

Sistemas fotovoltaicos On-Grid en viviendas vacacionales, caso de estudio Tarqui-Ecuador

On-Grid photovoltaic systems in vacation homes case study Tarqui-Ecuador

- ¹ Janneth Magali Bermeo Ayala  <https://orcid.org/0009-0009-4015-1958>
Universidad Católica de Cuenca (UCACUE), Cuenca, Ecuador.
Maestría en Construcciones con Mención en Administración en la Construcción Sustentable
jmbermeoa60@est.ucacue.edu.ec
- ² Santiago Arturo Moscoso Bernal  <https://orcid.org/0000-0002-7647-1111>
Universidad Católica de Cuenca (UCACUE), Cuenca- Ecuador.
Maestría en Construcciones con Mención en Administración en la Construcción Sustentable
smoscoso@ucacue.edu.ec
- ³ Juan Carlos Cobos Torres  <https://orcid.org/0000-0001-8153-8379>
Universidad Católica de Cuenca (UCACUE), Cuenca- Ecuador.
Maestría en Construcciones con Mención en Administración en la Construcción Sustentable
juan.cobos@ucacue.edu.ec



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 14/03/2025
Revisado: 19/04/2025
Aceptado: 14/05/2025
Publicado: 30/05/2025

DOI: <https://doi.org/10.33262/ap.v7i2.1.614>

Cítese:

Bermeo Ayala, J. M., Moscoso Bernal, S. A., & Cobos Torres, J. C. (2025). Sistemas fotovoltaicos On-Grid en viviendas vacacionales, caso de estudio Tarqui-Ecuador. *AlfaPublicaciones*, 7(2.1), 150–171. <https://doi.org/10.33262/ap.v7i2.1.614>



ALFA PUBLICACIONES, es una revista multidisciplinar, **trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://alfapublicaciones.com>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec

Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Attribution Non Commercial No Derivatives 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



Palabras claves:

Energía solar, generación distribuida, paneles fotovoltaicos, sistemas conectados a la red, viviendas vacacionales.

Keywords:

Solar energy, distributed generation, photovoltaic panels, on-grid systems, holiday homes.

Resumen

Introducción: en el contexto del crecimiento poblacional, los cambios meteorológicos y la dependencia energética de fuentes hidroeléctricas, Ecuador enfrenta importantes desafíos en cuanto a generación eléctrica y sostenibilidad ambiental. **Objetivos:** este estudio se centra en la viabilidad técnica, económica y ambiental al incorporar sistemas fotovoltaicos (FV) On-Grid en las viviendas vacacionales ubicadas en la parroquia rural Tarqui. **Metodología:** el dimensionamiento del sistema FV parte del consumo eléctrico promedio, evaluando el sistema requerido y desarrollando un estudio de costos y beneficios mediante un enfoque descriptivo y cuantitativo. Se recopilaron datos de consumo eléctrico de los últimos tres años, procesados con herramientas como MedCalc y Excel. **Resultados:** los resultados indican que la instalación de estos sistemas, aunque técnicamente viable, presenta un periodo de recuperación de aproximadamente 18 años con una TIR de 4.44%, además de una reducción significativa de emisiones de CO₂ durante la vida útil del sistema. **Conclusiones:** se concluye que la implementación de sistemas FV On-Grid en esta zona, si bien enfrenta desafíos económicos en el corto plazo, ofrece importantes beneficios ambientales, subrayando la necesidad de políticas públicas que impulsen su adopción para garantizar un futuro energético sostenible. **Área de estudio general:** Arquitectura. **Área de estudio específica:** Construcción. **Tipo de estudio:** Artículos Originales.

Abstract

Introduction: In the context of population growth, meteorological changes and energy dependence on hydroelectric sources, Ecuador faces important challenges in terms of electricity generation and environmental sustainability. **Objectives:** This study focuses on the technical, economic, and environmental feasibility of incorporating On-Grid photovoltaic (PV) systems in holiday homes located in the rural parish of Tarqui. **Methodology:** the sizing of the PV system is based on the average electricity consumption, evaluating the required system and developing a cost-benefit study using a descriptive and quantitative approach. Electricity consumption data from the last three years have been collected and processed with tools

such as MedCalc and Excel. **Results:** The results indicate that the installation of these systems, although technically feasible, has a payback period of approximately 18 years with an IRR of 4.44%, in addition to a significant reduction in CO₂ emissions during the useful life of the system. **Conclusions:** It is concluded that the implementation of On-Grid PV systems in this area, although it faces economic challenges in the short term, offers important environmental benefits, underlining the need for public policies that promote their adoption to guarantee a sustainable energy future. **General Area of Study:** Architecture. **Specific Area of study:** Construction. **Type of study:** Original Articles.

1. Introducción

Los procesos de construcción de la vivienda, movilidad geográfica y otros cambios de la población en las áreas rurales son claves para la sostenibilidad y eficiencia (Stenbacka & Cassel, 2024). Generalmente estos procesos conducen a un incremento de las emisiones del dióxido de carbono CO₂; sin embargo, al emplear una construcción sostenible se puede conseguir una disminución del gas en 4,326 millones de g/CO₂ en 15 años, aproximadamente (Fulton et al., 2020).

El incremento constante del consumo de energía eléctrica genera preocupación en distintos niveles: ambiental, económico y social, ya que cada día disminuyen los recursos naturales disponibles en el planeta (El-houari et al., 2020). Uno de los problemas más evidentes, se debe al incremento de la temperatura del aire, que ha superado en 1,54 °C la media preindustrial en solo los primeros nueve meses del año 2024. Esta alza ha sido atribuida al fenómeno de El Niño y su efecto de calentamiento, otro factor que eleva la temperatura en el planeta se debe a los gases de efecto invernadero, los cuales generan impactos negativos tanto en la salud humana como en el medio ambiente (Chere-Quiñónez et al., 2022).

Debido al cambio climático se prevé incremento significativo en los fenómenos meteorológicos extremos, lo que podría provocar interrupciones y cortes en el suministro de energía eléctrica. A raíz de esto, las empresas enfrentan dos obstáculos: la necesidad de generar conciencia sobre la importancia de las energías renovables y la limitación financiera que dificulta su adopción (Ersöz & Bülbül, 2022).

Existen varios tipos de energía renovable, siendo los más utilizados, la solar, eólica, geotérmica e hidroeléctrica. Cada uno de estos recursos contribuye a la reducción del uso de combustibles fósiles y las emisiones de gases de efecto invernadero (Tiwari, 2024).

