacion.com/index.php/religacion/article/view/1245/1523>

Romero, J., & Carbonell, T. (Septiembre de 2014). Sistema de refrigeración solar por absorción para la comunidad de Kumay en Ecuador. *Ingeniería Energética*, XXXV(3), 286-294. <https://www.redalyc.org/pdf/3291/329132445013.pdf>

Salamanca, S. (2017). Propuesta de diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica. Caso de aplicación en la ciudad de Bogotá. *Revista Científica*, 30(3), 263-277. <http://www.scielo.org.co/pdf/cient/n30/2344-8350-cient-30-00263.pdf>

Saltos, C. A., & Mieses, J. W. (Julio de 2024). ANÁLISIS DEL POTENCIAL DE IRRADIANCIA SOLAR EN EL CANTÓN PORTOVIEJO, ECUADOR. 194-202. <https://editorialalema.org/index.php/pentaciencias/article/view/1203/1647>

Saltos, J., & Navas, W. (Mayo de 2022). Estudio de viabilidad de sistemas fotovoltaicos como fuente de energía: caso Universidad San Gregorio Portoviejo. *Conciencia Digital*, 5(2), 162-183. <https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/ConcienciaDigital/article/download/2163/5324/>

Sánchez, J., & Rodríguez, M. (2021). Sistema fotovoltaico conectado a red para disminuir la demanda energética en horario diurno en una vivienda de la comunidad Cañales. *Revista Científica*, 7(6), 129-147. <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/2321/5043>

Vargas, G., Gil, S., Díaz, J., & Otálora. (2019). Aprovechamiento de la energía solar para el Área Académica de la Escuela de Aviación Policial mediante un sistema fotovoltaico con conexión a red. *Redalyc*, 1-22.



<https://www.redalyc.org/journal/5177/517764671004/517764671004.pdf>

Vazquez, A., Rodriguez, M., Saltos, W., Rodriguez, C., & Cuenca, L. (2018). Rendimiento energético, económico y ambiental de una Central Fotovoltaica de 3,4 KWp en el modo de la generación distribuida (GD). *Revista Espacios*.
<https://www.revistaespacios.com/a18v39n47/18394734.html>

Vega, K., Piedra, J., & Richmond, G. (3 de Septiembre de 2019). Dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos mediante una interfaz gráfica. *Redalyc*, 32(3), 66-78.
<https://www.redalyc.org/pdf/6998/699878598006.pdf>

Yallico , A., Cáceres , P., Ríos , J., & Segovia , P. (2 de Julio de 2023). Estudio técnico económico para implementación de paneles fotovoltaicos interconectados a la red de distribución. *Revista de Investigación Talentos*, 10(2), 53-66.
<https://talentos.ueb.edu.ec/index.php/talentos/article/view/391/448>

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

N/A

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.