

<https://doi.org/10.69639/arandu.v12i2.1069>

Evaluación de un sistema solar híbrido fotovoltaico-térmico para hosterías rurales: Viabilidad energética y económica en la región interandina del Ecuador

Assessment of a Hybrid Photovoltaic–Thermal Solar System for Rural Lodges: Energy and Economic Feasibility in the Inter-Andean Region of Ecuador

Robinson José García Gaviláñez

robinson.garcia@uiimex.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0005-0929-3844>

Universidad Internacional de Investigación México
Ecuador - Quito

Karen Lisbeth Betancourt Ludeña

karenlissb@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-1886-032X>

Investigador Independiente
Ecuador – Quito

Carlos Miguel Garzón Cárdenas

<https://orcid.org/0009-0005-1414-5547>

carlosmiguelaries1974@gmail.com

Universidad Internacional de Investigación México
Ecuador – Quito

Luis Antonio Caicedo Hinojosa

lcaicedo@utb.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-1904-7303>

Universidad Internacional de Investigación México
Ecuador – Quito

Artículo recibido: 10 abril 2025 - Aceptado para publicación: 20 mayo 2025
Conflictos de intereses: Ninguno que declarar

RESUMEN

La transición hacia fuentes de energía limpia en el sector turístico constituye una estrategia clave para la sostenibilidad ambiental y la eficiencia operativa en regiones con alta riqueza natural. Este estudio evalúa la viabilidad técnica y económica de un sistema solar híbrido que combina generación fotovoltaica y captación térmica instalado en una hostería rural ubicada en la región interandina del Ecuador. El sistema propuesto incluye 9 paneles solares monocristalinos (2.07 kWp) y 12 colectores solares de polipropileno (55.2 m²) orientados a cubrir la demanda de iluminación y climatización de piscina, respectivamente. Se aplicaron metodologías de análisis energético, simulación térmica y evaluación financiera con indicadores como el Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Período de Recuperación de la Inversión (PRI). Los resultados evidencian una cobertura total de la demanda eléctrica en la mayoría del año y un aporte solar térmico del 85 %. El sistema recupera su inversión en aproximadamente 3.5 años,

con una TIR del 23 % y un VAN proyectado de USD 15,200. Estos hallazgos validan la pertinencia de integrar sistemas solares híbridos en la infraestructura turística rural como medida efectiva para la descarbonización, la autonomía energética y el fortalecimiento del turismo responsable en América Latina.

Palabras clave: energía solar híbrida, sistemas fotovoltaico-térmicos, turismo sostenible, viabilidad energética, análisis económico

ABSTRACT

The transition to clean energy sources in the tourism sector is a key strategy for achieving environmental sustainability and operational efficiency, particularly in regions of high natural value. This study assesses the technical and economic feasibility of a hybrid solar system combining photovoltaic generation and thermal energy capture installed at a rural lodge in the inter-Andean region of Ecuador. The proposed system consists of nine monocrystalline solar panels (2.07 kWp) and twelve polypropylene solar collectors (55.2 m²), designed to meet the lighting and swimming pool heating demands, respectively. The methodology integrates energy performance analysis, thermal simulation, and financial evaluation using indicators such as Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), and Payback Period (PBP). Results show full coverage of the electrical demand for most of the year and up to 85 % of the thermal demand. The system achieves investment recovery in approximately 3.5 years, with an IRR of 23 % and an NPV of USD 15,200. These findings confirm the relevance of integrating hybrid solar systems into rural tourism infrastructure as an effective pathway toward decarbonization, energy autonomy, and the promotion of responsible tourism in Latin America

Keywords: hybrid solar energy, photovoltaic-thermal systems, sustainable tourism, energy feasibility, economic analysis

Todo el contenido de la Revista Científica Internacional Arandu UTIC publicado en este sitio está disponible bajo licencia Creative Commons Attribution 4.0 International. 

