

Recibido 27 de octubre 2025

Aceptado 28 de diciembre de 2025

www.unipaz.edu.co

## **Implementación de sistema fotovoltaico con paneles solares para laboratorios de Electromecánica del Instituto Universitario la Paz: estudio de factibilidad.**

## **Implementation of a photovoltaic system with solar panels for the Electromechanical laboratories of the la Paz University Institute: feasibility study.**

Paola Niño Terraza<sup>a</sup>, Jhonis Ríos Munera<sup>b</sup>

### **Resumen**

El presente estudio de factibilidad analiza la utilización de un sistema de generación fotovoltaico compuesto por paneles solares en los laboratorios de Electromecánica del Instituto Universitario de La Paz (UNIPAZ), con la finalidad de disminuir el consumo energético a partir de fuentes no renovables. En la actualidad, la universidad depende de la energía que le es suministrada por ESSA, con base en combustibles fósiles, que contribuyen a la emisión de gases contaminantes y al aumento del calentamiento global. Para hacer frente a dicha problemática, el proyecto tiene como propósito buscar una alternativa sostenible que fomente el uso de energías limpias y la conciencia ambiental de la comunidad académica.

La investigación, de enfoque mixto, combina métodos descriptivos, deductivos y experimentales para evaluar la viabilidad técnica y financiera, así como el consumo de energía del equipo de laboratorio. Con una irradiación promedio de 4.6 a 5.0 kWh/m<sup>2</sup>, en Barrancabermeja. Esto significa que instalar 45 paneles solares junto con un sistema correspondiente de baterías e inversores es factible con una inversión estimada de \$31,777,900.

a. Docente de la Escuela de Ciencias, Instituto Universitario de la Paz, Barrancabermeja, Colombia, e-mail:paola.terrazza@unipaz.edu.co

b. Docente de la Escuela de Ciencias, Instituto Universitario de la Paz, Barrancabermeja, Colombia, e-mail:jhoni.rios@unipaz.edu.co

Este estudio es relevante fomenta el desarrollo sostenible, reduce procesos de disminución de costos operativos y contribuye a la mitigación del cambio climático. De la misma forma expresa que la instrumentación de energías renovables en centros educativos contribuye a la formación técnica responsable y al uso eficiente de los recursos naturales.

### Abstract

This feasibility study analyzes the use of a photovoltaic generation system composed of solar panels in the Electromechanical Laboratories of the Instituto Universitario de La Paz (UNIPAZ), with the aim of reducing energy consumption from non-renewable sources. Currently, the university relies on energy supplied by ESSA, which is generated from fossil fuels that contribute to the emission of polluting gasses and the increase in global warming. To address this issue, the project aims to identify a sustainable alternative that promotes the use of clean energy and environmental awareness among the academic community.

The mixed-methods research combines descriptive, deductive, and experimental methods to evaluate the technical and financial feasibility, as well as the energy consumption of the laboratory equipment. With an average irradiance of 4.6 to 5.0 kWh/m<sup>2</sup> in Barrancabermeja. This means that installing 45 solar panels along with a corresponding battery and inverter system is feasible with an estimated investment of \$31,777,900.

This study is relevant because it promotes sustainable development, reduces operational cost-cutting processes, and contributes to climate change mitigation. Similarly, it states that the implementation of renewable energy in educational centers contributes to responsible technical training and the efficient use of natural resources.

### 1. INTRODUCCIÓN

La necesidad de fuentes de energía sostenibles que utilicen el sol, el viento y el agua ha aumentado como resultado de la creciente dependencia de la humanidad de los recursos naturales. La capacidad de los sistemas solares fotovoltaicos para transformar la radiación solar en electricidad limpia los hace destacar entre estas opciones. Esta técnica es especialmente prometedora en Colombia debido a su alto potencial solar, el aumento en la fabricación de módulos solares y la disminución de costos. También tiene beneficios como cero emisiones, fácil instalación y poco mantenimiento, pero la desventaja es que requiere una gran inversión inicial (León, 2022).

El objetivo es crear una iniciativa viable que fomente el uso de energías renovables mientras se muestran sus ventajas para la economía y el medio ambiente. Al instalar un sistema fotovoltaico que promueva la sostenibilidad energética, el objetivo es aumentar la conciencia ecológica. Cedeño y García (2020). El objetivo del proyecto es suministrar una parte de la energía eléctrica al laboratorio de electromecánica del Instituto Universitario de la Paz, determinando el sitio óptimo, el equipo y las condiciones para la recolección de energía solar.