Para el año de 2022 el Ministerio de Energía y Minas (2024) establece que el mayor recurso en Ecuador proviene de la generación hidroeléctrica, con un aporte del 58,6%, en comparación con otras fuentes de energía renovable y no renovable. Sin embargo, depender mayoritariamente de un solo tipo de generación puede provocar cortes de energía eléctrica ante la falta de lluvias. Actualmente el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), informa que en cada región del país las precipitaciones se encuentran entre un 20% y un 90% por debajo de los niveles históricos permitidos (Guerrero, 2024). A nivel energético esto se traduce en una reducción de 1,15 GW sobre un total de 3,65 GW de potencia disponible (Orozco, 2024). Por tal motivo es necesario diversificar la matriz energética mediante el aprovechamiento de otras fuentes renovables como la eólica y la solar entre otras (Barragán, 2020).

La Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables (ARCERNNR, 2023) establece la Regulación 006/23, mediante la cual se promueve la Generación Distribuida (GD) a través de fuentes eléctricas a pequeña escala y ubicadas en proximidad a los consumidores, usuarios o clientes finales. Normalmente la GD está conectada a la red eléctrica; sin embargo, también puede operar de forma aislada, este último ocurre en áreas rurales (Zarei-Jelyani et al., 2024). La GD conformada por fuentes solares fotovoltaicas e hidroeléctricas resulta fundamental para promover la sostenibilidad, al disminuir la huella de carbono, es decir, el conjunto de emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y otros gases de efecto invernadero (Ministerio de Energía y Minas, 2024).

Ecuador posee un gran potencial para aprovechar la energía solar debido a su ubicación geográfica, donde la radiación solar oscila entre 2,5 a 5,82 kWh/m² por día (Mogrovejo, 2024; Rodríguez et al., 2021). El territorio ecuatoriano se considera una zona óptima, ya que se encuentra situada sobre la línea equinoccial y permite una máxima captura de la energía solar (Tacuri et al., 2024).

Naturalmente los sistemas Fotovoltaicos (FV) presentan diversas barreras, entre ellas se encuentra la inversión inicial, la cual dificulta su adopción. Generalmente el costo relacionado con los gastos en materiales y equipos, instalación y mantenimiento (Mogrovejo et al., 2024). Los altos costos iniciales, combinados con la incertidumbre sobre el retorno de la inversión, desalientan la adopción de estas tecnologías. Además la complejidad de los trámites para la solicitud de préstamos y la falta de subsidios agravan las dificultades para concretar la inversión en áreas rurales (Karasmanaki et al., 2021).

Existen otros desafíos presentes como la escasa difusión sobre las ventajas y factibilidad de implementación de estos sistemas (Xue et al., 2021). Persiste una incertidumbre significativa entre los potenciales usuarios respecto a la tecnología integrada en las viviendas inteligentes; tras la adquisición del sistema, con el paso del tiempo, se observa una baja tasa de adopción sostenida. En consecuencia, el rendimiento energético real no alcanza las expectativas iniciales de ahorro (Inca et al., 2023). El uso de FV representa una alternativa tecnológica prometedora para la generación de electricidad; sin embargo, su adopción enfrenta barreras técnicas y de conocimiento frecuentemente ignoradas por los usuarios finales (Ramos et al., 2021).

En la ciudad de Cuenca existió un auge en la explotación de viviendas con fines vacacionales en las parroquias rurales como Turi, Nulti, Tarqui, entre otros; las cuales se enfocan principalmente en actividades turísticas. Actualmente, se conoce que existen sistemas FV on-grid (conectados a la red eléctrica) diseñados principalmente para entornos urbanos. La Empresa Eléctrica Regional Centrosur C.A. registra 78 proyectos, de los cuales 64 son para uso residencial, cuya potencia nominal está en el rango de 1 a 15 kW. Sin embargo, aún no se han implementado proyectos on-grid en zonas rurales de la parroquia Tarqui (Mogrovejo, 2024).

El objetivo del estudio es evaluar la viabilidad y los beneficios del sistema de paneles FV on-grid en viviendas vacacionales de la parroquia Tarqui, mediante el dimensionamiento del sistema, junto con un análisis de costo y viabilidad. Para ello, se establecen los siguientes objetivos específicos:

- Determinar el perfil de consumo energético de las viviendas vacacionales ubicadas en la parroquia Tarqui, mediante el análisis de datos de consumo eléctrico registrados durante los periodos de ocupación y no ocupación en los últimos tres años, utilizando registros eléctricos facilitados por la empresa Eléctrica Regional Centrosur C.A.
- Definir la potencia requerida del sistema fotovoltaico, mediante el análisis del consumo de energía eléctrica y la irradiancia global en la parroquia Tarqui, para que la instalación cumpla con las condiciones energéticas locales.
- Analizar los costos de implementación y los beneficios económicos del sistema fotovoltaico On-Grid, a partir del cálculo de los costos iniciales de instalación y mantenimiento, para que los resultados sirvan como base en procesos de decisión sobre su aplicación en viviendas vacacionales.
- Valorar el impacto ambiental del sistema fotovoltaico en viviendas vacacionales, a través del estudio del ciclo de vida y de los efectos ambientales del sistema On-Grid, para que los propietarios tengan una comprensión clara de su contribución a la sostenibilidad.

2. Metodología

El presente estudio se enmarca en la investigación científica, con una orientación hacia la investigación aplicada, al emplear principios y conocimientos consolidados de las ciencias para abordar problemáticas reales en el ámbito energético (Delgado, 2021). Su propósito principal es evaluar la viabilidad técnica y económica de sistemas FV on-grid en viviendas vacacionales, con el objetivo de generar soluciones sostenibles que contribuyan al bienestar social mediante el uso eficiente de recursos energéticos renovables.

El enfoque metodológico adoptado es de tipo cuantitativo, ya que se basa en el análisis de datos objetivos sobre el consumo eléctrico, proporcionados por la Empresa Eléctrica Regional Centrosur C.A. En este contexto se ha optado por un diseño no experimental, transversal y descriptivo, dado que no se manipulan variables independientes, y se realiza una observación puntual del fenómeno de estudio.