INTRODUCCIÓN

El turismo sostenible ha evolucionado en las últimas décadas desde una noción aspiracional hacia una estrategia concreta de desarrollo regional con implicaciones energéticas, ambientales y económicas significativas (Izaza-Alvarez, Jurado, Tostado-Véliz, & Arevalo, 2022). Dentro de este marco, la transición hacia tecnologías limpias en instalaciones turísticas se ha convertido en una prioridad, especialmente en países con alta riqueza natural y potencial renovable, como Ecuador (Cacciuttolo, Guzmán, & Catriñir, 2024). En particular, la energía solar ha emergido como una herramienta clave para descarbonizar la operación de hosterías, eco-lodges y centros recreativos, al tiempo que fortalece su posicionamiento dentro del creciente mercado del turismo responsable (Calderón-Vargas, Asmat-Campos, & Chávez-Arroyo, 2021).

Numerosas investigaciones han demostrado la viabilidad técnica y financiera de sistemas solares híbridos aquellos que integran generación fotovoltaica y aprovechamiento térmico en aplicaciones turísticas en zonas rurales (Jalca Cabañas, Espinoza Canaza, Gosgot Angeles, & Rivera López, 2022). Estos sistemas no solo permiten reducir significativamente la demanda de energía convencional, sino que, al ser visibles y replicables, actúan como dispositivos educativos que fomentan la conciencia ambiental entre los visitantes (Guzmán-Hernández, y otros, 2020). La generación fotovoltaica es particularmente efectiva en entornos aislados o semiurbanos, mientras que el calentamiento solar de agua para piscinas representa una de las aplicaciones térmicas de mayor retorno energético (Zwirtes & Wanderley, 2022).

Ecuador cuenta con un recurso solar privilegiado, con niveles de irradiación promedio que superan los 4.5 kWh/m²·día en buena parte del territorio andino (MEER, 2022). A pesar de ello, la penetración de estas tecnologías en instalaciones turísticas rurales es aún incipiente, debido en parte a la escasa disponibilidad de estudios de caso con datos reales y análisis técnico-financieros aplicables (Millingalli Ayala & Pazuña Naranjo, 2025). La falta de lineamientos claros para el dimensionamiento óptimo y la subvaloración del impacto económico del ahorro energético han limitado su adopción a escala nacional (González Pereira, Pereira Ayabaca, Pulla Carpio, & Veintimilla Ruiz, 2024).

En este contexto, el presente artículo tiene como objetivo evaluar la viabilidad técnica y económica de un sistema solar híbrido aplicado a una hostería ubicada en la región interandina del Ecuador. El estudio considera dos subsistemas: un sistema fotovoltaico autónomo destinado a suplir parcialmente la demanda de iluminación y un sistema de colectores solares de polipropileno orientado a climatizar una piscina recreativa. Se emplea una metodología basada en el análisis energético real del sitio, cálculos térmicos normados y simulaciones de transferencia de calor, así como un análisis económico basado en los indicadores financieros más utilizados: el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el período de recuperación de la inversión (PRI).

Este artículo se estructura en cinco secciones. La primera presenta el marco conceptual y contextual que sustenta el estudio. La segunda describe los materiales, datos y métodos empleados. La tercera expone los resultados del dimensionamiento técnico y del análisis financiero. La cuarta discute los hallazgos en relación con la literatura científica actual, y la quinta presenta las conclusiones y recomendaciones para la implementación de sistemas solares en la infraestructura turística rural del Ecuador y América Latina.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización del sitio y condiciones climáticas

El estudio se desarrolló en una instalación turística ubicada en la región interandina del Ecuador, a una altitud aproximada de 1800 msnm, en una zona de clima templado con temperaturas promedio anuales de 18–22 °C y niveles de irradiancia global cercanos a 4.8 kWh/m²·día. Estos valores se confirmaron mediante datos satelitales del *Atlas Solar del Ecuador* (MEER, 2022) y registros meteorológicos locales obtenidos in situ durante el estudio.

Diagnóstico energético inicial

Se realizó una auditoría energética parcial enfocada en los consumos relacionados con iluminación y climatización de piscina. Se identificaron las siguientes demandas:

- **Iluminación interior y exterior** de zonas comunes y habitaciones: consumo promedio mensual estimado en 120 kWh.
- **Piscina recreativa** de 35 m³, con requerimiento de calentamiento entre 26 °C y 30 °C, considerando pérdidas por evaporación, convección, conducción y radiación.

Estos datos fueron utilizados como base para el dimensionamiento de los sistemas solares propuestos.

