METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE PREFACTIBILIDAD DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS EN INFRAESTRUCTURA HOSPITALARIA

METHODOLOGY FOR THE PRE-FEASIBILITY ASSESSMENT OF SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS IN HOSPITAL INFRASTRUCTURE

Elvis Orlando Rodríguez Contreras
Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD)
https://orcid.org/0009-0001-2753-741X
elvis.rodriguez@unad.edu.co

Freddy Alexander Torres Payoma
Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD)
https://orcid.org/0000-0002-5206-0836
freddy.torres@unad.edu.co

Cómo citar: Rodríguez Contreras, E. O., y Torres Payoma, F. A. (2026). Metodología para la evaluación de prefactibilidad de sistemas solares fotovoltaicos en infraestructura hospitalaria. *Documentos de trabajo ECBTI*, *7*(1), 211-224. https://doi.org/10.22490/ECBTI.10370

RESUMEN

La transición energética en instituciones hospitalarias requiere metodologías de evaluación que permitan determinar, antes de las etapas de diseño y ejecución, la viabilidad de implementar sistemas solares fotovoltaicos considerando simultáneamente las condiciones energéticas, estructurales, eléctricas, normativas y económicas de cada instalación. En este contexto, el presente trabajo propone una metodología para la evaluación de prefactibilidad de sistemas solares fotovoltaicos interconectados a la red en infraestructura hospitalaria. La metodología se estructura en ocho etapas articuladas que comprenden el levantamiento y la caracterización de la información, la caracterización energética, la evaluación estructural y del emplazamiento, la evaluación eléctrica y normativa, el dimensionamiento preliminar, la estimación de generación y cobertura, la evaluación técnico-económica y la determinación de la prefactibilidad. Su aplicación comprende actividades de levantamiento de información en sitio, revisión de las condiciones de las cubiertas, análisis del comportamiento histórico del consumo, estimación del recurso solar disponible, determinación de la potencia fotovoltaica, estimación de la generación energética y evaluación de indicadores financieros como la tasa interna de retorno (TIR), el periodo de recuperación de la inversión (PRI) y el valor presente neto (VPN). La metodología fue aplicada en estudios de prefactibilidad desarrollados para Empresas Sociales del Estado del departamento de Cundinamarca, lo que permitió identificar diferencias significativas entre las instalaciones evaluadas en cuanto a disponibilidad de área, condiciones estructurales, comportamiento de la demanda, capacidad de generación, cobertura del consumo e indicadores económicos. Los resultados muestran que la evaluación integral permite identificar las principales restricciones y oportunidades asociadas con las instalaciones analizadas y facilita su clasificación de acuerdo con las condiciones de prefactibilidad identificadas. La metodología constituye una herramienta de apoyo para la toma de decisiones y para la estructuración posterior de proyectos de generación solar fotovoltaica en instituciones hospitalarias.

Palabras clave: energía solar fotovoltaica; energías renovables; evaluación técnico-económica; prefactibilidad; infraestructura hospitalaria; transición energética.

ABSTRACT

The energy transition in healthcare institutions requires assessment methodologies that enable the pre-feasibility of installing grid-connected solar photovoltaic systems to be determined before the design and implementation stages, while accounting for the energy, structural, electrical, regulatory, and economic conditions of each facility. In this context, this paper proposes a methodology for assessing the pre-feasibility of grid-connected solar photovoltaic systems in hospital infrastructure. The methodology comprises eight interconnected stages: information collection and characterization, energy characterization, structural and site assessment, electrical and regulatory assessment, preliminary sizing, energy generation and coverage estimation, techno-economic assessment, and pre-feasibility determination. Its application involves on-site data collection, evaluation of roof conditions, analysis of historical electricity consumption, estimation of available solar resources, determination of photovoltaic capacity, estimation of energy generation, and assessment of financial indicators, including the internal rate of return (IRR), payback period (PBP), and net present value (NPV). The methodology was applied in pre-feasibility studies conducted at public healthcare institutions in the department of Cundinamarca, Colombia, revealing substantial differences among facilities in terms of available area, structural conditions, demand patterns, generation capacity, energy coverage, and economic indicators. The results show that an integrated assessment helps identify the main constraints and opportunities associated with each facility and supports the classification of projects according to their pre-feasibility status. The proposed methodology provides a decision-support tool for the subsequent development of solar photovoltaic generation projects in hospital facilities.