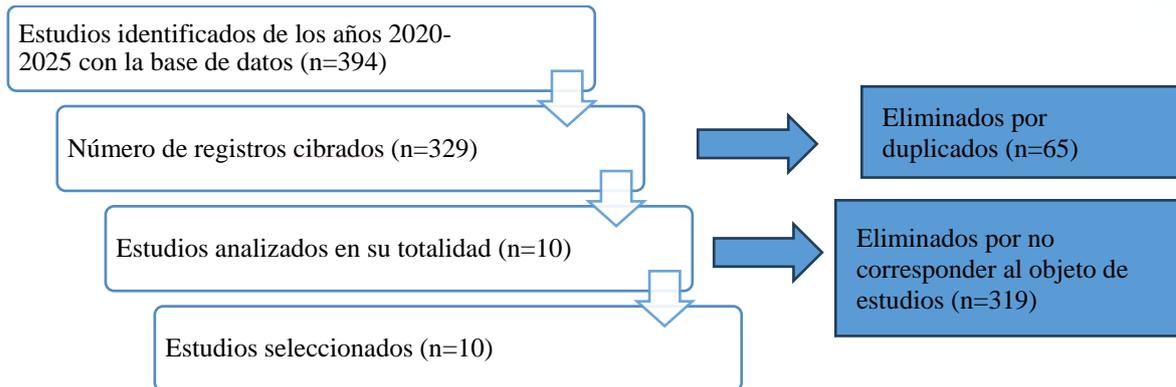
La recolección de datos se centra en los registros de consumo energético correspondientes a la zona rural residencial de la parroquia Tarqui, abarcando un periodo de tres años, 2022 a 2024; obteniendo en el último año un total de 5327 clientes. A través de ello, se identificaron patrones de consumo, esenciales para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico propuesto. A continuación, se detallan los siguientes instrumentos para su desarrollo:

- Por medio de registros documentales y el programa de hoja de cálculo Excel, se identificaron los periodos vacacionales en las diferentes regiones del Ecuador, con el fin de analizar su influencia en el comportamiento del consumo energético, y detectar posibles incrementos o disminuciones asociados a la estacionalidad.
- Se estableció un intervalo de confianza del 95% para obtener la mediana del consumo eléctrico por año; esta se efectúa a través de una caja de bigotes por medio de la herramienta MedCalc. A partir de ello, se escoge un valor de consumo eléctrico mensual, expresado en kWh/mes.
- Se llevó a cabo una revisión sistemática de literatura en bases de datos científicas reconocidas, tales como *ScienceDirect* y *Google Scholar*, con el objetivo de seleccionar estudios relevantes y actualizados dentro del rango temporal comprendido entre 2020 y 2024. Como resultado de este proceso, se identificaron inicialmente 394 documentos, de los cuales se excluyeron 65 por duplicidad y 319 por no cumplir con los criterios del objeto de estudio, obteniéndose finalmente un conjunto de 10 artículos pertinentes. Estos estudios seleccionados proporcionan información clave sobre los aspectos técnicos, económicos y ambientales relacionados con la implementación de sistemas fotovoltaicos conectados a la red

(on-grid) en zonas rurales, fortaleciendo el marco de referencia de la presente investigación, ver **Figura 1**.

Figura 1

Revisión sistemática de literatura

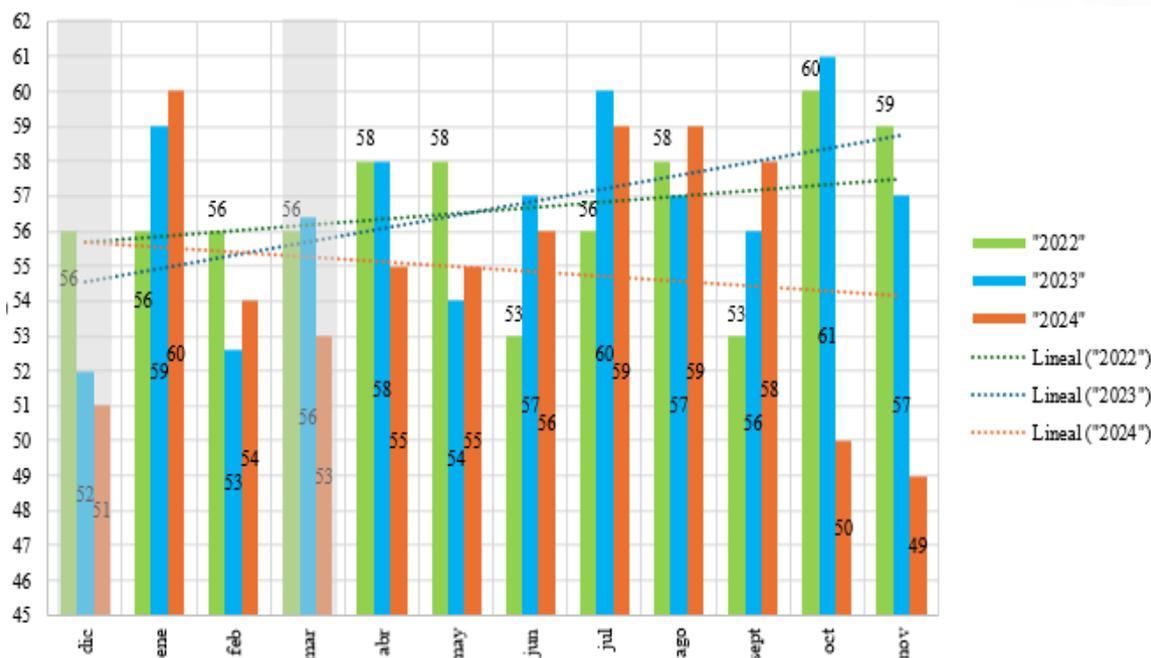


3. Resultados

Durante el año 2022 se observa en la **Figura 2** una tendencia ligeramente constante de consumo de energía cada mes. Esto se debe a que probablemente esté influenciada por las restricciones de la pandemia que mantuvieron una actividad homogénea durante gran parte del año. Sin embargo, cuando se evalúan los años siguientes las tendencias cambian. Por ejemplo, los meses de diciembre y marzo presentan niveles de bajo consumo de energía eléctrica, lo cual se asocia a los periodos vacacionales escolares. En contraste, los meses de julio y agosto muestran picos de consumo, lo que puede deberse al retorno de actividades escolares o a una mayor actividad operativa general. Aunque octubre y noviembre no corresponden a periodos de vacaciones, en el año 2024 se evidencia una caída notable en el consumo, lo que podría atribuirse a una migración de la población.

