

<https://doi.org/10.69639/arandu.v12i3.1593>

Evaluación de la verificación post instalación de la calidad y el rendimiento de sistemas fotovoltaicos conectados a red

Evaluación de la verificación post instalación de la calidad y el rendimiento de sistemas fotovoltaicos conectados a red

José Antonio Romero Paguay

jromero@uea.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-7870-2908>

Universidad Estatal Amazónica
Ecuador - Pastaza

David Sancho Aguilera

dsancho@uea.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-5625-4198>

Universidad Estatal Amazónica
Ecuador - Pastaza

María del Cisne Loján Carrión

mlojan@uea.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-5345-5859>

Universidad Estatal Amazónica
Ecuador - Quito

Andrea Yajaira Romero Pazmiño

ay.romerop@uea.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-6734-1040>

Universidad Estatal Amazónica
Ecuador - Quito

Artículo recibido: 18 agosto 2025 - Aceptado para publicación: 28 septiembre 2025
Conflictos de intereses: Ninguno que declarar.

RESUMEN

La presente investigación analizó el comportamiento real de un sistema fotovoltaico conectado a red, instalado en la Universidad Estatal Amazónica (UEA), con el propósito de verificar la calidad de su implementación y su rendimiento operativo en condiciones ambientales propias del entorno amazónico. Se adaptó un enfoque cualitativo y descriptivo, apoyado en el diseño no experimental de corte transversal, enmarcado dentro del paradigma positivista. El proceso metodológico se estructuró en cuanto fases, recopilación y sistematización de información técnica, Monitoreo continuo de parámetros operativo, Registro y análisis de incidencias técnicas y comparaciones con referencias internacionales. La evaluación post instalación del sistema fotovoltaico UEA500, compuesta por 1219 módulos de 410 Wp y una potencia nominal de 522 kWp, logró generar 9.5 MWh en 84 día de operación efectiva, a pesar de los eventos críticos de desconexión. Los datos recopilados evidenciaron una alta correspondencia entre el diseño teórico y la respuesta funcional

del sistema. El análisis de resultados permitió no solo validar su eficiencia energética, sino también resalta la importancia de integrar estrategias de monitoreo permanente y mantenimiento estructurado. Como conclusión se reafirma que la calidad de instalación y la capacidad técnica del equipo humano son determinantes para garantizar la estabilidad y sostenibilidad de este tipo de soluciones en regiones climáticamente exigentes.

Palabras clave: verificación post instalación, desempeño energético, sistemas fotovoltaicos conectados a red

ABSTRACT

This research analyzed the real behavior of a grid-connected photovoltaic system, installed at the Amazonian State University (UEA), in order to verify the quality of its implementation and its operational performance in environmental conditions typical of the Amazonian environment. A qualitative and descriptive approach was adapted, supported by a non-experimental cross-sectional design, framed within the positivist paradigm. The methodological process was structured in terms of phases, collection and systematization of technical information, continuous monitoring of operational parameters, recording and analysis of technical incidents and comparisons with international references. The post-installation evaluation of the UEA500 photovoltaic system, composed of 1219 modules of 410 Wp and a nominal power of 522 kWp, managed to generate 9.5 MWh in 84 days of effective operation, despite critical disconnection events. The data collected showed a high correspondence between the theoretical design and the functional response of the system. The analysis of results allowed not only to validate its energy efficiency but also highlights the importance of integrating permanent monitoring strategies and structured maintenance. In conclusion, it is reaffirmed that the quality of installation and the technical capacity of the human team are decisive to guarantee the stability and sustainability of this type of solutions in climatically demanding regions.

Keywords: post-installation verification, energy performance, grid-connected photovoltaic systems

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

La eficiencia energética representa un desafío central para el desarrollo sostenible en la región amazónica, donde los cambios climáticos y la irradiación solar imponen condiciones técnicas particulares para la gestión y aprovechamiento de la energía renovable, los sistemas solares conectados a red han despertado creciente interés institucional por su potencial para garantizar la autosuficiencia energética, reducir la dependencia de fuentes fósiles, y fomentar la autonomía operativa, particularmente en entornos con infraestructuras eléctricas inestables (Gómez Sarduy. 2012; Al-Zoubi et al., 2021). A nivel global, la energía solar ha demostrado su potencial para transformar la matriz energética. Sin embargo, este entorno geográfico también presenta desafíos técnicos relevantes, derivados de la variabilidad ambiental, la humedad persistente y la inestabilidad, el cual exige adaptar los modelos de monitoreo, verificación y mantenimiento a las condiciones ambientales y operativas locales (Assia & Fatima, 2025).