Keywords: energy transition; hospital infrastructure; pre-feasibility; renewable energy; solar photovoltaic energy; techno-economic assessment.

INTRODUCCIÓN

La transición energética en el sector hospitalario representa una oportunidad para reducir la energía eléctrica adquirida de la red y mejorar la sostenibilidad de la infraestructura institucional. Sin embargo, la implementación de sistemas solares fotovoltaicos en este tipo de instalaciones requiere considerar condiciones particulares asociadas con la continuidad del servicio, las características de las edificaciones, la infraestructura eléctrica existente y los requerimientos regulatorios (Khamharnphol et al., 2023).

En este contexto, la evaluación de prefactibilidad constituye una etapa fundamental para identificar anticipadamente las condiciones que pueden favorecer o limitar la implementación de una solución fotovoltaica. Una evaluación exclusivamente energética o económica resulta insuficiente cuando existen restricciones estructurales, eléctricas o normativas que pueden modificar la viabilidad del proyecto (Sommerfeldt y Madani, 2017).

En Colombia, la evaluación preliminar de proyectos fotovoltaicos ha incorporado herramientas de análisis espacial y criterios técnicos orientados a determinar las condiciones de implementación de este tipo de sistemas (Portilla-Garcia et al., 2026). Por otra parte, estudios recientes han abordado la evaluación económica de proyectos solares aplicados a hospitales públicos colombianos, lo que evidencia la importancia de considerar diferentes criterios financieros en la toma de decisiones (Hernández et al., 2026).

Si bien existen metodologías y estudios orientados a la evaluación técnica, espacial o económica de sistemas fotovoltaicos, estos enfoques pueden resultar insuficientes cuando se aplican a infraestructura hospitalaria, en la que las condiciones de emplazamiento, demanda energética, infraestructura eléctrica, requerimientos normativos y viabilidad económica deben analizarse de manera conjunta. En este sentido, resulta pertinente contar con procedimientos de prefactibilidad que integren estas dimensiones desde las etapas iniciales del proyecto, con el fin de identificar restricciones técnicas y económicas antes de avanzar hacia las fases de diseño y ejecución.

Como parte de un proyecto de cooperación interinstitucional entre la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) y Empresas Públicas de Cundinamarca S. A. E. S. P., se desarrollaron estudios de prefactibilidad para diferentes instalaciones hospitalarias del departamento de Cundinamarca. Estos estudios comprendieron visitas técnicas, levantamiento de información estructural, eléctrica y energética, análisis del recurso solar, dimensionamiento preliminar y evaluación técnico-económica.

A partir del procedimiento aplicado y de los resultados obtenidos, el presente trabajo propone una metodología integrada para evaluar la prefactibilidad de sistemas solares fotovoltaicos en infraestructura

hospitalaria. La metodología articula criterios energéticos, físicos, estructurales, eléctricos, normativos y económicos, y se aplica a un conjunto de 19 instalaciones, cuyos resultados se presentan de manera agregada para identificar patrones, restricciones y oportunidades de implementación.

METODOLOGÍA

La metodología propuesta se estructura como un procedimiento integral para evaluar la prefactibilidad de sistemas solares fotovoltaicos interconectados a la red en infraestructura hospitalaria. Su formulación se fundamenta en la experiencia obtenida durante la evaluación de 19 instalaciones hospitalarias en el departamento de Cundinamarca, Colombia, a partir de la cual se definieron las etapas, variables y criterios de evaluación presentados a continuación.