Figura 2

Consumos eléctricos, periodos 2022 - 2024

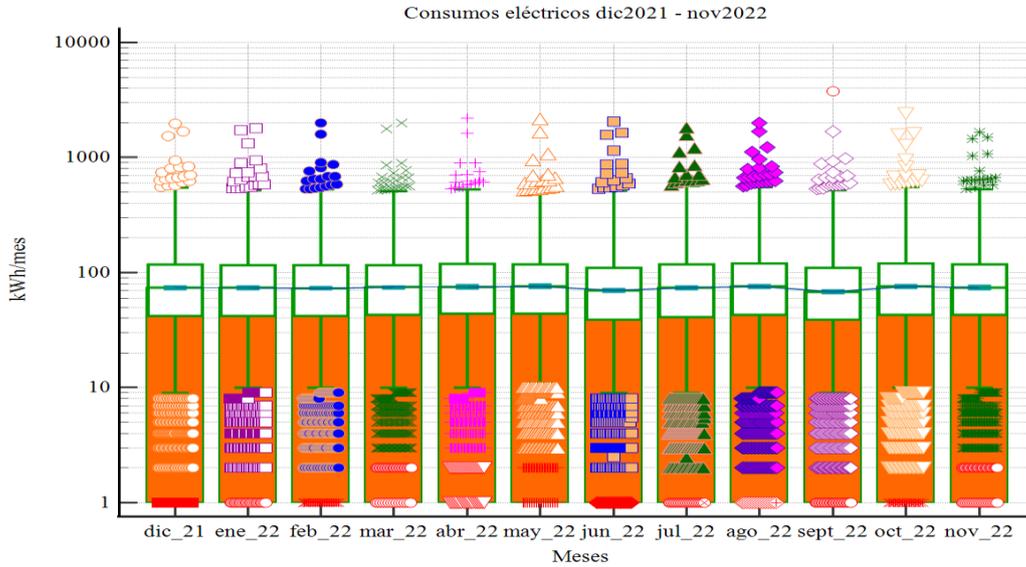


Se estableció un intervalo de confianza del 95%, el cual representa la verdadera mediana de la población. Esta herramienta estadística desarrollada en MedCalc, es útil en dos aspectos, primero permite conocer el valor típico de consumo y segundo, determina el grado de certeza sobre esa estimación, considerando la variabilidad de los datos. Por tanto, la mediana ofrece una forma confiable de describir el comportamiento de una vivienda en la rural residencial de la parroquia Tarqui.

En la **Figura 3** se observa el consumo eléctrico en los periodos de diciembre 2021 a noviembre 2022. Durante este periodo, la mediana mensual oscila entre 70 a 80 kWh, lo cual refleja un consumo estable dentro del conjunto de clientes residenciales. A pesar de que existen usuarios que poseen un consumo mayor, no modifican de forma significativa la tendencia central. En conjunto, se trata de un comportamiento energético estable y homogéneo en la mayoría de los meses.

Figura 3

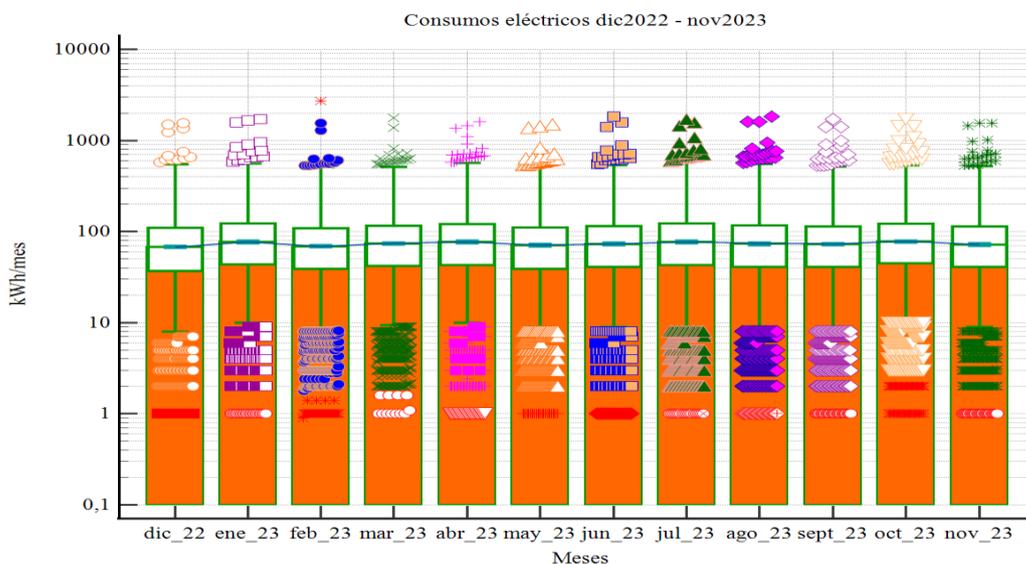
Periodo de consumo eléctrico del año 2021 - 2022



Durante el periodo diciembre 2022 – noviembre 2023, la mediana mensual muestra un ligero descenso comparado al año anterior, donde el consumo varía entre 65 a 80 kWh/mes. Aunque siguen existiendo valores de consumo extremos, tal como se ilustra en la **Figura 4**. No se identifica un cambio sustancial en la distribución del consumo, por lo que el año 2023 puede considerarse comparable en comportamiento general al 2022.

Figura 4

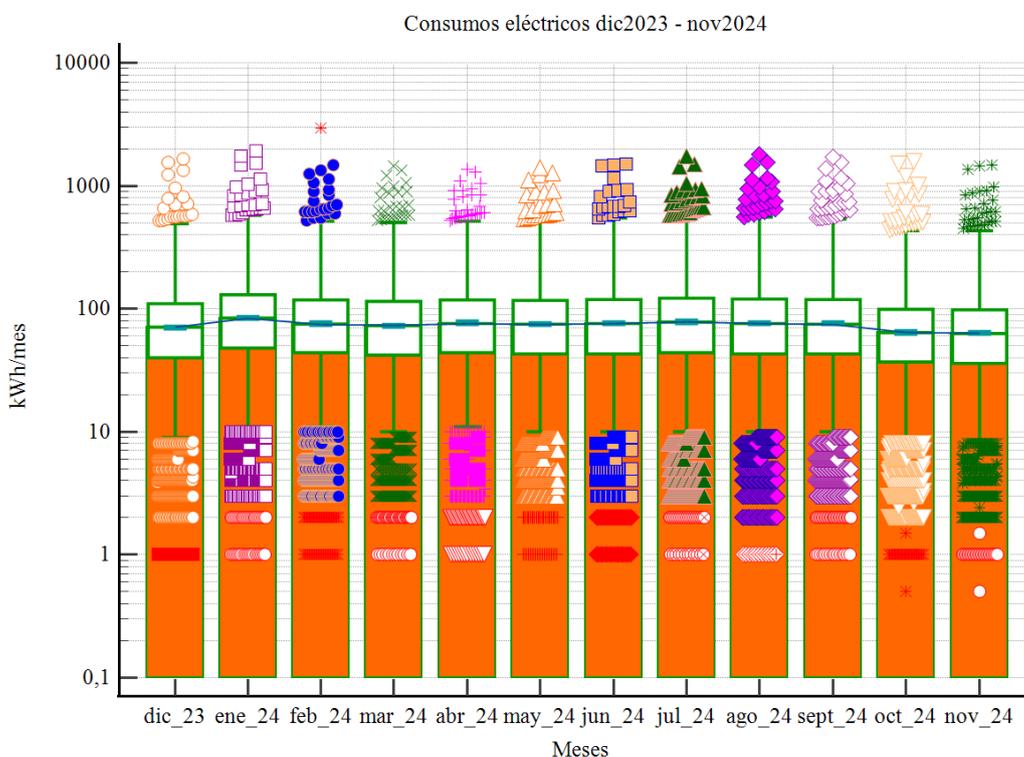
Periodo de consumo eléctrico del año 2022 - 2023