Sin embargo, la instalación de los paneles solares no asegura por sí sola una operación eficiente en zonas tropicales porque presenta retos singulares, pues factores como las precipitaciones intensas, y otras particularidades ambientales tropicales afectan tanto la vida útil de los módulos como la estabilidad de la generación eléctrica. La falta de procedimientos sistemáticos de verificación de post-instalación, el escaso seguimiento técnico y la ausencia de protocolos de mantenimiento comprometen la calidad del servicio energético y el retorno de la inversión, especialmente en proyectos desarrollados en las instituciones públicas de regiones tropicales (Carrera et al., 2024; Cacciuttolo, Guardia & Villicaña, 2024). La operatividad sostenible especializada requiere exigencia del personal técnico y el registro sistemático de las incidencias para optimizar las respuestas ante eventos críticos más que infraestructura (Delfin Portela et al., 2023).

Diversos estudios, la gestión eficiente de las de los sistemas fotovoltaicos conectados a red no solo repercuten en la confiabilidad del suministro eléctrico institucional, sino que también determina la capacidad de la organización para reducir la huella de carbono y responder a las crecientes demandas de sostenibilidad. Fuster- Palop et al. (2022) analizaron que las plantas solares de 50 MW en España, están destacando la relevancia del mantenimiento predictivo para alcanzar rendimientos sostenidos. Por su parte, Dembélé et al. (2025) identificaron en Mali que la trazabilidad de fallos y la capacitación de los técnicos encargados son esenciales en zonas de clima extremo. En América Latina, Gómez Sarduy (2021) documentó cómo la sistematización de incidencias en las plantas solares cubanas permite mejorar los indicadores de producción anual, reforzando así la resiliencia operativa, con estos antecedentes se consolida una base empírica para pensar en la verificación post instalación como parte integral del ciclo de vida de un sistema fotovoltaico.

Ante esta problemática, el objetivo de evaluar el impacto de las estrategias de monitoreo, verificación y mantenimiento sobre la eficiencia operativa y el rendimiento del sistema fotovoltaico UEA500, implementado en la Universidad Estatal Amazónica (UEA). A partir de un enfoque cuantitativo-descriptivo, se busca responder a la pregunta ¿Cómo inciden los procesos de seguimiento técnico en el desempeño del funcionamiento energético del sistema frente a las condiciones ambientales de la región amazónica?, a través de la evaluación de sus indicadores operativos bajo condiciones reales de funcionamiento en la Universidad Estatal Amazónica, este análisis aspira no solo a validar el rendimiento actual de las plantas que se encuentran en los diferentes bloques, sino también a generar recomendaciones que sean aplicables en futuras instalaciones en contextos similares.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio adopta el enfoque cuantitativo, con el diseño descriptivo no experimental y transversal, orientado al análisis técnico-operativo del sistema fotovoltaicos UEA500 conectado a la red, emplazado en la UEA, ubicada en la provincia de Pastaza, Ecuador. La metodología se estructuró estudio de caso instrumental, cuya unidad de análisis corresponde a la totalidad de los paneles solares instalados como módulos, inversores, protecciones y monitoreo.

El proceso metodológico se desarrolló en cuatro fases cardinales:

1. Recopilación y sistematización de información técnica.
2. Monitoreo continuo de parámetros operativo.
3. Registro y análisis de incidencias técnicas
4. Comparaciones con referentes internacionales.

En la primera fase, se procedió a la identificación, clasificación y verificación de las especificaciones técnicas de los componentes nodales, los módulos de Belga Solar Full Black de 410 Wp, inversores Growatt MAC/MAX, protecciones eléctricas y demás elementos del sistema. Se verificó la correspondencia entre los parámetros de diseño y las características de los equipos instalados mediante el análisis de manuales técnicos del fabricante, fichas de especificaciones, planos de instalación y documentación de obra, garantizando la integración de la configuración eléctrica y la conformidad de normativa nacional e internacional.

En la segunda fase, se estableció un protocolo de monitoreo permanente, utilizando los datos generados por el sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) y las interfaces de monitoreo locales, con registros diarios de la potencia instantánea, producción energética acumulada, estado de los inversores y las ocurrencias de fallo de la producción energética diaria y acumulada, mediante frecuencia de muestreo diario durante el periodo de 84 días, lo que permitió la construcción de series cronológicas y el análisis de la variabilidad operativa.