El proceso comprende las siguientes etapas:

Levantamiento y caracterización de la información

Se realiza una visita técnica para recopilar información sobre las condiciones físicas, estructurales, eléctricas y energéticas de la institución. Se revisan las cubiertas disponibles, las áreas potenciales de instalación, la infraestructura eléctrica y las condiciones de operación.

Caracterización energética

Se analiza el comportamiento histórico del consumo eléctrico y se determina el consumo promedio mensual mediante:

$$E_{prom} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} E_i$$

Donde E_i corresponde al consumo registrado en cada periodo y n al número de periodos analizados. Adicionalmente, se considera el comportamiento de la demanda y la participación del consumo en horario diurno como referencia para estimar el potencial de aprovechamiento de la generación fotovoltaica.

Evaluación estructural y del emplazamiento.

Se identifican las áreas disponibles para la instalación de los módulos y se evalúan las características de las cubiertas, entre ellas, el tipo de cubierta, la accesibilidad, la distribución de cargas y las posibles restricciones. Cuando corresponde, se establece la necesidad de validar o ejecutar refuerzos estructurales.

Evaluación eléctrica y normativa

Se revisa la infraestructura eléctrica existente y las condiciones preliminares para la interconexión del sistema. La evaluación considera la regulación aplicable y los requisitos técnicos asociados al Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE; Resolución 40117 del 2024, 2024), el Código Eléctrico Colombiano NTC 2050 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC], 2020), la Ley 1715 de 2014 y la Resolución CREG 174 de 2021.

Dimensionamiento preliminar

A partir del consumo, el área disponible, el recurso solar y las restricciones técnicas identificadas, se determina la potencia preliminar del sistema fotovoltaico (World Bank Group, s. f.).

A partir de la potencia objetivo se determina el número de módulos requeridos mediante:

$$N_{mod} = \frac{P_{FV}}{P_{mod}}$$

Donde N_{mod} corresponde al número de módulos; P_{FV}, a la potencia fotovoltaica propuesta, y P_{mod}, a la potencia nominal de cada módulo.

La potencia instalada se determina mediante la siguiente expresión:

$$P_{FV} = N_{mod} \times P_{mod}$$

La generación anual estimada se determina a partir de la potencia fotovoltaica propuesta, las horas sol pico promedio y el factor de desempeño considerado para el sistema:

$$E_{gen} = P_{FV} \times HSP \times 365 \times PR$$

Donde E_{gen} corresponde a la generación anual estimada; P_{FV}, a la potencia fotovoltaica instalada; *HSP*, a las horas sol pico promedio, y *PR*, al factor de desempeño del sistema.

Para los estudios analizados se consideró un factor de desempeño $PR = 0{,}75$ y módulos fotovoltaicos de 600 Wp como configuración de referencia en los casos correspondientes. Estos valores corresponden a las características de los sistemas evaluados y no constituyen criterios generales de la metodología.

Estimación de la cobertura energética

La generación fotovoltaica anual estimada se compara con el consumo energético de la institución para determinar el nivel de cobertura:

$$C = \frac{E_{FV}}{E_{consumo}} \times 100$$

Donde C corresponde a la cobertura energética; E_{FV}, a la generación fotovoltaica anual estimada, y $E_{consumo}$, al consumo energético anual de referencia.

La estimación permite establecer la participación potencial de la generación fotovoltaica en el consumo institucional y analizar su correspondencia con el perfil energético de la instalación.

Evaluación técnico-económica

Se estima la inversión requerida, los ahorros asociados a la generación fotovoltaica y los costos de operación y mantenimiento previstos durante el horizonte de evaluación. A partir del flujo de caja proyectado del sistema se determinan los indicadores financieros TIR, PRI y VPN, considerando la inversión inicial, los ahorros asociados a la generación y los costos de operación y mantenimiento. Para la proyección del flujo de caja y el cálculo del VPN se consideró un horizonte de evaluación de 25 años y una tasa de descuento del 10 %. Como criterios de referencia para los estudios de prefactibilidad analizados, se consideraron una TIR superior al 15 % y un PRI inferior a 6 años. Estos valores se emplearon para comparar las alternativas evaluadas.