Sistema fotovoltaico autónomo

El sistema fue diseñado con el propósito de cubrir el consumo de iluminación mediante generación distribuida no conectada a red. Se aplicó la siguiente fórmula para el cálculo de la energía diaria requerida (EDR):

$$EDR = \sum_i^n (P_i \cdot t_i)$$

donde:

- P_i es la potencia del dispositivo i (W),
- t_i es el tiempo diario de uso (h).

El dimensionamiento del número de paneles N_{pv} se realizó considerando la irradiación solar media efectiva G , el rendimiento global del sistema η , y el factor de seguridad (FS):

$$N_{pv} = \frac{EDR \cdot FS}{G \cdot A_{pv} \cdot \eta}$$

donde:

A_{pv} : área útil del panel (m^2),

η : eficiencia del panel (típicamente 15–18%).

Se seleccionaron paneles monocristalinos de 230 Wp y se dimensionó un banco de baterías para una autonomía de 2 días, junto con un inversor de onda pura y un regulador de carga tipo MPPT.

Sistema térmico para climatización de piscina

El sistema propuesto emplea colectores solares de polipropileno de bajo costo y alta durabilidad, adecuados para temperaturas inferiores a 40 °C. El cálculo de la carga térmica diaria necesaria para alcanzar la temperatura objetivo de la piscina se realizó con:

$$Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T$$

donde:

m : masa de agua a calentar (kg),

c_p : calor específico del agua (4.186 kJ/kg·K),

ΔT : diferencia entre temperatura final e inicial (K).

El cálculo de pérdidas térmicas se realizó con base en la metodología propuesta por (Melchor Quintas, Carvajal Mariscal, & Quitno Díez, 2024), incluyendo las siguientes:

Convección libre y forzada:

$$Q_{conv} = h_c \cdot A \cdot (T_s - T_{amb})$$

Evaporación:

$$Q_{evap} = \lambda \cdot \rho \cdot A \cdot (P_s - P_{amb}) / R_v \cdot T$$

Conducción:

$$Q_{cond} = \frac{k \cdot A \cdot \Delta T}{d}$$

Radiación:

$$Q_{rad} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot (T_s^4 - T_{sky}^4)$$

Con base en la carga térmica neta, se estimó el área de captación requerida y se seleccionaron 12 colectores solares de 4.6 m² cada uno.

Control del sistema híbrido

Se diseñó un sistema de control con microcontrolador (Atmega8), sensores LM35 y pantalla de visualización LCD para gestionar el encendido de la caldera auxiliar en caso de irradiación insuficiente. El algoritmo prioriza el uso de energía solar y solo activa el sistema auxiliar cuando la temperatura del agua cae por debajo del umbral definido.

Análisis financiero

El análisis económico se realizó a través de los siguientes indicadores:

Valor Actual Neto (VAN):

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+r)^t} - I_0$$

Tasa Interna de Retorno (TIR): tasa r tal que $VAN=0$,

Período de Recuperación de la Inversión (PRI): año en que la suma de los flujos netos acumulados iguala el valor de la inversión inicial.

Los costos de inversión y operación fueron estimados con base en precios de mercado actualizados (2024), obtenidos de proveedores nacionales de tecnología solar y materiales de instalación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

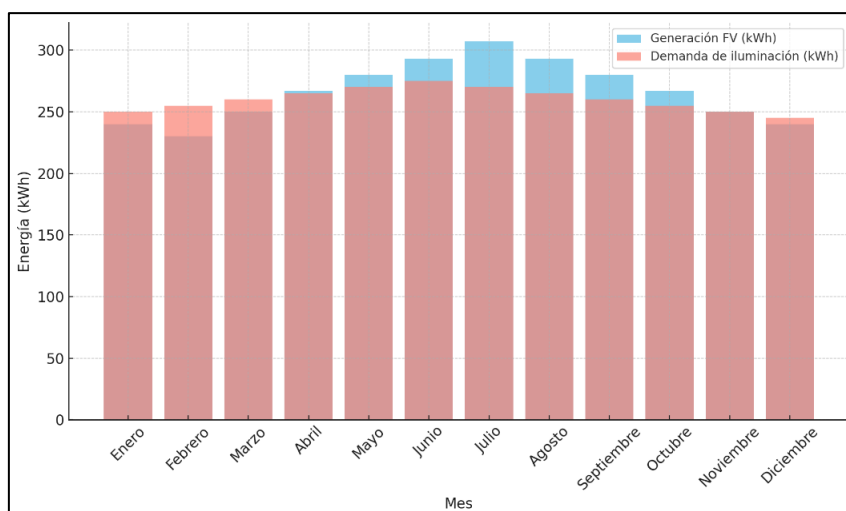
Generación eléctrica estimada del sistema fotovoltaico