La tercera fase se realizó el registro sistemático de incidencias operativas, evaluando su magnitud, frecuencia, duración, y respuesta técnica, en el cual se emplearon como instrumentos de registros, la bitácora de operación de la planta, informes técnicos de mantenimiento y de los registros históricos del sistema de monitoreo, verificando la trazabilidad de los eventos que permitió la evaluación de la eficacia de las intervenciones ejecutadas.

Finalmente, la cuarta fase contempló un análisis comparativo de rendimiento mediante la estimación de los indicadores de producción específica anual ($\text{kWh/kWp} \cdot \text{año}$), efectuándose la confrontación minuciosa de los resultados obtenidos en los sistemas fotovoltaico con benchmarks en América Latina, Europa y África. Se calcularon la producción específica anual y otros indicadores de desempeño, que fueron contrastados con valores reportados por sistemas fotovoltaicos de diversas escalas y ubicaciones climáticamente. Esta comparación se fundamentó en la revisión de artículos académicos., informes técnicos y bases de datos especializadas, asegurando la robustez y fiabilidad de las interpretaciones. La metodología aplicada. permitió validar los resultados alcanzados por la planta UEA500, el tratamiento y procesamiento de datos permitió identificar áreas susceptibles de mejora y formular recomendaciones orientadas a la optimización de los esquemas de gestión, operación y mantenimiento en sistemas fotovoltaicos analógicos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El sistema fotovoltaico UEA500, implementado en la Universidad Estatal Amazónica (UEA), demostró un rendimiento operativo conforme a los parámetros técnicos establecidos en el diseño ejecutivo; la instalación consta 1219 módulos de Belga Solar Full Black de 410 Wp, configurados para maximizar la captación de irradiancia en el entorno amazónico, alcanzando una potencia nominal total de 500KWp. Los inversores seleccionados, modelos Growatt MAC y MAX fueron incorporados por su eficiencia y compatibilidad con la infraestructura eléctrica institucional y por su desempeño comprobado mediante normativa internacional, estimándose una vida útil superior a 25 años gracias a la calidad de los materiales. Lo cual refuerza la viabilidad tecnológica no solo garantiza la generación eléctrica prevista, sino que también fortalece la formación del personal técnico y la transferencia de conocimiento hacia sectores regionales, como se detalla en la tabla 1.

Tabla 1*Datos generales del sistema fotovoltaico UEA500*

Variable	Valor
Ubicación	Universidad Estatal Amazónica, Pastaza, Ecuador
Capacidad Instalada	500kWp
Tipo de panel	Belga Solar Black 410 Wp
Cantidad de paneles	1219 aproximadamente
Tipo de inversores	Growatt MAC / MAX
Vida útil esperada	Más de 25 años

Fuente: Información técnica del proyecto UEA500 (2024)

Este conjunto tecnológico no solo garantiza la generación eléctrica proyectada, sino que también actúa como un laboratorio vivió para la formación técnica especializada y la transparencia de conocimiento a sectores productivos regionales.

El análisis técnico de los módulos evidenció una potencia máxima de 410 W, con un voltaje operativo del 31,44 V y corriente de 13,06 A, tal como se resumen en la tabla 2. Los valores de circuito abierto y cortocircuito alcanzaron 37,46 V y 13,75 A, respectivamente. El coeficiente térmico de potencia de - 0.39 % °C confiere estabilidad ante condiciones térmicas adversas. Las certificaciones IEC 61215/61730 y la garantía lineal del 85% a 25 años respaldan la fiabilidad y longevidad del sistema.

Tabla 2*Especificaciones técnicas de los módulos fotovoltaicos Belga Solar*

Parámetro	Valor
Potencia máxima (Pmax)	410 W
Voltaje MPP (Umpp)	31.44 V
Corriente MPP (Impp)	13.06 A
Voltaje circuito abierto	37.46 V
Corriente cortocircuito	13.75 A
Coeficiente temperatura	-039% °C
certificados	IEC 61215/61730
Garantía línea	85% a 25 años

Fuente: Hoja técnica del fabricante Belga Solar (2024)

Estos parámetros validan la confiabilidad tecnológica del sistema frente a los desafíos climáticos de la región amazónica, donde la variabilidad térmica y la alta humedad podrían comprometer a los sistemas de menor calidad.

Durante junio de 2025 se registró una contingencia operativa relevante, el 20 de junio se produjo la desconexión total de los inversores, prologándose parcialmente hasta el 29, cuando se

reestablecieron dos unidades, según se indica en la tabla 3. Este evento redujo la disponibilidad y afecto de la curva de generación mensual, subrayando la necesidad de fortalecer los protocolos de mantenimiento y respuesta ante incidencias.