## Planteamiento del Problema

El laboratorio de electromecánica presenta un alto consumo de energía eléctrica por el coste energético del funcionamiento de sus equipos, energía que generalmente la ciudad de Barrancabermeja es suministrada de ESSA desde fuentes no renovables. Este tipo de generación acentúa notablemente la contaminación del entorno físico y el calentamiento global por la emisión de gases de efecto invernadero tales como el dióxido de carbono. En este sentido, el problema principal del laboratorio reside en la dependencia de recursos energéticos contaminantes, así como en la falta de alternativas tecnológicas sostenibles desde la universidad.

Ante esta situación, los sistemas solares fotovoltaicos destacan como una solución práctica, utilizando la radiación solar para generar electricidad limpia. Gracias al fuerte potencial solar de Colombia y la reciente disminución de costos junto con el aumento en la fabricación, el uso de módulos solares se está volviendo más popular. Esta técnica aumenta la conciencia ambiental sobre la conservación de la energía y la mitigación del cambio climático, además de promover la eficiencia energética y la reducción de emisiones (Beltrán et al., 2018).

En el contexto colombiano, la transición hacia energías renovables ha avanzado con rapidez. Tal es el caso que, entre los años 2015 y 2022, la capacidad solar instalada llegó a la cifra de 1.500 MW e, incluso, en el año, a la cifra de 1.500 MW, incremento del 113,95%

dato que a finales de 2022 88,3% de los proyectos de energías propuestas también eran considerados solares Baron (s. f.). Si la energía solar es reconocida como una fuente de energía limpia, este crecimiento podría ser un ejemplo del potencial que tiene el país para poder utilizar fuentes limpias y las energías renovables también podrían ser una de las principales alternativas para poder atender la demanda relacionada con el consumo eléctrico, la reducción existe de la dependencia en relación a los combustibles fósiles que el país tiene y una forma también de contribuir a tener desarrollo sostenible a largo plazo (Quintero & Cárdenas, 2017).

## Pregunta problema

¿Es factible la implementación de un sistema de generación fotovoltaico con paneles solares a los laboratorios de electromecánica del instituto universitario la paz?

## 2. OBJETIVO PRINCIPAL Y/O PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

Realizar un estudio de factibilidad para la implementación de un sistema de generación fotovoltaico con paneles solares a los laboratorios de electromecánica del Instituto Universitario la Paz

### Objetivos Específicos

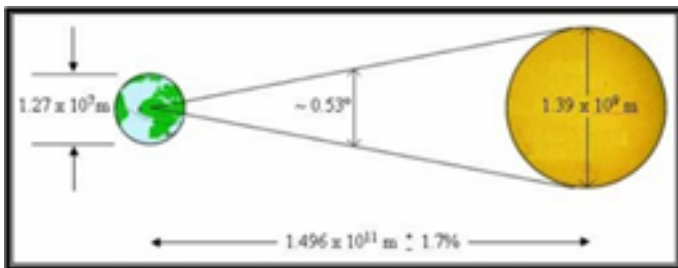
- Establecer los rangos de demanda energética requeridos por el sistema de generación de energía a través de la identificación de cargas y características técnicas de los equipos que conforman los laboratorios de electromecánica con el propósito de conocer la demanda energética.

- Elaborar los cálculos analíticos de irradiación solar para conocer la cantidad de módulos solares, baterías y elementos electrónicos requeridos para satisfacer la demanda energética de las cargas equivalentes derivadas de los laboratorios de electromecánica.
- Dibujar los planos arquitectónicos del sistema fotovoltaico a través del software SOLARIUS PV para conocer la distribución y conexiones eléctricas que conforman el sistema de alimentación energético