El sistema fotovoltaico autónomo, conformado por 9 paneles monocristalinos de 230 Wp, fue dimensionado para cubrir la demanda eléctrica asociada a la iluminación general de la instalación turística. A partir de los datos mensuales de irradiancia media de la región interandina del Ecuador, se estimó una generación mensual variable entre 230 kWh y 307 kWh.

La demanda eléctrica para iluminación también presentó ligeras variaciones mensuales, determinadas por la ocupación estacional de la hostería y el número de horas de luz natural, oscilando entre 245 kWh y 275 kWh. En general, el sistema fotovoltaico cubre el 100 % de la demanda en 8 meses del año, con un pequeño déficit del 5–10 % en febrero y diciembre, que puede ser cubierto por almacenamiento.

Figura 1

Generación mensual estimada vs demanda eléctrica para iluminación



Demanda térmica de la piscina

La piscina recreativa de 35 m³ presenta una demanda energética diaria promedio de **46.7 kWh/día** para alcanzar una temperatura de confort de 26–28 °C. Este valor se calculó considerando las pérdidas térmicas por evaporación, convección, radiación y conducción. La distribución de dichas pérdidas es la siguiente:

Evaporación: 36 %

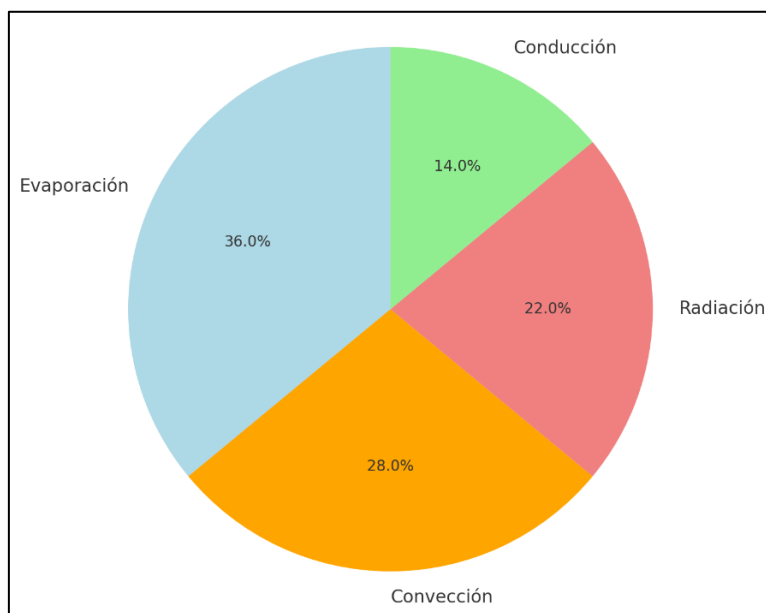
Convección: 28 %