Determinación de prefactibilidad

Con los datos obtenidos, se integran los resultados de las dimensiones estructural, eléctrica, energética, normativa y económica para establecer las condiciones de prefactibilidad y las recomendaciones necesarias antes de avanzar hacia las etapas de diseño, legalización y ejecución.

RESULTADOS

La metodología propuesta fue aplicada a 19 instalaciones hospitalarias pertenecientes a Empresas Sociales del Estado del departamento de Cundinamarca, Colombia. Su aplicación integró la caracterización energética, la evaluación de las condiciones físicas y estructurales, la revisión de la infraestructura eléctrica, el análisis del recurso solar, el dimensionamiento preliminar y la evaluación técnico-económica y normativa. En los 19 casos analizados, la potencia fotovoltaica propuesta presentó valores entre 3,6 y 399,6 kWp, mientras que la generación anual estimada se ubicó entre 3239 y 436 249 kWh/año.

La cobertura energética presentó valores entre 0,39 % y 195,33 %, lo que evidencia diferencias importantes entre los casos evaluados. Esta cobertura se interpreta como la relación entre la generación fotovoltaica anual estimada y el consumo energético anual de referencia. Por tanto, valores superiores al 100 % indican que, en términos de energía anual, la generación fotovoltaica estimada supera el consumo anual de la instalación. Este resultado no implica que la totalidad de la generación sea autoconsumida, debido a que el indicador empleado no considera el balance horario entre generación y demanda. En estos casos, la energía excedente podría ser inyectada a la red, compensada conforme al esquema regulatorio aplicable o no ser aprovechada instantáneamente, dependiendo de las condiciones de operación y conexión del sistema.

Para complementar la caracterización de los casos analizados, la tabla 1 presenta los valores mínimo, promedio y máximo de las principales variables energéticas y económicas. Los resultados muestran una variabilidad considerable entre las instalaciones, que refleja las diferencias en los niveles de consumo, las condiciones de dimensionamiento y las características particulares de cada emplazamiento. Por consideraciones de confidencialidad y protección de la información institucional, los resultados se presentan de forma agregada y no se identifican individualmente las instituciones evaluadas.