Tabla 3

Incidencias operativas registradas en junio de 2025

Fecha	Evento
20/06/2025	Desconexión total de inversores
20/29/2025	Reconexión de 2 inversores (bloque D)

Fuente: Registro operativo de la planta fotovoltaica.

Este tipo de evento pone en evidencia la necesidad e fortalecer los protocolos de respuesta técnica y establecer procedimientos automatizados de reconexión para mitigar pérdidas productivas.

Durante el periodo continuo de 84 días de operación, la planta alcanzó una generación total de 9.5 MWh, con un pico de producción diaria de 313.1 kWh y un valor máximo mensual de 318.6 kWS, la potencia instantánea máxima fue de 144,3 kW, y se mantuvo la operatividad de los ocho inversores en funcionamiento activo, como se observa en la tabla 4.

Tabla 4

Parámetros de operación del sistema UEA500 (ultimo registro visualizado)

Parámetro	Valor
Energía total	9.5 MWk
Energía del día	313.10 kWh
Energía mensual	318.6 kWh
Potencia instantanea	144.3 kW
Dias de operación	84
Inversores operativos	8 de 8

Fuente: Sistema de monitoreo UEA500, junio de 2025.

Estos datos confirman que. Pese a las incidencias registradas, la planta logró mantener su operatividad integral, lo cual refleja una adecuada planificación en su diseño eléctrico y una rápida capacidad de recuperación técnica.

En términos de comparación internacional, el rendimiento energético específico anual del sistema UEA500 se ubicó en un rango intermedio internacional de producción específica anual, por debajo de proyectos en zonas de alta irradiancia como Perú (3037 kWh/kWp*año) y México (2416), y por encima de las instalaciones en climas templados como Dinamarca (876) o Cuba (1261), de acuerdo con los datos presentados en la tabla 5. Esto demuestra la importancia de las condiciones climáticas locales, así como de la disponibilidad operativa sostenible y el mantenimiento son determinantes, para optimizar la producción energética.

Tabla 5
Producción específica de sistemas fotovoltaicos internacionales

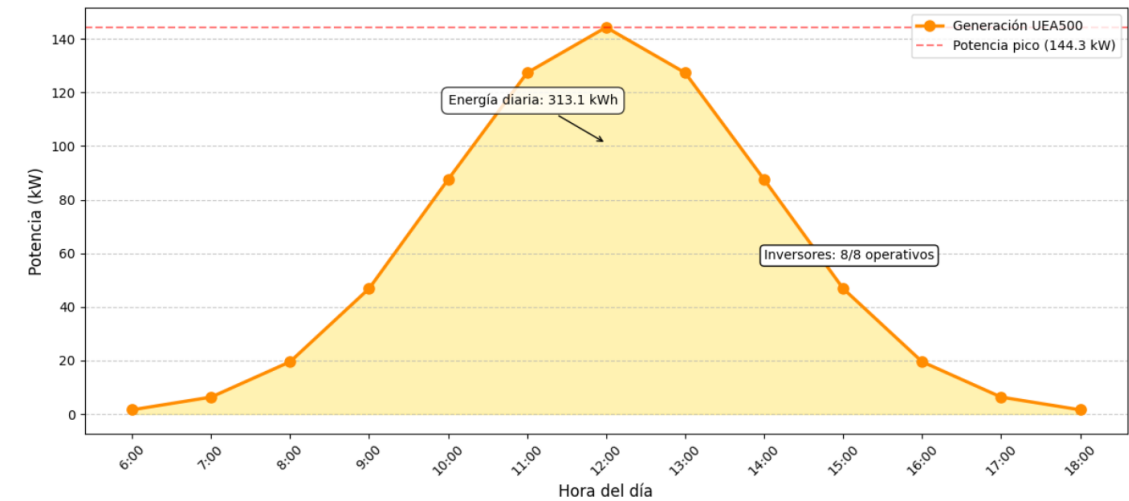
Proyecto	Tabla		
	Potencia (kWp)	Ebnergia annual (MWh)	Producción específica (kWh/kWp*año)
Mali	50,000	90,885	1,818
Perú	144,800	440,000	3,037
México	828,000	2,000,000	2,416
Cuba	118	148,7	1,261
Brasil	12,5	20,59	1,647
Dinamica	98	85,8	876
Uruguay	80	126,6	1,582

Fuente: estudios internacionales y regionales (2021-2025)

Esta comparación subraya que la eficiencia anual no solo depende de la tecnología empleada, sino también de variables contextuales como la irradiancia, la gestión de mantenimiento y la respuesta ante fallas.