### 3. MARCO TEÓRICO

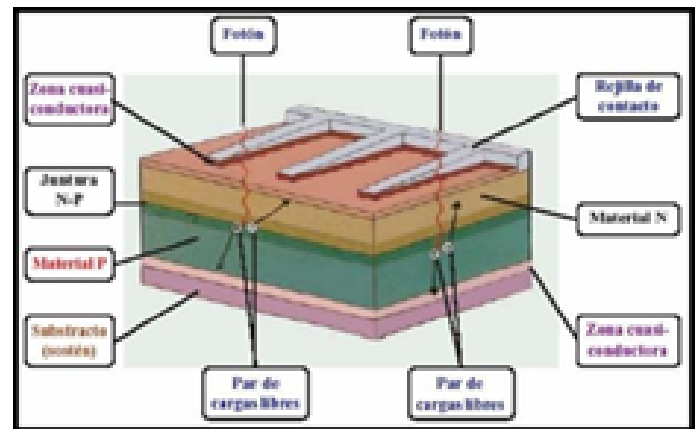
El sol es una fuente inagotable de energía, debido a la fusión de átomos de deuterio para formar un átomo de helio. Sorprendentemente, la radiación solar por segundo es mucho mayor que toda la energía consumida por la humanidad a lo largo de su historia. Parte de esta energía total llega a la Tierra en forma de radiación electromagnética, consistente en rayos de diferentes longitudes de onda, moviéndose a una velocidad de  $3 \times 10^8$  km/s; El resto lo irradia a la atmósfera con una capacidad de  $1,73 \times 10^{14}$  kW (Cedeño & García, 2020).

Fig. 1. Características Físicas del Sol



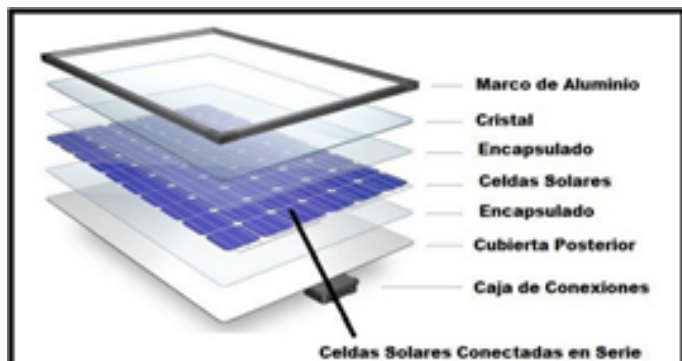
Los primeros estudios sobre la relación entre la luz y la electricidad se realizaron a principios del siglo XIX, y en este siglo el científico Henry Becquerel describió un fenómeno en el que la luz produce una carga eléctrica, y el movimiento en los metales se denomina efecto fotoeléctrico. Este sorprendente descubrimiento permitió a los científicos Chapin, Fueller y Pearson producir la primera celda fotovoltaica en 1954 (Peláez & Granada, 2019)..

Fig. 2. Configuración Física de la Célula Fotovoltaica



Los paneles solares fotovoltaicos captan la energía solar y luego la convierten en energía eléctrica; Consisten en una serie de celdas solares que son placas hechas de un material semiconductor, generalmente cristales de silicio, unidos entre sí. El funcionamiento de los paneles solares fotovoltaicos se da a través de procesos químicos generados en las celdas solares, donde se utiliza silicio para darle cargas positivas o negativas, mediante la adición de boro o fósforo. En este proceso, se forma un campo eléctrico mediante la eliminación de cargas eléctricas para generar energía eléctrica, cuando las células solares se exponen a la radiación solar (Rojas, 2019).

Fig. 3. Partes de los Paneles Solares Fotovoltaicos



#### 4. METODOLOGÍA

El método deductivo, por su parte, facilita el análisis de los resultados obtenido a través de la información de campo para dar así conclusiones lógicas y beneficiosas a partir de las premisas planteadas, con el propósito de comprender las razones del consumo energético y cargas totales por equipo. Finalmente, el método experimental, hace referencia a las mediciones realizadas en el laboratorio de electromecánica para la elaboración de cálculos analíticos de irradiación solar para conocer los elementos electrónicos necesarios con el fin de desarrollar los planos arquitectónicos del sistema fotovoltaico a través del software SOLARIUS PV.

El proyecto requiere un enfoque mixto que establece dos partes primeramente con un enfoque cualitativo, que determina y da a conocer una descripción detallada del proyecto, genera la recolección de datos fundamentales, parámetros vitales cualidades específicas que son obtenidas y deben tenerse en cuenta para la generación de continuas opiniones y datos que permitan el estudio de sistemas fotovoltaicos.