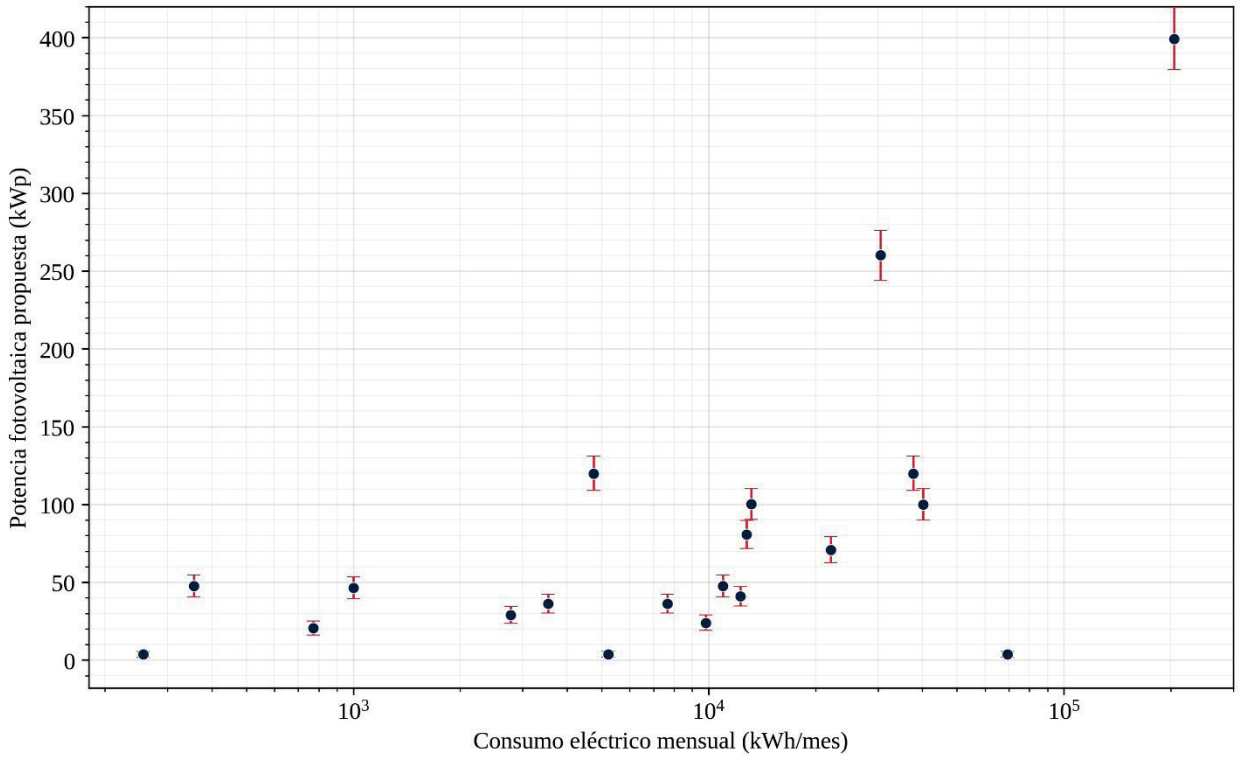
Tabla 1. Estadísticas descriptivas de las instalaciones analizadas

Variable	Mínimo	Promedio	Máximo
Consumo mensual (kWh/mes)	262	28 157	210 650
Potencia FV (kWp)	3,6	74,46	399,6
Generación anual (kWh/año)	3239	72 564	436 249
Cobertura (%)	0,39	47,36	195,33
TIR (%)	9,99	18,62	31,66
PRI (años)	3,16	5,66	8,79

Fuente: elaboración propia con base en los resultados obtenidos mediante la aplicación de la metodología.

En términos de dimensionamiento, los estudios contemplaron sistemas de diferentes capacidades, determinadas no solo por el nivel de consumo, sino también por las condiciones físicas, estructurales y técnicas particulares de cada instalación. Como se observa en la figura 1, existe una tendencia general creciente entre el consumo eléctrico y la potencia fotovoltaica propuesta; sin embargo, la dispersión entre los casos evidencia la influencia de estas condiciones particulares en el dimensionamiento de los sistemas.

Figura 1. Relación entre el consumo energético y la potencia fotovoltaica propuesta