Tal como se observa en la figura 1, la curva diaria de generación eléctrica pone de manifiesto la distribución horario características de la producción energía del sistema UEA500 durante una jordana representativa de operación. Este perfil revela un incremento gradual de la potencia en las primeras horas matutinas, un apogeo próximo al meridiano y una declinación paulatina hacia el ocaso, reflejando así la incidencia directa de la irradiancia solar sobre la respuesta dinámica del conjunto de inversores y la eficiencia global del sistema.

Figura 1
Curva diaria de generación de energía del sistema fotovoltaico UEA500 durante un día típico de operación

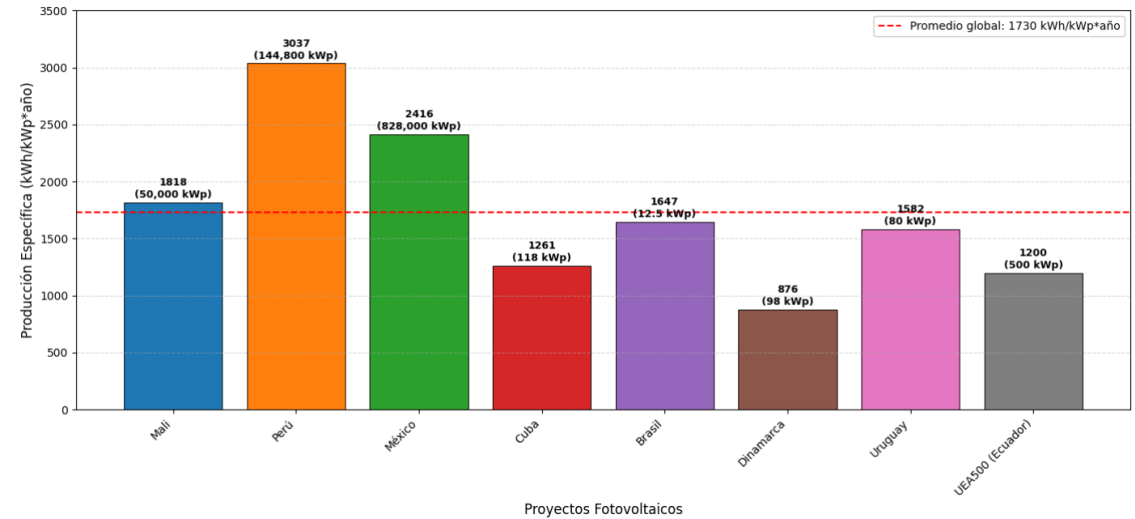


Fuente: Sistema de monitoreo UEA500, junio de 2025.

La figura 2 permite comparar la producción específica anual de UEA500 con diversos sistemas internacionales, se aprecia que el rendimiento registrado en la plata se sitúa en un rango intermedio respecto a infraestructuras ubicadas en contextos de alta y baja irradiancia, lo que confirma la influencia del clima, la operación continua y la calidad del mantenimiento sobre los resultados energéticos.

Figura 2

*Comparación internacional de la producción específica anual del sistema fotovoltaico UEA500 (kWh/kWp * años)*



Fuente: Elaboración propia con base en la tabla 5.

DISCUSIÓN

La verificación post instalación del sistema fotovoltaico UEA500 revela que los parámetros de rendimiento alcanzado responden a la precisión técnica y a la rigurosidad metodológica empleadas en el diseño y la integración de equipos principales. Los resultados empíricos constatan que el sistema cumple satisfactoriamente a los estándares internacionales de eficiencia y fiabilidad que ratifican la pertinencia de emplear estrategias de monitoreo avanzado y protocolos de mantenimiento exhaustivos, pues permite anticipar incidencias y preservar la continuidad operativa, elementos fundamentales para la sostenibilidad de la generación fotovoltaica en entornos complejos (Gálvez Kerdan & Carmona-Paredes,2022).