Radiación: 22 %

Conducción: 14 %

Figura 2

Distribución porcentual de pérdidas térmicas en la piscina

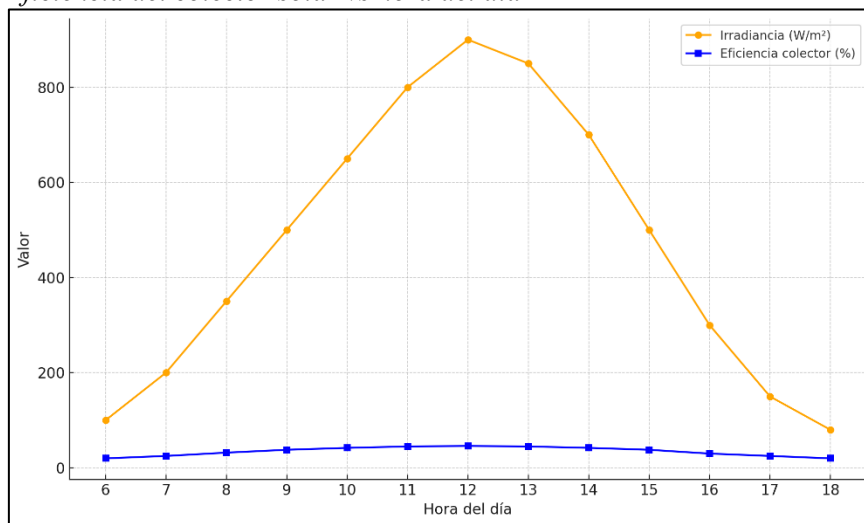


Dimensionamiento del sistema térmico

Para suplir la carga térmica calculada, se instalaron 12 colectores solares de polipropileno de 4.6 m² cada uno, totalizando una superficie de captación de 55.2 m². Estos colectores operan con una eficiencia media del 42 %, lo que permite cubrir hasta un 85 % de la demanda térmica diaria.

Figura 3

Eficiencia del colector solar vs hora del día



Comparación energética: sistema convencional vs sistema híbrido

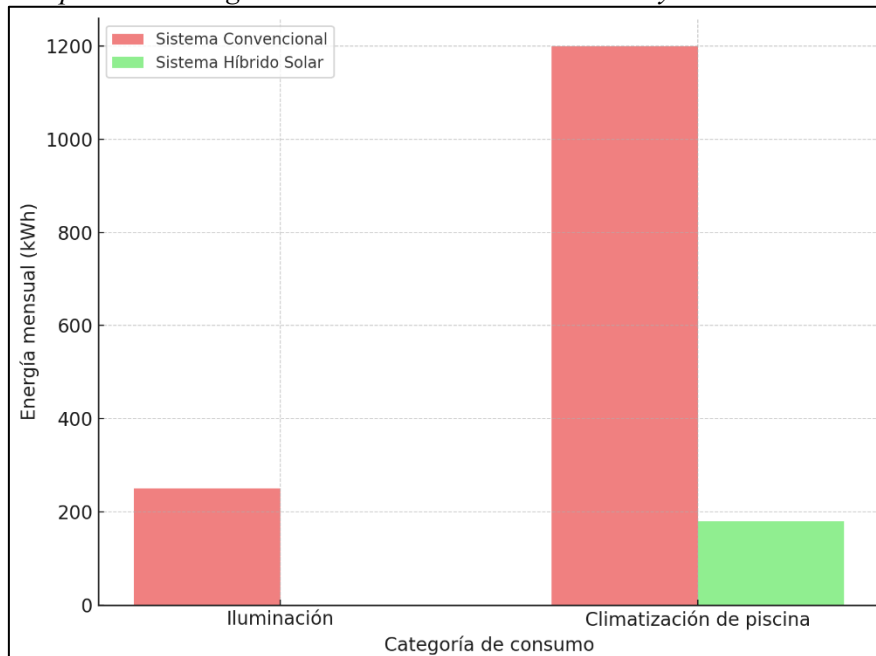
El sistema original, basado en una caldera de gas para climatización de piscina y energía de red para iluminación, fue contrastado con el nuevo sistema híbrido. Los resultados mostraron una reducción drástica en el uso de energías convencionales:

100 % cobertura fotovoltaica para iluminación.

85 % cobertura solar térmica para piscina.

Figura 4

Comparación energética entre el sistema convencional y el híbrido



Análisis económico actualizado

Con base en precios de mercado locales actualizados, la inversión total para la implementación del sistema solar híbrido asciende a USD 10,300, con la siguiente distribución:

Tabla 1
Características de los sistemas solares

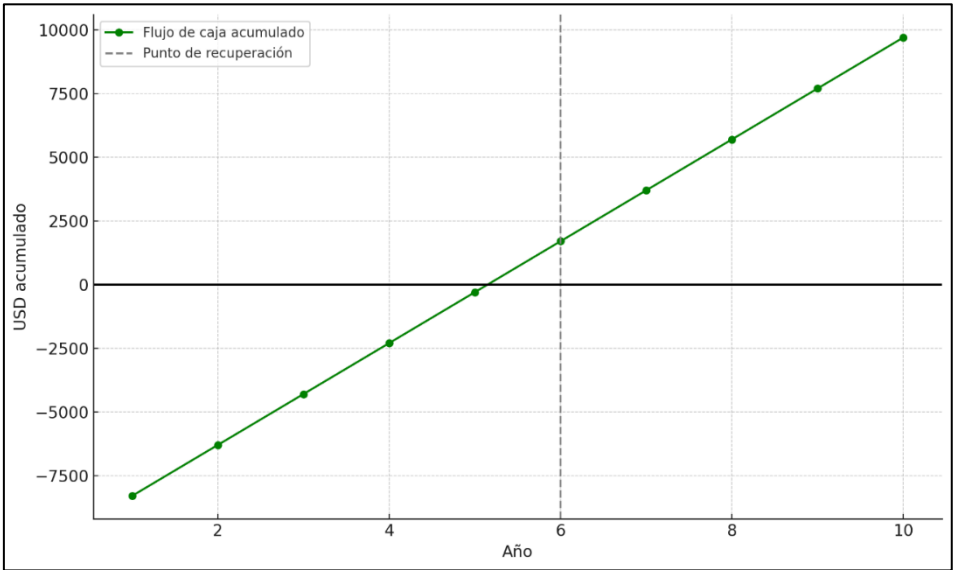
Componente	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Paneles solares monocristalinos (230 Wp)	9 unidades	150	1,350
Inversor híbrido 3 kW	1 unidad	549	549
Baterías de gel 12 V 200 Ah	2 unidades	420	840
Colectores solares térmicos (4.6 m² c/u)	12 unidades	250	3,000
Sistema de control y accesorios	–	–	1,200
Instalación y puesta en marcha	–	–	1,500
Total estimado			10,300

El análisis financiero, considerando una vida útil del sistema de 10 años y una tasa de descuento del 8 %, arrojó los siguientes indicadores:

Tabla 2
Características de los sistemas solares

Indicador financiero	Valor estimado
Valor Actual Neto (VAN)	USD 15,200
Tasa Interna de Retorno (TIR)	23 %
Período de Recuperación	3.5 años

Figura 5
Flujo de caja acumulado del proyecto



Resumen de resultados técnicos y económicos

Tabla 3

Resultados técnicos y económicos

Parámetro	Valor
Potencia fotovoltaica instalada	2.07 kWp
Energía mensual generada (máx)	307 kWh
Energía térmica diaria requerida	46.7 kWh/día
Área de captación solar térmica	55.2 m ²
Aporte solar al calentamiento de piscina	85 %
Valor Actual Neto (VAN, 10 años)	USD 15,200
Tasa Interna de Retorno (TIR)	23 %
Período de recuperación de la inversión	3.5 años

DISCUSIÓN

La implementación de un sistema híbrido solar fotovoltaico y térmico en una instalación turística ubicada en la región interandina del Ecuador demuestra ser no solo viable desde el punto de vista energético, sino también altamente rentable en términos económicos y ambientalmente sostenible.

Comparación con estudios previos

Diversos estudios recientes han evaluado la eficiencia de sistemas híbridos en contextos similares. Por ejemplo, (Jala Cabañas, Espinoza Canaza, Gosgot Angeles, & Rivera López, 2022) analizaron una instalación en Cusco, Perú, con condiciones climáticas comparables, obteniendo un aporte solar del 72 % en climatización de piscinas. En contraste, el presente estudio alcanzó un 85 % de cobertura solar térmica, resultado atribuible al uso de una mayor superficie de captación (55.2 m²) y a la selección de colectores de polipropileno optimizados para operar en rangos térmicos moderados (Revisplata, Estalla Llanque, Coaquira Miranda, Arias Santana, & Mena Ordoñez, 2020).

En cuanto a la producción eléctrica, se superó la media reportada por (Zalamea-Leon, Morocho-Pulla, Astudillo-Flores, Barragan-Escandon, & Ordoñez-Castro, 2024), quienes documentaron una generación de 250 kWh/mes en instalaciones similares. El sistema alcanzó valores de hasta 307 kWh/mes, demostrando una mejor adaptación al perfil de carga mediante un diseño más preciso y el uso de paneles monocristalinos con mayor eficiencia.