En este último período, la mediana mensual presenta un rango entre 60 a 90 kWh/mes. En la **Figura 5** se observa una mayor variabilidad, es decir, muestra valores de consumo más bajos o altos en comparación a los años anteriores. Esta amplitud en la mediana, junto con la persistencia de valores atípicos, podría indicar una mayor heterogeneidad en el comportamiento de consumo residencial, aunque sin evidenciar una tendencia clara de crecimiento sostenido.

Figura 5

Periodo de consumo eléctrico del año 2023 - 2024



A lo largo de los tres periodos evaluados, no se evidencia un incremento sostenido en el consumo eléctrico mensual residencial. Por tanto, se escoge un consumo situado dentro de los tres rangos de medianas antes mencionadas, por un valor igual a 75 kWh.

De acuerdo con diversos autores un sistema Fotovoltaico (FV) on-grid, off-grid o híbrido orientado a zonas rurales de tipo residencial está compuesto principalmente por paneles solares e inversores, tal como se detalla en la **Tabla 1**. Todos los sistemas contemplan el uso de estructuras de soporte para la instalación de los módulos fotovoltaicos, así como medidores bidireccionales, los cuales permiten registrar el flujo de energía ya sea desde el sistema FV como de la red de distribución eléctrica. Esta función es fundamental para los esquemas de medición neta (*net metering*), tal como mencionan Tian et al. (2024) y Zhu et al. (2024).

Tabla 1

Componentes del sistema fotovoltaico on-grid en zonas residenciales rurales

Autores	Panel solar	Inversores	Baterías	Controladores de carga	Medidores	Estructuras de soporte	Materiales de aislamiento
Guo et al. (2024)	X	X	X				
Suberi et al. (2024)	X	X	X		X	X	
Liu et al. (2024)	X	X		X	X	X	
Zhu et al. (2024)	X	X			X	X	
Tian et al. (2024)	X	X					X
Luo & Shi (2024)	X	X	X	X	X		
Chen et al. (2022)	X	X		X			
Conteo	7/7	7/7	3/7	3/7	4/7	3/7	1/7
Porcentaje	100%	100%	42,9%	42,9%	57,1%	42,9%	14,3%

La potencia instalada de un sistema fotovoltaico (FV) on-grid depende fundamentalmente de la carga eléctrica demandada. Según De Freitas (2022) y Liu et al. (2024) en aplicaciones a gran escala —como estaciones solares implementadas para condados y ciudades— la potencia instalada suele superar 1 MW, dado el alto requerimiento energético de estas áreas. Este tipo de configuraciones se detallan en la **Tabla 2**. Por su parte Hounkpatin et al. (2023) documentan el uso de sistemas FV con una potencia de 49,5 kW, destinados al suministro energético de instituciones públicas en contextos jurisdiccionales, lo que demuestra una aplicación intermedia entre sistemas residenciales y plantas solares de gran escala. En el contexto de potencias de baja escala (≤ 10 kW), se identifican las siguientes configuraciones típicas según el tipo de vivienda:

- Viviendas aisladas: presentan una potencia fotovoltaica promedio de 2,28 kW, adecuada para cubrir las necesidades energéticas básicas de hogares ubicados en zonas rurales con ocupación intermitente o limitada. Este tipo de viviendas corresponde al caso de estudio en Tarquí – Ecuador, donde predominan unidades habitacionales de esta categoría.
- Viviendas adosadas: utilizan sistemas FV con una potencia promedio de 5,78 kW, configurados para suministrar energía a hogares con mayor densidad de ocupación y niveles de consumo más elevados, típicos en zonas semiurbanas o rurales consolidadas.

Estas relaciones permiten establecer rangos referenciales para el dimensionamiento técnico del sistema FV, ajustado al perfil de consumo característico de cada tipo de vivienda.

Tabla 2

Sistema fotovoltaico on-grid en zonas rurales residenciales

Autores	Potencia		Viviendas		Techos		Área FV m ²
	kW	Alta o baja	Aislada	Adosada	Azotea	Tejado	
Guo et al. (2024)	1,84	Baja	X			X	No menciona
	4,14	Baja		X		X	No menciona
Suberi et al. (2024)	2	Baja	X		No menciona		89
	5	Baja		X			No menciona
Lui et al. (2024)	7160	Alta	No menciona		No menciona		No menciona
Zhu et al. (2024)	1005	Alta	No menciona		No menciona		No menciona
Tian et al. (2024)	No menciona		X		X	X	No menciona
Thadani & Go (2021)	8,2	Baja		X	X		No menciona
Houkpatin et al. (2023)	49,5	Alta	No menciona		No menciona		No menciona
Luo & Shi (2024)	3	Baja	X		X		80
Chen et al. (2022)	10	Baja			X	X	90

Los paneles FV pueden instalarse tanto en azoteas planas como en tejados inclinados dependiendo de las condiciones arquitectónicas de cada vivienda. En estos casos el área promedio disponible para la instalación, denotada como A_p es de aproximadamente 86,33 m².

Para determinar el sistema FV adecuado en la parroquia Tarqui - Ecuador, se consideran los siguientes aspectos técnicos, ambientales y de consumo:

- El consumo eléctrico promedio mensual determinado a partir de la mediana es 75 kWh/mes, lo que corresponde a un consumo diario aproximado de 2,5 kWh/día.
- Según Luo & Shi (2024) un sistema FV de 3 kW de potencia permite cubrir un consumo diario de 7,2 kWh. Con esta relación, se determina que la demanda del sistema FV presenta un valor igual a 1,04 kW.