El análisis comparativo con la literatura internacional muestra una notable coherencia entre la experiencia obtenida en la planta UEA500 y los estudios de referencia. Por ejemplo, Hernández-Escobedo et al. (2022) señalan la importancia del mantenimiento predictivo y la supervisión sistemática para mantener la productividad y la longevidad de sistemas conectados a red en escenarios europeos, lo que coincide plenamente con las estrategias implementadas en la planta amazónica. Asimismo, Dembélé et al. (2025) en Mali concluyen que la estabilidad en la entrega de energía y la gestión eficaz de contingencias son factores decisivos para obtener producciones específicas a los umbrales convencionales, concordancia que se refleja en los

periodos de máxima disponibilidad del sistema ecuatoriano. Por su parte, León-Ospina et al. (2023) documentan que la convergencia entre recursos humanos especializados, vigilancia ambiental y tecnológica de alta calidad conduce a escenarios de producción óptima, como se evidencia en grandes instalaciones peruanas con irradiancia elevada, donde los tiempos de indisponibilidad mínimos maximizan la eficiencia global (Veerendra Kumar et al, 2022).

Al trasladar la comparación al contexto latinoamericano y caribeño, el estudio de Gómez Sarduy (2021) en Cuba destaca la relevancia de la trazabilidad y el registro sistemático de la incidencia para optimizar la respuesta operativa y el desempeño anual, lo que resuena con la política de documentación implementada en la UEA500. Del mismo modo, Mangiant et al. (2020) subrayan que la capacitación continua del personal operativo y de la documentación estructurada de fallos constituyen pilares esenciales para garantizar la longevidad y la confiabilidad de las instalaciones universitarias. En Europa, Iturralde Carrera et al., 2022; Roumpakias y Stamtelos (2023) evidencian que la adaptación de metodologías de diagnóstico avanzado, tales como algoritmos de aprendizaje automático, puede incrementar significativamente la capacidad de anticipar difusiones, ajustar patrones en tiempo real y reducir el impacto de variables exógenas, recomendación aplicable a la mejora del sistema amazónico en futuras etapas de desarrollo (León-Ospina et al, 2023).

Por otra parte, Makkiabadi et al. (2021) y Venkatachalam et al. (2025) enfatizan que acortar los tiempos de recuperación tras eventos críticos es determinante para alcanzar las metas energéticas anuales proyectadas, principio que la planta UEA500 ha puesto en práctica mediante la optimización de la respuesta técnica ante incidencias de desconexión masiva. Asimismo, estudios como el de Cabrera et al. (2024) en Uruguay y Assia & Fatima (2025) en Argelia refuerzan la consistencia de los resultados al demostrar que la disponibilidad operativa y la calidad de los procedimientos de control constituyen determinantes comunes en sistemas fotovoltaicos de diferentes latitudes y escalas, lo que sitúa a los logros alcanzados por la UEA500 dentro del espectro esperado para proyectos de alto estándar tecnológico.

El análisis transversal de la literatura consultada refuerza la resiliencia de la infraestructura y la adaptabilidad de los protocolos de gestión y mantenimiento son factores que sostienen la competitividad y la sostenibilidad de los sistemas fotovoltaicos en distintos escenarios. Las divergencias observadas en los valores de producción específica a nivel internacional reflejan, más que deficiencias técnicas, la variedad de contextos ambientales, la diversidad de modelos de gestión y el grado de profesionalización de los equipos humanos involucrados (Muneer et al., 2021; Idrovo-Macancela et al., 2024; De Oliveira Gonzales & Martins, 2024). El caso UEA500 se escribe en esta tendencia investigativa, pues demuestra que la integración de saberes técnicos y administrativos, junto a la adopción de buenas prácticas internacionales, permite sortear los desafíos inherentes a la operación infraestructuras energéticas de vanguardia en regiones de alta complejidad ambiental.

Como proyección para futuras líneas de investigación, se considera pertinente profundizar en el modelo predictivo de la degradación de los módulos fotovoltaicos, así como incorporar sistemas inteligentes de gestión energética y evaluar el impacto de estrategias de formación continua sobre la durabilidad y la eficiencia global de los paneles solares. Además, si se utiliza las herramientas de inteligencia artificial para la detección temprana de fallos y la optimización de flujos energéticos permitirá consolidar el papel del proyecto UEA500 como referente regional en la transición modelos energéticos resilientes y sostenibles.

CONCLUSIONES

El estudio realizado reviste la trascendencia singular para el ámbito de la ingeniería energética y la gestión de recursos renovables, en tanto suministra evidencia empírica robusta sobre la factibilidad de implementar sistemas fotovoltaicos de alta eficiencia en escenarios institucionales sometidos a condiciones ambientales exigentes. La aproximación de la metodología, caracterizada por la minuciosa evaluación post instalación y el escrutinio continuo de los indicadores de desempeño, permite no solo validar la pertinencia de los procedimientos de integración tecnológica y los esquemas de mantenimiento, sino que también delinear nuevas directrices para el diseño y operación de infraestructuras solares en entornos comparables. Así, la investigación contribuye al acervo científico y técnico del sector energético regional, sirviendo de referencia para futuras iniciativas orientadas a la optimización del aprovechamiento solar en los contextos de alta complejidad climática y operativa.

