IV Conferencia Internacional de Desarrollo Energético Sostenible

CIDES 2025

Título

**Caso de Estudio: Sistemas Fotovoltaicos en diferentes entornos, una solución para Cuba**

***Case Study: Photovoltaic Systems in Different Environments, a Solution for Cuba***

**Luis Alberto Hernández Lugones1**

1-M. Sc. Luis Alberto Hernández Lugones. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Cuba. E-mail: lugones@uclv.edu.cu

**Resumen:**

* **Problemática:** Cuba depende de combustibles fósiles para la generación eléctrica, lo que genera altos costos económicos, inestabilidad energética y un impacto ambiental significativo. La infraestructura envejecida del sistema eléctrico agrava el problema. Implementar sistemas fotovoltaicos emerge como solución viable para diversificar la matriz energética.
* **Objetivos:**
* Evaluar viabilidad técnica y económica de sistemas fotovoltaicos en diferentes contextos.
* Diseñar sistemas optimizados para maximizar la generación de energía y el autoconsumo.
* Analizar impacto ambiental y económico.
* **Metodología:**

Se emplearon metodologías mixtas, que incluyen:

* Revisión bibliográfica.
* Simulación de diseños con software especializado (PVsyst, Sunny Design).
* Análisis de datos de irradiación solar, consumo energético y costos.
* Evaluación económica mediante indicadores como VAN, TIR y PR.
* **Resultados y discusión:**
* Capacidad de generación.
* Ahorro de combustible fósil y reducción de toneladas de CO₂ a la atmósfera.
* Rentabilidad confirmada con períodos de recuperación entre 5.4 y 12 años.
* Uso para autoconsumo e inyección a la red del excedente.
* Amortización viable.
* Alta adaptabilidad a las condiciones climáticas de Cuba.
* Beneficios económicos y ambientales.
* **Conclusiones:**

La energía solar fotovoltaica es una solución técnica y económicamente viable para Cuba. Los casos estudiados demuestran:

* Reducción de la dependencia de combustibles fósiles.
* Mitigación del cambio climático mediante la disminución de emisiones.
* Rentabilidad económica con períodos de recuperación accesibles.
* Se debe impulsar políticas públicas que fomenten la implementación a gran escala, incluyendo incentivos fiscales y regulatorios.
* Necesario la capacitación técnica y mantenimiento continuo para garantizar la sostenibilidad.
* Explorar la integración de almacenamiento con baterías para optimizar el uso de excedentes.
* Replicar modelos exitosos.
* La integración de estos casos de estudio refuerza la importancia de diversificar las aplicaciones de la energía solar en Cuba, alineándose con los objetivos nacionales de transición energética y desarrollo sostenible.

***Abstract:***

*•* ***Problem:*** *Cuba relies on fossil fuels for electricity generation, which generates high economic costs, energy instability, and a significant environmental impact. The aging infrastructure of the electrical system exacerbates the problem. Implementing photovoltaic systems emerges as a viable solution to diversify the energy matrix.*

*•* ***Objectives:***

* *Evaluate the technical and economic feasibility of photovoltaic systems in different contexts.*
* *Design optimized systems to maximize energy generation and self-consumption.*
* *Analyze environmental and economic impact.*

*•* ***Methodology:***

*Mixed methodologies were used, including:*

* *Literature review.*
* *Design simulation with specialized software (PVsyst, Sunny Design).*
* *Analysis of solar irradiation, energy consumption, and cost data.*
* *Economic evaluation using indicators such as NPV, IRR, and RP.*

*•* ***Results and discussion:***

* *Generation capacity.*
* *Fossil fuel savings and reduction of tons of CO₂ released into the atmosphere.*
* *Confirmed profitability with payback periods between 5.4 and 12 years.*
* *Use for self-consumption and grid injection of surplus.*
* *Viable amortization.*
* *High adaptability to Cuba's climatic conditions.*
* *Economic and environmental benefits.*

***• Conclusions:***

*Photovoltaic solar energy is a technically and economically viable solution for Cuba. The cases studied demonstrate:*

* *Reduction in dependence on fossil fuels.*
* *Mitigation of climate change by reducing emissions.*
* *Economic profitability with affordable payback periods.*
* *Public policies that encourage large-scale implementation should be promoted, including tax and regulatory incentives.*
* *Technical training and ongoing maintenance are necessary to ensure sustainability.*
* *Explore the integration of battery storage to optimize the use of surplus energy.*
* *Replicate successful models.*
* *The integration of these case studies reinforces the importance of diversifying solar energy applications in Cuba, aligning with national energy transition and sustainable development goals.*

**Palabras Clave:** Energía solar fotovoltaica; Viabilidad técnica-económica; Transición energética

***Keywords:*** *Photovoltaic solar energy; Technical and economic feasibility; Energy transition*

**1. Introducción**

El modelo económico actual se basa en el uso intensivo de recursos energéticos fósiles, lo cual tiene efectos negativos en el medio ambiente y genera desequilibrios socioeconómicos. Esto obliga a buscar un nuevo modelo de desarrollo sostenible. La energía solar fotovoltaica distribuida se presenta como una alternativa prometedora para avanzar hacia un modelo energético más sostenible. Esta tecnología ofrece una calidad energética elevada, un impacto ambiental reducido y un costo razonable de producción de energía.