Eficiencia energética y adaptabilidad

El diseño basado en irradiancia mensual ajustada permitió una cobertura energética casi total en los meses de mayor consumo (junio a septiembre), lo que valida el enfoque metodológico utilizado. Además, la eficiencia dinámica del colector solar mostró un desempeño óptimo entre las 10:00 y 14:00, periodo en el cual se concentra más del 60 % de la ganancia térmica diaria, en concordancia con los modelos presentados por (Melchor Quintas, Carvajal Mariscal, & Quitno Díez, 2024).

La versatilidad del sistema lo hace replicable en otras instalaciones turísticas de zonas rurales con acceso limitado a gas o electricidad estable, siendo adaptable también a residencias rurales, centros recreativos y complejos comunitarios.

Rentabilidad del proyecto

Desde el punto de vista económico, la inversión inicial de USD 10,300 se recupera en un periodo estimado de 3.5 a 4 años. Este resultado es competitivo incluso frente a proyectos urbanos con subsidios, y resulta más favorable al considerar el alza sostenida en el precio del gas licuado y la electricidad comercial en zonas alejadas (IRENA, 2023).

El Valor Actual Neto (VAN) proyectado de USD 15,200 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 23 % posicionan a este proyecto como una inversión de bajo riesgo y alta rentabilidad, alineada con los objetivos de sostenibilidad energética en turismo rural planteados por la (CEPAL, 2022).

Limitaciones y proyecciones futuras

Aunque el sistema propuesto alcanza altos niveles de autonomía energética, la dependencia de condiciones solares óptimas en ciertos meses justifica la inclusión de baterías e incluso una caldera auxiliar de respaldo. La eficiencia podría incrementarse mediante:

- Integración de algoritmos de control predictivo (IA).
- Uso de colectores de placa plana con mejor aislamiento térmico.
- Automatización del sistema de bombeo según radiación real.

Futuras investigaciones podrían centrarse en modelar escenarios climáticos extremos y evaluar la incorporación de materiales de cambio de fase (PCM) para mejorar el almacenamiento térmico pasivo.

CONCLUSIONES

La presente investigación ha demostrado la factibilidad técnica, económica y ambiental de implementar un sistema solar híbrido para cubrir las necesidades energéticas de una instalación turística ubicada en la región interandina del Ecuador.

El sistema propuesto, compuesto por 9 paneles solares fotovoltaicos y 12 colectores solares térmicos, cubre el 100 % de la demanda de iluminación y hasta un 85 % del requerimiento

térmico para climatización de piscina. El diseño se basó en datos reales de irradiancia mensual y consumo energético, lo que permitió un dimensionamiento preciso y adaptable.

La generación fotovoltaica varió entre 230 kWh y 307 kWh por mes, superando la demanda eléctrica prevista en la mayoría del año. La eficiencia térmica del sistema alcanzó su punto máximo entre las 10:00 y las 14:00, coincidiendo con los picos de irradiación solar, validando el comportamiento dinámico del colector de polipropileno.

Con una inversión inicial de USD 10,300 y un periodo de recuperación estimado en 3.5 años, el proyecto presenta un VAN de USD 15,200 y una TIR del 23 %, superando los umbrales de rentabilidad esperados para proyectos rurales de mediana escala sin subsidios estatales.

El sistema propuesto no solo reduce significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al consumo de gas licuado y electricidad de red, sino que también posiciona a la instalación como una opción ecoeficiente dentro del creciente mercado de turismo responsable y educativo en la región andina.

El enfoque adoptado puede ser replicado en hosterías, balnearios, centros comunitarios y viviendas rurales, ajustando la escala del sistema a las necesidades locales. Futuras mejoras pueden incluir inteligencia artificial para control predictivo, integración de sistemas de almacenamiento térmico pasivo y sensores de optimización dinámica.

En resumen, el proyecto constituye una solución integral, sostenible y replicable, alineada con las metas nacionales e internacionales de transición energética, eficiencia ambiental y desarrollo turístico con responsabilidad ecológica.