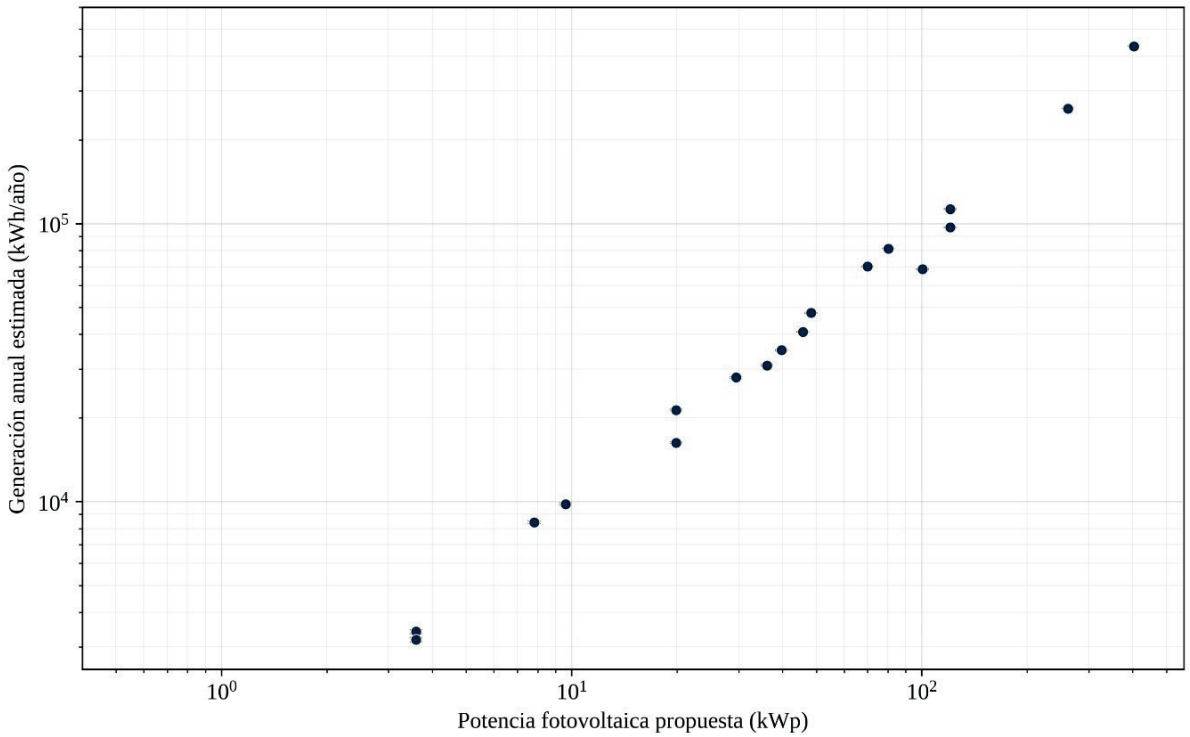


Nota. El eje horizontal se presenta en escala logarítmica.

Fuente: elaboración propia con base en los resultados obtenidos mediante la aplicación de la metodología.

Desde la perspectiva energética, la caracterización del consumo permitió identificar diferentes niveles de demanda y perfiles de utilización de la energía eléctrica, información utilizada como referencia para valorar el potencial de aprovechamiento directo de la generación fotovoltaica. La figura 2 muestra una relación creciente entre la potencia fotovoltaica propuesta y la generación anual estimada. Esta relación es consistente con el procedimiento de dimensionamiento empleado; sin embargo, la dispersión observada entre los casos refleja la influencia de las condiciones particulares del recurso solar y de cada emplazamiento sobre la generación estimada.

Figura 2. Relación entre la potencia fotovoltaica propuesta y la generación anual estimada