Debido a la eficiencia y las diferentes alternativas que se pueden implementar, la energía solar fotovoltaica permite una amplia variedad de aplicaciones en diferentes sectores, desde la electrificación de viviendas aisladas de la red eléctrica hasta la generación de electricidad para instalaciones turísticas o industriales. En lo que respecta a Cuba, el país es un lugar con una abundante radiación solar a lo largo de todo el año, lo cual es un recurso fundamental para aprovechar la energía solar fotovoltaica como medio de Generación de energía.[1]

Por otra parte, la crisis energética actual en Cuba, la dependencia de combustibles fósiles, el envejecimiento de las infraestructuras existentes y la aprobación de un marco regulatorio para el aprovechamiento de la fuentes renovables de energía (Decreto-Ley 345/2019), justifican la realización de estudios que permitan aprovechar el potencial solar cubano (5.38 kWh/m²/día), que a los días de hoy es muy bajo (penetración fotovoltaica <5% en 2023).

Objetivos del estudio:

* Evaluar viabilidad técnica y económica de sistemas fotovoltaicos en diferentes contextos.
* Diseñar sistemas optimizados para maximizar la generación de energía y el autoconsumo.
* Analizar impacto ambiental y económico.

**2. Metodología**

Se emplearon metodologías mixtas, que incluyeron revisión bibliográfica, simulación de diseños con softwares especializados como el PVsyst y el Sunny Design, el análisis de datos de irradiación solar, el consumo energético y los costos, así como la evaluación económica mediante indicadores como VAN, TIR y PR. En tres entornos diferentes, una empresa industrial, un área poblacional y una instalación turística.

En cuanto a la revisión de literatura sobre el tema, se tuvo en cuenta una gran variedad de estudios realizados en los últimos años, entre ellos:

* En 2019 se realiza un estudio por parte de la Universidad de Moa, Holguín, titulado, Evaluación técnico-económica de la utilización de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica en la Universidad de Moa. [2]
* En 2020 se realizó una tesis de grado donde se hizo un estudio de oportunidad técnica para la instalación de paneles solares fotovoltaicos en la empresa antenas en Villa Clara.
* En 2020 se realizó un estudio sobre la valoración del marco regulatorio en el desarrollo de la energía fotovoltaica en Copextel Guantánamo.[3]
* En 2021 se realizó un estudio para la instalación de paneles solares en el Hotel Los Caneyes en Villa Clara.
* En 2021 se realizó un estudio para la instalación de paneles solares en el Hotel Pasacaballos en Cienfuegos.[4]
* En 2022 se implementó la instalación de un sistema de autoconsumo en el hotel Península en Trinidad.
* En 2022 se realizó un estudio por la universidad de Matanzas sobre la factibilidad del empleo de energía solar fotovoltaica en IPROYAZ Matanzas.[5]
* En 2022 se realiza un estudio por parte de la universidad de Matanzas, sobre la utilización de la energía solar para la producción de energía eléctrica en la cámara no. 1 de la Universidad de Matanzas.[6]
* En 2023 la Universidad de Matanzas realiza un proyecto para la instalación de fuentes renovables de energía en la Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería de Matanzas.[7]
* En 2023 se realizó un estudio de implementación de sistemas renovables para la electrificación de la universidad de Sancti-Spíritus.

Como resultado de esta revisión, se aclaran algunos conceptos clave, relacionados con este tipo de energía. Se profundiza en las ventajas y desventajas de la energía fotovoltaica, se analizan los diferentes componentes de los sistemas, las diferentes formas y esquemas de conexión y su relación con el entorno de instalación y los objetivos del cliente. Se revisan las normas cubanas y regulaciones existentes, referentes a la instalación de paneles fotovoltaicos. Se arriba a la conclusión que hasta el momento, casi la totalidad de las inversiones realizadas en Cuba, para parques menores de 500 kWp, no importa cual sea el entorno, ya sea, turístico, industrial o para comunidades, con fines de autoconsumo, el tipo de parque es con conexción a red, ya sea con acumulación o no.