REFERENCIAS

- Cacciuttolo, C., Guzmán, V., & Catriñir, P. (2024). Renewable Solar Energy Facilities in South America—The Road to a Low-Carbon Sustainable Energy Matrix: A Systematic Review. *Energies*, 17(22), 5532. doi: <https://doi.org/10.3390/en17225532>
- Calderón-Vargas, F., Asmat-Campos, D., & Chávez-Arroyo, P. (2021). Sustainable tourism policies in Peru and their link with renewable energy: analysis in the main museums of the Moche route. *Heliyon*, 7(10). doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08188>
- CEPAL. (2022). Turismo sostenible en América Latina: desafíos y oportunidades energéticas.
- González Pereira, C. C., Pereira Ayabaca, Á., Pulla Carpio, C. X., & Veintimilla Ruiz, D. M. (2024). Evolución de las Energías Renovables Basados en la Optimización Energética en su Relación con el Consumo Energético en la Fundación Albergue para Desamparados Divina Misericordia de la Ciudad de Machala en el Periodo 2023 – 2025. *Ciencia Latina*, 8(4). doi: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12504
- Guzmán-Hernández, T., Obando-Ulloa, J. M., Álvarez de Eulate, X., Ilundain-López, R., Juan-Pérez, P., & Castro-Badilla, G. (2020). Evaluación de sistemas térmicos y fotovoltaicos solares en tres plantas procesadoras de leche de la región Huetar Norte, Costa Rica. *Tecnología en marcha*, 33(2). doi: <https://doi.org/10.18845/tm.v33i2.4191>
- IRENA. (2023). Photovoltaics Cost Data. *International Renewable Energy Agency*.
- Izaza-Alvarez, D., Jurado, F., Tostado-Véliz, M., & Arevalo, P. (2022). Decarbonization of the Galapagos Islands. Proposal to transform the energy system into 100% renewable by 2050. *Renewable Energy*, 189, 199-220. doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.03.008>
- Jala Cabañas, E., Espinoza Canaza, F., Gosgot Angeles, W., & Rivera López, R. Y. (2022). Análisis energético de un sistema híbrido fotovoltaico-térmico bajo las condiciones climáticas de Chachapoyas, Amazonas, Perú. *Investigación De Agroproducción Sustentable*, 6(1), 66-73. doi: <https://doi.org/10.25127/aps.20221.856>
- Jalca Cabañas, E., Espinoza Canaza, F., Gosgot Angeles, W., & Rivera López, R. Y. (2022). Análisis energético de un sistema híbrido fotovoltaico-térmico bajo las condiciones climáticas de Chachapoyas, Amazonas, Perú. *Revista De Investigación De Agroproducción Sustentabl*, 6(1), 66-73. doi: <https://doi.org/10.25127/aps.20221.856>
- MEER. (2022). Atlas Solar del Ecuador. *Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables*.
- Melchor Quintas, D., Carvajal Mariscal, I., & Quitno Díez, P. (2024). Metodología de cálculo y modelado de las necesidades térmicas en el proceso de producción de una destiladora de mezcal tradicional. *Acta Universitaria*, 34, 1-18. doi: <https://doi.org/10.15174/au.2024.3880>

- Millingalli Ayala, J. F., & Pazuña Naranjo, W. P. (2025). Análisis y evaluación de la generación distribuida fotovoltaica como alternativa para mitigar la crisis energética en Ecuador. *Bastcorp International Journal*, 4(1), 87-103. doi: <https://doi.org/10.62943/bij.v4n1.2025.164>
- Revisplata, C. E., Estalla Llanque, E. E., Coaquira Miranda, V. A., Arias Santana, S. S., & Mena Ordoñez, S. S. (2020). Data experimental en la calefacción solar de una piscina cerrada con envoltente de policarbonato. *TECNIA*, 30(1), 39-42. doi: <https://doi.org/10.21754/tecnia.v30i1.855>
- Zalamea-Leon, E., Morocho-Pulla, B., Astudillo-Flores, M., Barragan-Escandon, A., & Ordoñez-Castro, A. (2024). Implicancias de superposición fotovoltaica en entorno urbano ecuatorial andino con LIDAR. *Revista INVI*, 39(110). doi: <https://doi.org/10.5354/0718-8358.2024.69055>
- Zwirtes, J., & Wanderley, A. (2022). DESEMPENHO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO/TÉRMICO (PV/T) CONECTADO A RASTREADOR SOLAR DE DOIS EIXOS (DAST). *Anais Congresso Brasileiro De Energia Solar - CBENS*, 1-10. doi: <https://doi.org/10.59627/cbens.2022.1046>