Por otro lado, en el enfoque cuantitativo se tiene en cuenta los datos numéricos encontrados por medio de los rangos de demanda energética requeridos por el sistema de generación de energía a través de la identificación de cargas y características técnicas de los equipos que conforman el laboratorio de electromecánica con el fin de elaborar los cálculos analíticos de irradiación solar para conocer la cantidad de módulos solares, baterías y elementos electrónicos requeridos para satisfacer la demanda energética.

La fuente de recolección primaria de la presente investigación hace referencia a la búsqueda de información en campo, la observación y medición de datos para la determinación de los rangos de demanda energética requeridos por el sistema de generación de energía a través de la identificación de cargas medidas en el laboratorio electromecánico del Instituto Universitario la Paz. Por otro lado, como fuente de información secundaria se tendrá en cuenta la recopilación de información a través de textos, trabajos de grados y documentos electrónicos que son esenciales en la obtención de datos.

#### 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Barrancabermeja tiene un buen potencial para el aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica, ya que se encuentra en una de las regiones de Colombia donde se destaca la oferta de energía solar (la región central con una radiación promedio de 4,5 kWh/m<sup>2</sup>) (Camacho, 2019).

la electrificadora ESSA de Santander lanzó su mayor proyecto solar en Barrancabermeja. El proyecto implicó la instalación de 105 paneles solares en el último piso del edificio administrativo de la sede de la empresa en Barrancabermeja. El sistema solar produce un promedio de 150 kilovatios-hora de electricidad por día, lo que puede proporcionar el 70% del consumo de energía del edificio (Guarín & Sánchez, 2021).

Por ende, con el propósito de determinar la distribución y carga total de la institución se realizó un registro del parámetro eléctrico a través del consumo eléctrico registrado según los equipos que tiene el laboratorio y su tiempo de uso.

Actualmente existe la necesidad de comprender y promover la conciencia de las personas y empresarios sobre el uso de energías limpias en los hogares, instituciones y negocios, teniendo en cuenta todas las necesidades de los lugares donde se utilizan estas tecnologías, como el consumo energético uso diario, semanal y mensual. Por ende, en el instituto universitario de la paz se desarrolló un registro paramétrico en el laboratorio de la universidad con el fin de determinar la distribución energética total.

Fig. 4. Instituto Universitario de la Paz



Se observa el Instituto universitario de la paz donde se le hará la medición y análisis de la carga actual para determinar la potencia con el fin de identificar la demanda energética requerida.

En el laboratorio se registraron 12 equipos eléctrico que producen el consumo total, se relaciona un compilado de la cantidad de equipos, su voltaje, consumo en vatios y la fotografía de identificación para su posterior análisis.

Tabla 1. Compilado de equipos electrónicos en el laboratorio.

Equipo	Cant	Voltaje (V)	Total, Vatio (W)
Pistola de calor de soldadura de reparación	1	110	740
Banco de herramientas	1	110	1500
Modulo didáctico negro	1	110	500
1 tablero de controles eléctricos y de potencia	1	220	3000
Cuenta colonias	1	117	40
Inversor de velocidades trifásico 220V	1	220	2000

Modulo didáctico a 110V	1	110	700
Impresora 3D de resina 300 vatios a 110V	1	110	300
Lectores biométricos	2	110	16
Aire industrial	1	230	1700
Farolas LED	16	120	60
Señalizaciones LED	2	110	40

en el cual intervienen diversos equipos, este consumo se obtuvo por medio de la potencia de los dispositivos y el tiempo de consumo, posteriormente se realizó la suma de los mismo y se halló el consumo total para el laboratorio, actualmente este consumo se basa principalmente en la energía fósil, y existen problemas lo que provoca el agotamiento de las reservas, la dependencia energética, la dificultad e incertidumbre del suministro energético, así como los efectos negativos sobre el medio ambiente.

La irradiación anual del espacio donde está ubicado las instalaciones de la UNIPAZ es de 4,6-5,0 kWh/m<sup>2</sup>. La temperatura media anual es de 29,6 °C. Estas características hacen de los paneles solares una excelente opción para la generación de energía.

Fig. 5. Instalaciones UNIPAZ



Tabla 2. Localización Unipaz.