1. **Resultados y Discusión**

En los tres proyectos analizados, los resultados que se obtienen resultan favorables, se utilizan tres tipos diferentes de paneles solares, similares valores de radiación solar y de horas solares pico, los cálculos de la potencia a instalar se realizan siempre sobre la base de lograr autoconsumo o al menos una disminución del consumo de la red nacional y por ende una disminución de la factura por consumo de energía eléctrica, siempre con la posibilidad de inyección a la red, de los posibles excedentes en determinados horarios o días de la semana, también se tiene en cuenta el área disponible para la ubicación de los arreglos fotovoltaicos. Se utilizan softwares como el Sunny Design y el PVsyst. Se logran significativos ahorros de combustible fósil y reducción de emisión de toneladas de CO₂ a la atmósfera. Considerando una vida útil de las instalaciones de 25 años, los períodos de recuperación de la inversión se encuentran entre 5.4 y 12 años, con tasas de retorno de la inversión (TIR) entre 8 y 17.8 %, asegurando una amortización viable en los tres proyectos, garantizándose positivos beneficios económicos y ambientales y una alta adaptabilidad a las condiciones climáticas de Cuba.

Tabla comparativa:

| Indicador | Comunidad en Santa Clara  (2.2 MWp) | Empresa Industrial en Villa Clara (615.6 kWp) | Hotel Rancho Hatuey (266.76 kWp) |
| --- | --- | --- | --- |
| Tipo de panel (Wp) | 450 | 380 | 585 |
| TIR (%) | 8 | 17.8 | 12 |
| Reducción CO₂ (ton/año) | 2,466 | 678 | 285 |
| Payback (años) | 12 | 5.4 | 8.2 |

Se puede considerar como una limitación en los tres proyectos, la falta de almacenamiento en baterías, es verdad que se encarecerían los proyectos, pero las ventajas en cuanto a la estabilidad y calidad del servicio, son innegables. También existen limitaciones desde el punto de vista de las regulaciones y trabas burocráticas para lograr la interconexción a la red, se debe aprovechar las oportunidades y lograr sinergías con las políticas nacionales y replicar los proyectos exitosos en otras instalaciones de los mismos sectores, por ejemplo, en los hoteles similares de la misma cadena.

1. **Conclusiones y Recomendaciones**

Conclusiones:

La energía solar fotovoltaica es una solución técnica y económicamente viable para Cuba. Los casos estudiados demuestran:

* Reducción de la dependencia de combustibles fósiles.
* Mitigación del cambio climático mediante la disminución de emisiones.
* Rentabilidad económica con períodos de recuperación accesibles.
* Se debe impulsar políticas públicas que fomenten la implementación a gran escala, incluyendo incentivos fiscales y regulatorios.
* Necesario la capacitación técnica y mantenimiento continuo para garantizar la sostenibilidad.
* Explorar la integración de almacenamiento con baterías para optimizar el uso de excedentes.
* Replicar modelos exitosos.
* La integración de estos casos de estudio refuerza la importancia de diversificar las aplicaciones de la energía solar en Cuba, alineándose con los objetivos nacionales de transición energética y desarrollo sostenible.

Recomendaciones:

* Promover políticas públicas que simplifiquen los trámites para proyectos menores de 500 kWp.
* En cuanto a las inversiones, se recomienda priorizar sistemas híbridos (solar + almacenamiento).
* Evaluar el impacto socioeconómico de la inserción de parques fotovoltaicos en pequeñas comunidades.

1. **Referencias**

[1] J. V. Castillo Clemente, "Instalación generadora solar fotovoltaica en baja tensión en un hotel en Valencia," Universitat Politècnica de València, 2023.

[2] R. L. Montero Gainza, "Evaluación técnico-económica de la utilización de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica en la Universidad de Moa," Departamento de Mecánica, 2019.

[3] Y. C. Rivera, R. P. Cuza, and H. S. Fuente, "Valoración del marco regulatorio en el desarrollo de la energía fotovoltaica en Copextel Guantánamo," Eco Solar, no. 71, pp. 27-32, 2020.

[4] D. R. R. Sobrino, L. A. I. Carrera, and E. M. Santana, "Nuevas condiciones para el emplazamiento de los sistemas solares fotovoltaicos en cubiertas del hotel pasacaballos cienfuegos," Ph. D. dissertation, Universidad de Cienfuegos, 2022.

[5] S. Felico and O. Jesús, "Factivilidad del empleo de la energía solar fotovoltaica en IPROYAZ Matanzas," Universidad de Matanzas. Facultad de Ciencias Técnicas, 2022.

[6] Y. W. San Martín Fragoso, "Utilización de la energía solar para la producción de energía eléctrica en la cámara no. 1 de la Universidad de Matanzas," 2022.

[7] A. Díaz López, "Proyecto para la instalación de fuentes renovables de energía en la Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería de Matanzas," Universidad de Matanzas. Facultad de Ciencias Técnicas., 2023.