- Se selecciona 2 paneles fotovoltaicos de 580 W, de potencia nominal, con una superficie de 6 m² y una eficiencia de conversión del 21,6 % (Autosolar, 2025).
- La irradiancia solar promedio anual (G) en la zona de estudio es de 1.673 kWh/m²/año, lo que equivale a aproximadamente 4,583 kWh/m²/día, según se representa en la **Figura 6**.

Figura 6

Radiación en una vivienda de la parroquia Tarqui - Ecuador



Según Suberi et al. (2024) el consumo E es igual a $G \times A \times \eta$; reemplazando sus valores, se obtiene un valor igual a 5,94 kWh/día.

$$E = (4583) \times (6) \times (0,216) = 5,94 \text{ kWh/día (1)}$$

En la **Tabla 3** se muestra todos los costos relacionados a la inversión (materiales), ingresos (sueldo referencial) y egresos (mantenimiento y consumo).

Tabla 3

Inversión, ingresos y egresos para el sistema FV on-grid

#	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total.
1	Paneles FV de 580 W	2	\$ 90,00	\$ 180,00
2	Inversor de 2 kVA	1	\$ 370,00	\$ 370,00
3	Medidor bidireccional	1	\$ 80,00	\$ 80,00
4	Cableado + conectores	-	\$ 40,00	\$40,00
5	Protecciones eléctricas	-	\$ 70,00	\$ 70,00
6	Estructura de soporte	-	\$ 50,00	\$ 50,00

Tabla 3
Inversión, ingresos y egresos para el sistema FV on-grid (continuación)

#	Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total.
7	Mano de obra parcial	-	\$ 50,00	\$ 50,00
			Total de la Inversión	\$ 840,00
1	Limpieza anual del sistema FV	1	\$ 10,00	\$ 10,00
2	Mantenimiento técnico (cada 5 años, prorrateado)	-	\$ 20,00	\$ 20,00
3	Consumo mensual (mediana)	-	75 kWh	75 kWh
4	Cargo tarifario Cuenca Residencial	-	-	0,095 \$/kWh
5	Pago de consumo mensual	-	-	\$ 7,125
6	Pago de consumo anual	-	-	\$ 85,50
			Total de egresos anuales	\$ 115,50

En función de los costos iniciales y los beneficios proyectados, se ha desarrollado un flujo de caja (ver **Tabla 4**) para un horizonte temporal de 18 años, aplicando una tasa de descuento del 15%, tomada como referencia del Impuesto al Valor Agregado (IVA). En este análisis se considera un ingreso mensual equivalente exclusivamente al ahorro por consumo eléctrico evitado, estimado en \$7,125 mensuales, lo que corresponde a un ahorro anual de \$85,50 bajo condiciones promedio. Este valor representa el beneficio económico directo que obtiene el propietario al dejar de pagar por la energía suministrada por la red eléctrica. Considerando este flujo de ingresos, se proyecta un periodo de recuperación de la inversión de aproximadamente 18 años bajo las tarifas eléctricas actuales, plazo que podría reducirse significativamente si se considera el probable incremento futuro en los costos de la energía convencional, especialmente en zonas rurales como la parroquia Tarqui.

Tabla 4
Viabilidad del sistema FV on-grid

Años	Inversión	Ingresos	Egresos	Flujo efectivo neto
0	\$ 840	0	0	\$ 840
1		\$ 85,50	\$ 30,00	\$ 55,50
2		\$ 85,50	\$ 30,00	\$ 55,50
3		\$ 85,50	\$ 30,00	\$ 55,50
4		\$ 85,50	\$ 30,00	\$ 55,50

Tabla 4

Viabilidad del sistema FV on-grid (continuación)

Años	Inversión	Ingresos	Egresos	Flujo efectivo neto
5		\$ 85,50	\$ 30,00	\$ 55,50
6		\$ 85,50	\$ 30,00	\$ 55,50
7		\$ 85,50	\$ 30,00	\$ 55,50
8		\$ 85,50	\$ 30,00	\$ 55,50
9		\$ 85,50	\$ 30,00	\$ 55,50
10		\$ 85,50	\$ 30,00	\$ 55,50
11		\$ 85,50	\$ 30,00	\$ 55,50
12		\$ 85,50	\$ 30,00	\$ 55,50
13		\$ 85,50	\$ 30,00	\$ 55,50
14		\$ 85,50	\$ 30,00	\$ 55,50
15		\$ 85,50	\$ 30,00	\$ 55,50
16		\$ 85,50	\$ 30,00	\$ 55,50
17		\$ 85,50	\$ 30,00	\$ 55,50
18		\$ 85,50	\$ 30,00	\$ 55,50

Los resultados obtenidos permiten concluir que el proyecto es financieramente viable, en tanto se cumplen los siguientes criterios económicos:

- **Relación beneficio/costo (B/C):** 0,39, valor inferior a la unidad, lo que indica que los costos superan los beneficios incluso en el período de 18 años analizado.
- **Valor Actual Neto (VAN):** \$-515,17, considerando una tasa de descuento del 15% a 18 años, lo cual representa que la inversión no se recupera completamente en este horizonte temporal bajo las condiciones actuales de tarifas eléctricas.
- **Tasa Interna de Retorno (TIR):** 4,44%, inferior a la tasa de descuento considerada del 15%, lo que indica que el proyecto no cumple con las expectativas financieras convencionales incluso en el largo plazo.

Estos indicadores evidencian que la implementación del sistema FV *on-grid* en viviendas vacacionales de la parroquia Tarqui, aunque técnicamente factible, no resulta rentable desde el punto de vista económico-financiero convencional en el plazo analizado. Sin embargo, los beneficios ambientales y la protección frente a futuros incrementos en las tarifas eléctricas podrían justificar su implementación desde una perspectiva de sostenibilidad a largo plazo.

4. Discusión

A través de los datos proporcionados por la Empresa Eléctrica Regional Centrosur C.A. se obtienen 5327 diferentes consumos de energía eléctrica de la parroquia rural Tarqui, la cual pertenece al cantón Cuenca – Ecuador. Luego se realizan dos análisis, uno de tipo estadístico descriptivo (Excel) para determinar bajos y altos consumos durante los años 2023 y 2024, donde en algunos casos coincide con el periodo vacacional en diciembre y marzo. No obstante, cabe recalcar que existen más periodos vacacionales de las escuelas, colegios y universidades en los estudiantes como agosto – septiembre, febrero – abril y junio – julio. Como segundo análisis se emplea la herramienta estadística MedCalc, el cual proporciona un rango en el cual es probable que se encuentre la verdadera mediana de una población. Tomando un intervalo de confianza del 95%, se establece un consumo de 75 kWh/mes.