En correspondencia con los objetivos específicos planteados, los hallazgos obtenidos proyectan un horizonte evolutivo para la gestión de instalaciones fotovoltaicas en instituciones académicas y productivas, anticipando que incidirá decisivamente la resiliencia y la complejidad de los sistemas energéticos emergentes. La experiencia documentada evidencia que la articulación entre la innovación, tecnológica y vigilancia ambiental y gestión proactiva, de riesgos propicia no sólo el fortalecimiento de la autosuficiencia energética, sino que también la reducción sostenida de externalidades ambientales negativas y la optimización de los ciclos de vida de los equipos, factores determinantes para la expansión estratégica de la energía solar a escala institucional y territorial.

Se estima conveniente que las investigaciones venideras profundicen en la exploración de herramientas analíticas de vanguardia, tales como modelo predictivo de la degradación de módulos, la integración de algoritmos de inteligencia artificial para la detección precoz de anomalías y la evaluación sistemática del impacto que ejerce la formación continua en la eficiencia operativa. Adicionalmente, resulta esencial impulsar la estandarización de metodologías de monitoreo y fomentar redes colaborativas de alcance internacional a fin de transferir conocimientos, homogenizar criterios de calidad y robustecer la transición hacia

paradigmas energéticos más sostenibles, eficientes y adaptables a la diversidad de escenarios geográficos y sociales que garantiza al sector renovable contemporáneo.

REFERENCIAS

- Al-Zoubi, H., Al-Khasawneh, Y., & Omar, W. (2021). Design and feasibility study of an on-grid photovoltaic system for green electrification of hotels: a case study of Cedars hotel in Jordan. *International Journal of Energy and Environmental Engineering*, 12(4), 611–626. <https://doi.org/10.1007/s40095-021-00406-z>
- Assia, H. B., & Fatima, M. (2025). Performance analysis of Naàma's 20 MW grid-connected plant in semi-arid climate in Algeria. *Energies*, 18(11), 2952. <https://doi.org/10.3390/en18112952>
- Cabrera, S. R., Teixeira-Branco, V., Medeiros, J. V. F. F., & Alonso-Suárez, R. (2024). Accurate estimation of solar PV power plant capacity factors in Uruguay through detailed quality control and satellite gap filling. 2024 IEEE URUCON, 1–5. <https://doi.org/10.1109/URUCON63440.2024.10850113>
- Cacciuttolo, C., Guardia, X., & Villicaña, E. (2024). Implementation of renewable energy from solar photovoltaic (PV) facilities in Peru: A promising sustainable future. *Sustainability*, 16(11), 4388. <https://doi.org/10.3390/su16114388>
- Delfín Portela, E., Sandoval Herazo, L. C., Reyes González, D., Mata Alejandro, H., López Méndez, M. C., Fernández Lambert, G., & Betanzo Torres, E. A. (2023). Grid Connected Solar Photovoltaic System for Nile Tilapia Farms in Southern Mexico: Techno Economic and Environmental Evaluation. *Applied Sciences*, 13(1), 570. <https://doi.org/10.3390/app13010570>
- Dembélé, Y., Bonkaney, A. L., Sanogo, S., Kumar, N., Tischbein, B., & Madougou, S. (2025). Performances analysis of on-grid-tied large-scale solar PV plant in Mali: A case study in Kita. *Smart Grid and Renewable Energy*, 16(2), 35–56. <https://doi.org/10.4236/gre.2025.162003>
- De Oliveira Gonzalez, J., & Martins, F. R. (2024). Performance study of a photovoltaic system operating on the southeastern coast of Brazil. *IEEE Latin America Transactions*, 22(5), 410–417. <https://doi.org/10.1109/TLA.2024.10500721>
- Fuster-Palop, E., Vargas-Salgado, C., Ferri-Revert, J. C., & Payá, J. (2022). Performance analysis and modelling of a 50 MW grid-connected photovoltaic plant in Spain after 12 years of operation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 170(112968), 112968. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112968>
- Gálvez, D. M., Kerdan, I. G., & Carmona-Paredes, G. (2022). Evaluación del potencial de implementar un sistema de energía distribuida basado en energía solar para una universidad utilizando las paradas de autobús del campus. *Energies*, 15(10), 3660. <https://doi.org/10.3390/en15103660>