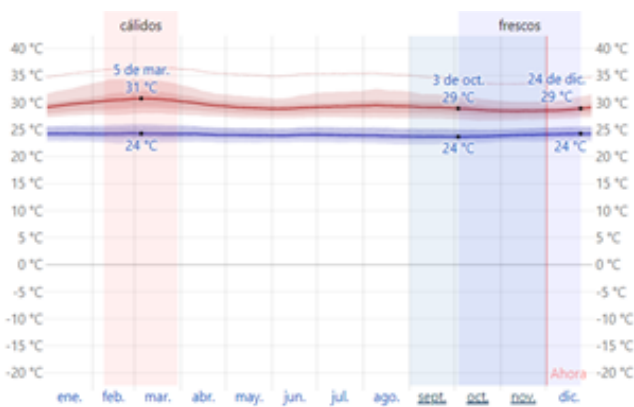
Localización	Barrancabermeja, Santander
País	Colombia
Región	América del Sur
Latitud	7.069415 N
Longitud	-73.74542 W
Altitud	76 msnm

Como todas las fuentes de energía alternativas, la energía solar tiene ventajas y limitaciones. Sin embargo, algunas de las limitaciones de esta fuente de energía pierden importancia cuando se considera su viabilidad en áreas tropicales como Colombia, en especial Barrancabermeja, en el laboratorio de electromecánica del instituto universitario la paz se determina un consumo total de 11.552W

Como propuesta se espera la integración de tecnología policristalina. Esta es la tecnología que proporciona la mejor relación kW h/kW p de todas las tecnologías y supondrá un aumento significativo en la producción de energía solar. Esta integración se propone teniendo en cuenta las condiciones geográficas del sitio. En su latitud cercana a Ecuador, la radiación solar cae perpendicular al techo. Por lo tanto, la integración de este tipo de sistemas es una opción muy recomendable en este caso particular.

En Barrancabermeja, la temporada alta de temperatura dura 1,7 meses, del 8 de febrero al 29 de marzo, con una temperatura máxima promedio diario superior a 30 °C. El mes más caluroso del año en Barrancabermeja es febrero con una temperatura promedio de 30 °C y una mínima de 24 °C. La temporada fresca dura 2,6 meses, del 3 de octubre al 24 de diciembre, con una temperatura de 24 °C máximo 29 °.

Fig. 6. Temperatura de Barrancabermeja



A continuación, se resalta un estudio de viabilidad en cuanto a la implementación de un sistema solar fotovoltaico en las piscícolas. Inicialmente se plantea la identificación de una serie de pautas requeridas para la construcción, óptimo funcionamiento y normativas requeridas para la estructuración del mismo.

Demanda de potencia=69.3 KW/Día

El sistema solar puede suministrar un máximo de 5 horas diarias el restante debe ser guardado en baterías para poder mantener la energía demanda.

11.552 W/h

Hora de energía solar 5 horas

11.5 KW/h\*5 h=57.5 KW

La energía solar en 5 h=57.5 KW la energía restante en baterías

69.3 KW-57.5 KW=11.8KW (Energía total almacenada en la batería)

1552 W\*30%=3465.6 W

11552 W+3465.6 W=15017.6

15017 W / 340 W =44.16 Paneles

Se aproxima a 45 paneles de 340 W

Se colocan 5 juegos de 9 paneles de 340 W en serie para generar 216 voltios y y a su vez estos conectados en paralelo.

45 paneles\*340 W=15300W

15300 W\*5 h=76500 W=76.5 KW

Para el banco de baterías está calculado para almacenar 11.8 KW se utilizan baterías de 255 amperios hora a 12 voltios

La corriente almacenada para el sistema fotovoltaico está dada:

$$I=P/V$$

I= Intensidad (amperios) A

P= Potencia (vatios) W

V= Voltaje (voltios) V

$$I= 11800W / 24 V$$

$$I= 491.6 A$$

Cantidad de baterías

Baterías = Corriente suministrada / Cantidad de corriente almacenada por batería

$$Baterías=(491.6A)/(255 A)=1.92 \text{ baterías}$$

aproximadamente 2 baterías

Se aproxima a 4 baterías, como solo se utiliza el 50 por ciento de las baterías se utilizan el doble y su vez la configuración.