Por otro lado el uso de un sistema FV de 3 kW para un consumo de 7,2 kWh. Al hacer una relación proporcional a 2,5 kWh, se obtiene una potencia de 1,04 kW. Por lo tanto, los paneles solares e inversor deben ser mayores a 1 kW. En el caso de los paneles, se agrupan en función de la potencia nominal; por ejemplo, se escogen 2 paneles de 580 W. Por otro lado, para el inversor se utiliza una potencia de 2 kVA (Luo & Shi, 2024).

La inversión total del sistema FV incluidos todos los componentes e IVA asciende a \$840. Para evaluar la viabilidad económica se considera únicamente el ahorro real por consumo eléctrico evitado, equivalente a \$7,125 mensuales o \$85,50 anuales. Los egresos anuales representan el gasto de mantenimiento del sistema, por un valor de \$30,00. Bajo una tasa de descuento del 15% y un periodo de 18 años, se determina una relación beneficio/costo de 0,39; lo que confirma que el proyecto FV no resulta financieramente atractivo bajo las condiciones actuales de tarifas eléctricas y tasas de descuento consideradas. Sin embargo, el sistema FV podría representar un valor agregado para las viviendas vacacionales de la parroquia rural Tarqui, que actualmente presentan un costo diario entre \$32 a \$55 al ofrecer una alternativa sostenible y reducir la dependencia energética a largo plazo (Airbnb, 2025).

La implementación de sistemas FV en residencias vacacionales representa una estrategia vital para disminuir el impacto ambiental asociado al consumo energético. Este estudio busca demostrar que la adopción de tecnologías FV reduce significativamente las emisiones de CO₂. Por ejemplo Chen et al. (2022) mencionan que la adopción de los sistemas FV genera una reducción de 352,64 toneladas de CO₂ en China durante 25 años de su vida útil. Un caso comparable fue documentado por Thadani & Go (2021) donde disminuye hasta 173,89 toneladas de CO₂ en Uganda.

Por último este sistema FV es una solución eficiente para la generación de energía renovable, destacándose por su adaptabilidad a diferentes tipos de estructuras en la

vivienda, como techos con tejados y azoteas. Su integración es viable, siempre y cuando presente una orientación adecuada y evite la ausencia de sombras que afectan la eficiencia del panel FV. En la zona rural de Tarqui lo convierte en una alternativa ideal para promover el uso de viviendas vacacionales (Chen et al., 2022).

5. Conclusiones

- El desarrollo de este estudio permitió analizar con profundidad la posibilidad de incorporar sistemas fotovoltaicos conectados a la red en viviendas vacacionales ubicadas en Tarqui. A través del análisis del consumo eléctrico en distintos periodos del año, se obtuvo una visión clara del comportamiento energético real de estas viviendas, lo que facilitó un dimensionamiento adecuado del sistema propuesto. Con ello, se cumplió el propósito de demostrar la viabilidad técnica de este tipo de instalaciones en entornos rurales con ocupación intermitente.
- Desde el punto de vista económico, si bien el sistema no representa una inversión altamente rentable a corto plazo, el estudio cumplió con su objetivo al ofrecer una evaluación completa de costos, egresos y beneficios. Esta información sirve como una herramienta útil para que los propietarios puedan tomar decisiones basadas en datos reales. Además, permite prever escenarios futuros en los que el aumento de tarifas eléctricas podría hacer más atractiva la inversión.
- En lo ambiental, se evidenció una notable contribución a la reducción de emisiones contaminantes mediante el uso de energía solar. A pesar de los retos económicos, el sistema propuesto representa una alternativa sostenible que puede generar un impacto positivo a largo plazo. Esto refuerza la necesidad de promover políticas públicas que impulsen el uso de energías limpias en zonas rurales, cumpliendo así con el objetivo de valorar el impacto ecológico del proyecto y su potencial como solución sustentable.

5.1. Agradecimiento

El presente artículo es parte del trabajo de investigación y titulación del programa de maestría en Construcciones con mención en Administración de la Construcción Sustentable de la Universidad Católica de Cuenca, por ello agradecemos a todos y cada uno de los instructores pertenecientes a los grupos de investigación; Ciudad, Ambiente, y Tecnología (CAT), y Sistemas embebidos y visión artificial en ciencias, Arquitecturas, Agropecuarias, Ambientales y Automática (SEVA4CA), Laboratorio de Robótica, Automatización, Sistemas Inteligentes y Embebidos (RobLab), por los conocimientos e información brindados para la elaboración del trabajo.

6. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado. Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con el artículo presentado. Todos los autores contribuyeron significativamente en la elaboración del artículo.

7. Declaración de contribución de los autores

Todos los actores contribuyeron significativamente en la elaboración de este artículo.

8. Costos de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad con fondos propios de los autores.

9. Referencias Bibliográficas

- Airbnb. (2025). Alojamientos vacacionales y lugares para quedarse en Totorillas de Tarqui-Azuay. <https://www.airbnb.com.ec/s/Totorillas-de-Tarqui--Ecuador/homes>
- Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables [ARCERNNR]. (2023). *Regulación No. ARCERNNR 006/23*. Marco regulatorio de la generación distribuida para el autoabastecimiento de consumidores no regulados de energía eléctrica. <https://controlelectrico.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2024/07/Regulacion-Nro.-006-23-Autoabastecimiento-No-Regulados.pdf>
- Autosolar. (2025). La Tienda de la Energía Solar. <https://autosolar.es/>
- Barragán Llanos, R. A. (2020). *La generación de energía eléctrica para el desarrollo industrial en el ecuador a partir del uso de las energías renovables* [Tesis de pregrado, Universidad Internacional SEK, Quito, Ecuador]. <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/4023>
- Chen, J., Yu, X., Shi, Z., Luo, Y., Yang, R., Yan, S., & Lou, Y. (2022). *Design of a 10kW Rural Residential Roof Photovoltaic Power Generation System*. IEEE Explore. <https://doi.org/10.1109/ICMSP55950.2022.9859138>
- Chere-Quiñónez, B. F., Ulloa-de Souza, R. C., & Reyna-Tenorio, L. J. (2022). Technology in home lighting: photovoltaic panels and ecological energy. *Sapienza: International Journal of Interdisciplinary Studies*, 3(7), 111–123. <https://journals.sapienzaeditorial.com/index.php/SIJIS/article/view/519>