- Gómez Sarduy, J. R. (2021). Instalación de sistema fotovoltaico en un almacén de cítrico en el puerto de Cienfuegos, Cuba. *Latin American Developments in Energy Engineering*, 2(1), 33–43. <https://doi.org/10.17981/ladee.02.01.2021.4>
- Hernandez-Escobedo, Q., Ramirez-Jimenez, A., Dorador-Gonzalez, J. M., Perea-Moreno, M.-A., & Perea-Moreno, A.-J. (2020). Energía solar sustentable en universidades mexicanas. Caso de estudio: Escuela Nacional de Estudios Superiores de Juriquilla (UNAM). *Sustainability*, 12(8), 3123. <https://doi.org/10.3390/su12083123>
- Idrovo-Macancela, A., Velecela-Zhindón, M., Barragán-Escandón, A., Zalamea-León, E., & Mejía-Coronel, D. (2024). GIS-based assessment of photovoltaic solar potential on building rooftops in equatorial urban areas. *Heliyon*, 11(1), e41425. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e41425>
- Iturralde Carrera, L. A., Jiménez Borges, R., Molina Santana, E., & Álvarez González, A. L. (2022). Potencialidades de generación fotovoltaica sobre la cubierta del edificio CRAI de la Universidad de Cienfuegos. *Revista Universidad y Sociedad*, 14(3), 318–330. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202022000300318&script=sci_arttext
- Kumar, D. J. V., Deville, L., Ritter, K. A., III, Raush, J. R., Ferdowsi, F., Gottumukkala, R., & Chambers, T. L. (2022). Performance evaluation of 1.1 MW grid-connected solar photovoltaic power plant in Louisiana. *Energies*, 15(9), 3420. <https://doi.org/10.3390/en15093420>
- Leeabai, N., Sakaraphantip, N., Kunbuala, N., Roongrueng, K., & Nukunudompanich, M. (2025). Evaluación integrada de sistemas fotovoltaicos en azoteas y la huella de carbono de la organización: Estudio de caso de un centro educativo en Tailandia. *Energies*, 18(10), 2485. <https://doi.org/10.3390/en18102485>
- León-Ospina, C., Arias-Zárate, H., & Hernández, C. (2023). Performance evaluation of photovoltaic projects in Latin America. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)*, 14(1), 204–209. https://www.researchgate.net/publication/367987176_Performance_Evaluation_of_Photovoltaic_Projects_in_Latin_America
- Makkiabadi, M., Hoseinzadeh, S., Taghavirashidizadeh, A., Soleimaninezhad, M., Kamyabi, M., Hajabdollahi, H., Majidi Nezhad, M., & Piras, G. (2021). Evaluación del rendimiento de plantas de energía solar: una revisión y un estudio de caso. *Procesos*, 9(12), 2253. <https://doi.org/10.3390/pr9122253>
- Mangiante, M. J., Whung, P. Y., Zhou, L., Porter, R., Cepada, A., Campirano, E., Jr, Licon, D., Jr, Lawrence, R., & Torres, M. (2020). Economic and technical assessment of rooftop solar photovoltaic potential in Brownsville, Texas, U.S.A. *Computers, Environment and Urban Systems*, 80, 101450. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2019.101450>

- Muneer, T., Gul, M. S., & Alam, M. (2022). Modelling of a large solar PV facility: England's Mallard Solar Farm case study. *Energies*, 15, 8609. <https://doi.org/10.3390/en15228609>
- Roumpakias, E., & Stamatelos, T. (2023). Comparative performance analysis of a grid connected photovoltaic plant in Central Greece after several years of operation using neural networks. *Sustainability*, 15(10), 8326. <https://doi.org/10.3390/su15108326>
- Venkatachalam, S. D., Al Nadabi, A., Al Shukaili, A. A., Hinai, A. S. A., Shuaili, A. S. A., & Shukaili, I. S. A. (2025). Performance and suitability analysis of rooftop solar PV in Oman: A case study of university branches. *Heliyon*, 11(4), e42578. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2025.e42578>
- Veerendra Kumar, D. J., Deville, L., Ritter, K. A., III, Raush, J. R., Ferdowsi, F., Gottumukkala, R., & Chambers, T. L. (2022). Performance evaluation of 1.1 MW grid-connected solar photovoltaic power plant in Louisiana. *Energies*, 15(9), 3420. <https://doi.org/10.3390/en15093420>