Tabla 3. Requisitos para el sistema solar

Descripción	Valor
Número de módulos fotovoltaicos	45
Potencia pico del módulo fotovoltaico	340
Numero de baterías	4
Potencia de almacenamiento de baterías	11.8 KW
Inversor	24 DC a 220 AC

Se detallan las especificaciones técnicas de los equipos necesarios para la implementación del sistema solar en el laboratorio de electromecánica del Instituto Universitario de la Paz

Tabla 4. Especificaciones técnicas del equipo necesitado

Equipo	Descripción
MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	Voltaje:12V Potencia máxima:210 W Formato de venta: Unidad Ancho x Largo: 120 cm x 100cm Peso: 28 kg Eficiencia: 21.3%
BATERÍAS	BATERIA 12V 35AH Peso: 28.5 kg Capacidad: 100Ah C10 Número de ciclos al 100%: 550 Número de ciclos al 30%: 2.400 Temperatura de operación: -20 - 40°
INVERSOR	Voltaje de salida nomina RMS 100V/110V/120V AC Eficiencia del MPPT 98% Voltaje de la batería 24V Corriente de carga máxima de 60-30AMP

REGULADOR DE VOLTAJE	Auto reconocimiento 12/24V Pantalla LCD Indicadores LED Salida de 12VDC de carga de iluminación Útil para cualquier sistema solar.
CABLE CONDUCTOR CONCÉNTRICO	Cable Eléctrico Encauchetado 3x12 awg Línea Económica Nacional. Color: Negro. Recubrimiento: Pvc de alta resistencia. Conductor: Cobre Aleación
CABLE CONDUCTOR CONCÉNTRICO	Cable Eléctrico Encauchetado 3x12 awg Línea Económica Nacional. Color: Negro. Recubrimiento: Pvc de alta resistencia. Conductor: Cobre Aleación

CONECTOR PANEL SOLAR	Especificaciones de cableado: 2,5/4/6 mm (AWG14/12/10) Voltaje de trabajo: igual o inferior a 1000 V Material de la carcasa: material de aislamiento PPO Rango de temperatura: -40 grados C a +85 grados C
----------------------	---

Tabla 5. Costo de materiales en el sistema fotovoltaico

Descripción	Cant	Precio Unitario	Precio Total
Módulos fotovoltaicos	45	\$564.90	\$25.420.500
Numero de Baterías	4	\$255.00	\$1.020.000
Inversor	1	\$479.00	\$479.00
Regulador de Voltaje	1	\$237.00	\$237.00
Cable Conductor Concéntrico	2	\$105.70	\$211.40
Conector Panel Solar	45	\$98.00	\$4.410.000
TOTAL			\$31.777.900

Se evidencian los costos unitarios y totales de los elementos necesario para la implementación de un sistema fotovoltaico para el laboratorio electromecánico del instituto Universitario de la Paz, por medio del cual se concluye que es necesario una inversión de \$ 31.777.900 para la puesta en marcha del presente proyecto.

Solaris PV es un software BIM que fue pionero en la escala de las instalaciones eléctricas solares. Este software se utiliza para simulaciones, las cuales podemos realizar a cualquier tipo de tensión dependiendo de las necesidades del cliente o del lugar donde se vaya a implementar. Ellos pueden ser:

- Instalación en edificios nuevos o existentes de mayor tamaño (parques solares).
- Seleccionar cualquier ubicación (ubicación geográfica con datos climáticos de referencia).
- Cargar módulos e inversores de cualquier tipo (archivos con miles de modelos). Tiene la ventaja de usar modelado 3D