- De Freitas, B. M. R. (2022). What's driving solar energy adoption in Brazil? Exploring settlement patterns of place and space. *Energy Research & Social Science*, 89,102660. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2022.102660>
- Delgado Bardales, J. M. (2021). La investigación científica: Su importancia en la formación de investigadores. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(3), 2385-2386. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/476>
- Guerrero, A. (2024). *Sequía afecta a hidroeléctricas y obliga a cortes de luz ¿qué se espera?* El Comercio. <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/sequia-afecta-hidroelectricas-cortes-luz.html>
- El-houari, H., Allouhi, A., Rehman, S., Buker, M. S., Kousksou, T., Jamil, A., & El Amrani, B. (2020). Feasibility evaluation of a hybrid renewable power generation system for sustainable electricity supply in a Moroccan remote site. *Journal of Cleaner Production*, 277, 123534. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123534>
- Ersöz, B., & Bülbül, H. (2022). Research on the importance of using renewable energy sources by organizations within the scope of green deal preparations. *2022 11th International Conference on Renewable Energy Research and Application (ICRERA)*, 213-218. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9922809/authors#authors>
- Fulton, L., Beauvais, B., Brooks, M., Kruse, S., & Lee, K. (2020). Sustainable Residential Building Considerations for Rural Areas: A Case Study. *Land*, 9(5), 152. <https://doi.org/10.3390/land9050152>
- Guo, R., Meunir, S., & Saelens, D. (2024). Impact of residential heat pumps and photovoltaics on low-voltage grid reinforcements under varying insulation levels. *Energy and Buildings*, 318, 114436 <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.114436>
- Hounkpatin, H. W., Donnou, H. E., Chegnimonhan, V. K., Inoussa, L., & Kounouhewa, B. B. (2023). Techno-economic and environmental feasibility study of a hybrid photovoltaic electrification system in back-up mode: a case report. *International Journal of Renewable Energy Development*, 12(2), 396-408. <https://doi.org/10.14710/ijred.2023.46372>
- Inca Yajamín, G. S., Cabrera Carrión, D. F., Villalta Gualán, D. F., Bautista Zurita, R. C., & Cabrera Carrion, H. D. (2023). Evaluación de la actualidad de los sistemas fotovoltaicos en Ecuador: avances, desafíos y perspectivas. *Ciencia Latina*

Revista Científica Multidisciplinar, 7(3), 9493-9509.

<https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/6835>

Karasmanaki, E., Sfiri, D., & Tsantopoulos, G. (2021). Factors and barriers towards investments in photovoltaics among landowners: a case study from Greece. *Springer International Publishing*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-75315-3_39

Liu, J., Hu, J., Wan, Q., Ming, J., & Shuai, C. (2024). Energy services for solar PV projects: exploring the accessibility and affordability of clean energy for rural China. *Energy*, 299, 131442. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.131442>

Luo, X., & Shi, W. (2024). Optimal regulation of flexible loads in rural residential buildings considering mobile batteries: a case study in Shaanxi Province. *Building Simulation*, 17, 1065-1083. <https://doi.org/10.1007/s12273-024-1121-x>

Ministerio de Energía y Minas. (2024). *Plan maestro de electricidad*. MEM. <https://www.recursosyenergia.gob.ec/plan-maestro-de-electricidad/>

Mogrovejo Narváez, D. M. (2024). *Barreras para la implementación de sistemas de generación fotovoltaica conectados a la red en Ecuador* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/29238>

Mogrovejo, M., Barragán, A., Zalamea, E., & Serrano, X. (2024). Barriers to the Implementation of On-Grid Photovoltaic Systems in Ecuador. *Sustainability*, 16(21), 9466. <https://doi.org/10.3390/su16219466>

Orozco, M. (2024). *Hidroeléctricas operan a solo el 31% de su capacidad, en medio de severa sequía y cortes de luz masivos*. Primicias. <https://www.primicias.ec/economia/hidroelectricas-cae-produccion-severa-sequia-cortes-luz-apagones-79719/>

Ramos Sanchez, J. R., Chávez Rivera, R., & Alcaraz Vera, J. V. (2021). Energy sustainability with solar panels and their economic-social relationship in the uncertainty for the regional development of Mexico. *Inquietud Empresarial*, 21(2), 97-110. <https://doi.org/10.19053/01211048.12182>

Rodríguez, M., Salazar, A., Arcos, D., Llanos, J., Martínez, W., & Motoasca, E. (2021). A brief approach of microgrids implementation in Ecuador: a review. En Recent advances in electrical engineering, electronics, and energy. *Springer International Publishing*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-72208-1_12

- Stenbacka, H., & Cassel, S. (2024). Planning for socially sustainable rural housing in Sweden. *Journal of Rural Studies*, 110, 103377.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0743016724001815>
- Suberi, H. K., Asif, M., & Nadeem, T. B. (2024). Rooftop solar PV in Bhutan: a systemic analysis of feed-in-tariff program. *Energy for Sustainable Development*, 83, 101591.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0973082624002175?via%3Dihub>
- Tacuri Chavez, B. J., Rivas Villa, M. G., & Moscoso Bernal, S. A. (2024). Análisis de eficiencia energética de un Sistema Fotovoltaico Aislado (SFA) para una estación de carga. *Revista InGenio*, 7(2), 22-36.
<https://doi.org/10.18779/ingenio.v7i2.784>
- Thadani, H., & Go, Y. (2021). Integration of solar energy into low-cost housing for sustainable development: case study in developing countries. *Heliyon*, 7(12), e08513. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08513>
- Tian, C., Ahmad, N., Rased, A., Wang, S., & Tian, H. (2024). Establishing energy-efficient retrofitting strategies in rural housing in China: a systematic review. *Results in Engineering*, 24, 103653.
<https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.103653>
- Tiwari, G. N. (2024). *Energy, ecology, and environment: a sustainable nature*. Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-981-99-3997-8>
- Xue, Y., Lindkvist, C. M., & Temeljotov-Salaj, A. (2021). Barriers and potential solutions to the diffusion of solar photovoltaics from the public-private-people partnership perspective – Case study of Norway. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 137, 110636. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110636>
- Zarei-Jelyani, M., Zarei-Jelyani, F., Salahi, F., & Rahimpour, M. R. (2024). *Encyclopedia of renewable energy, sustainability, and the environment* (First Edition). Elsevier. <https://shop.elsevier.com/books/encyclopedia-of-renewable-energy-sustainability-and-the-environment/rahimpour/978-0-323-93940-9>
- Zhu, T., Chang, X., Zhu, F., & Xu, C. (2024). Empirical study on sustainable energy development goals: analysis of rural roof distributed photovoltaic systems in Jiangsu, China. *Physics and Chemistry of the Earth*, 136, 103711.
<https://doi.org/10.1016/j.pce.2024.103711>

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Alfa Publicaciones**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Alfa Publicaciones**.



Open policy finder
Formerly Sherpa services