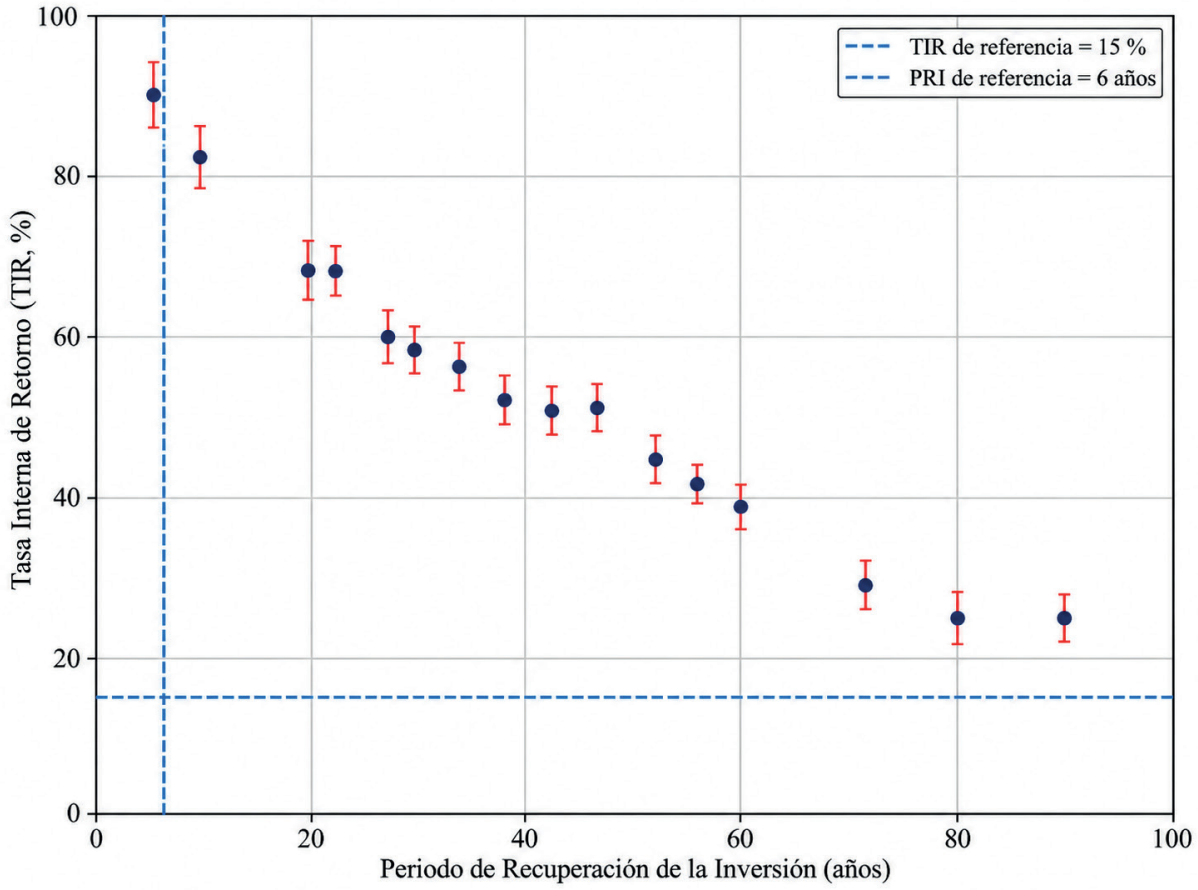
Nota. Ambos ejes se presentan en escala logarítmica.

Fuente: elaboración propia con base en los resultados obtenidos mediante la aplicación de la metodología.

Las condiciones estructurales constituyeron uno de los factores diferenciadores entre las instalaciones evaluadas. Se identificaron casos con cubiertas aptas para la instalación y otros en los que fue necesario considerar la validación o la implementación de refuerzos estructurales. De esta manera, la disponibilidad física del área no se consideró por sí sola un criterio suficiente para determinar la prefactibilidad del sistema.

La evaluación económica mostró diferencias entre las alternativas analizadas en términos de rentabilidad y tiempo de recuperación de la inversión. La figura 3 permite comparar las condiciones económicas de los casos respecto a los criterios de referencia establecidos. Se identifican alternativas que superan una TIR del 15 % y presentan un PRI inferior a seis años, mientras que otros casos no cumplen uno o ambos criterios.

Figura 3. Relación entre TIR y PRI de los casos evaluados



Nota. Las líneas discontinuas representan los criterios de referencia de una TIR del 15 % y un PRI de 6 años.

Fuente: elaboración propia con base en los resultados obtenidos mediante la aplicación de la metodología.

En conjunto, la aplicación de la metodología permitió identificar restricciones y oportunidades asociadas con las dimensiones energética, estructural, eléctrica, normativa y económica. Los resultados obtenidos evidencian que la integración de estos criterios permite establecer de manera sistemática las condiciones de prefactibilidad y generar recomendaciones para las posteriores etapas de diseño, legalización y ejecución de proyectos solares fotovoltaicos en infraestructura hospitalaria.

En cuanto al alcance y las limitaciones de la aplicación, la propuesta se aplicó a 19 instalaciones con diferentes condiciones de consumo, disponibilidad de área, características estructurales y requerimientos técnicos. Esta aplicación permitió evaluar su utilidad en escenarios diversos; no obstante, no constituye una validación independiente mediante la comparación con otra metodología o con datos reales de operación de sistemas fotovoltaicos implementados. De igual manera, la presentación agregada de los

resultados, requerida por consideraciones de confidencialidad, limita el análisis individual de las instalaciones. La estimación de la cobertura energética se realizó mediante un balance anual entre la generación fotovoltaica estimada y el consumo energético de referencia, por lo que no permite determinar directamente el autoconsumo, los excedentes de energía ni la energía efectivamente inyectada a la red. Como trabajo futuro se plantea contrastar la metodología con otras metodologías de evaluación y con datos reales de operación, así como incorporar análisis horarios de generación y demanda.

CONCLUSIONES

La metodología propuesta permite realizar una evaluación integral de prefactibilidad para sistemas solares fotovoltaicos en infraestructura hospitalaria, al incorporar de manera conjunta las dimensiones energética, estructural, eléctrica, normativa y económica.

La aplicación de la metodología en diferentes instalaciones hospitalarias de Cundinamarca permitió identificar que las condiciones particulares de cada instalación determinan tanto el dimensionamiento del sistema como su nivel de cobertura, sus requerimientos técnicos y sus indicadores económicos.

El levantamiento de información en sitio constituye una etapa fundamental, debido a que permite identificar restricciones estructurales y eléctricas que no pueden determinarse únicamente mediante el análisis del consumo energético.

La incorporación de indicadores económicos como la TIR, el PRI y el VPN permite complementar la evaluación técnica y establecer criterios comparables para apoyar la toma de decisiones sobre la continuidad de los proyectos.

REFERENCIAS

Hernández Palma, H. G., Jiménez Coronado, A. M., y Mendoza-Casseres, D. (2026). Comparación entre métodos tradicionales y opciones reales para evaluar proyectos solares fotovoltaicos en hospitales públicos colombianos. *Revista EIA*, *23*(45). https://doi.org/10.24050/reia.v23i45.1932

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2020). *Código eléctrico colombiano NTC 2050* (2.ª act.). ICONTEC.

Khamharnphol, R., Kamdar, I., Waewsak, J., Chiwamongkhonkarn, S., Khunpetcha, S., Kongruang, C., y Gagnon, Y. (2023). Techno-economic assessment of a 100 kwp solar rooftop

pv system for five hospitals in central southern Thailand. *International Journal of Renewable Energy Development*, *12*(1), 77-86. https://doi.org/10.14710/ijred.2023.46864

Ley 1715 del 2014 (13 de mayo), por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional. Congreso de Colombia. *Diario Oficial* 49.150. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=57353

Portilla-Garcia, R., Isaza-Ruget, R., y Rosero-Garcia, J. (2026). Methodology for preliminary evaluation of photovoltaic projects in Colombia through integration of georeferenced data and 3d models (Lidar). *Applied Sciences*, *16*(6), 3073. https://doi.org/10.3390/app16063073

Resolución GREG 174 de 2021 (7 de octubre), por la cual se regulan las actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en el Sistema Interconectado Nacional. Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG). *Diario Oficial* 51.867. https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_creg_0174_2021.htm

Resolución 40117 del 2024 (2 de abril), por la cual se modifica el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE). Ministerio de Minas y Energía. *Diario Oficial* 52.716.

Sommerfeldt, N., y Madani, H. (2017). Revisiting the techno-economic analysis process for building-mounted, grid-connected solar photovoltaic systems: Part one – Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *74*, 1379-1393. https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.232

World Bank Group. (s. f.). *Global Solar Atlas*. https://globalsolaratlas.info/