Fig. 7. Plano arquitectónico de la batería

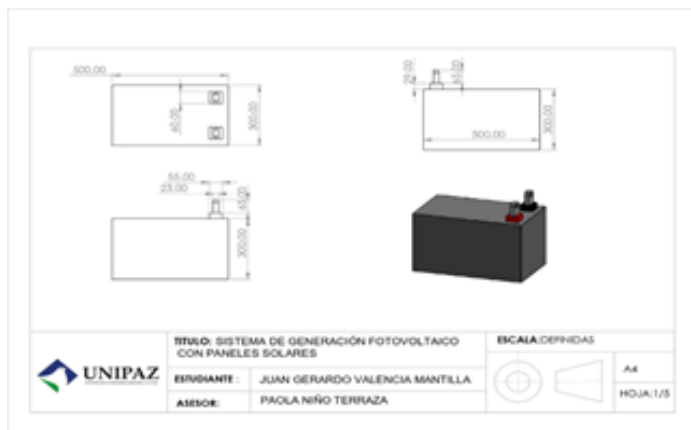
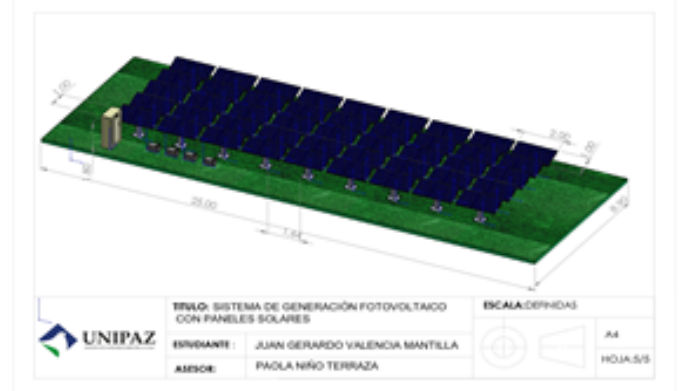


Fig. 8. Plano arquitectónico del panel solar



Fig. 9. Plano arquitectónico del sistema fotovoltaico en vista isométrica



## 6. CONCLUSIONES

La dependencia energética de la humanidad ha aumentado con el tiempo, por lo que se busca una solución para satisfacer la demanda energética cada vez mayor. La idea es utilizar los abundantes y casi inagotables recursos naturales locales, como el viento, el sol, el agua, para producir electricidad de manera sostenible al menor costo, mientras que las fuentes de energía tradicionales también permiten la renovación de estos recursos.

Al generar electricidad sin involucrar procesos de combustión ni etapas de desarrollo térmico, se postula como un proceso muy favorable desde el punto de vista ecológico, ya que es teóricamente limpio y no tiene problemas de contaminación, etc. Cabe señalar que se suprime por completo el impacto de la cantidad de combustible durante la extracción, transformación, transporte y quema, lo que sin duda beneficia la protección de la atmósfera, el agua, los animales, la vegetación, el suelo y la salud humana.

Los avances tecnológicos en energías renovables van en aumento hasta tal punto que ahora es más fácil integrar las energías renovables en los sistemas energéticos tanto para comunidades aisladas como para otras que están conectadas a la red. La energía renovable se puede integrar en los sistemas de energía en áreas remotas para reducir los costos operativos y las emisiones nocivas. Uno de los aspectos más importantes del progreso económico de un país es proporcionar energía suficiente y confiable a un menor costo y, lo más importante, ser amigable con el medio ambiente.

## 7. RECOMENDACIONES

Para implementar un sistema fotovoltaico se deben cumplir las condiciones de ubicación y tamaño, porque no siempre se cumplen los parámetros, y se encontrarán errores de factibilidad, porque el retorno de la inversión será muy alto.

En relación con este proyecto, es imperativo que el operario tenga un buen conocimiento del manejo y mantenimiento de los sistemas solares, ya que esto afecta la operación y vida útil de los paneles.

Se recomienda implementar el diseño realizado en el actual proyecto, con el fin de una óptima distribución del espacio en base a los paneles solares necesarios para la alimentación del laboratorio de la universidad.

## REFERENCIAS

Barón, C. (s. f.). Capacidad instalada de energía solar en Colombia de 2015 a 2022. Statista. <https://es.statista.com/estadisticas/1238176/capacidad-instalada-energia-solar-colombia/>

Beltrán, A., Poveda, M., & Carvajal, D. (2018). Estudio de prefactibilidad para la implementación del sistema de energización solar fotovoltaico para el laboratorio de ingeniería civil de la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Villavicencio (Trabajo de grado, Universidad Cooperativa de Colombia). Repositorio Institucional UCC. [https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/6272/1/2018\\_estudio\\_prefactibilidad\\_implementacion.pdf](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/6272/1/2018_estudio_prefactibilidad_implementacion.pdf)

Camacho, C. (2019). Determinación de la factibilidad para la implementación de celdas fotovoltaicas en las bodegas 11 y 22 de la Corporación de Abastos de Bogotá S.A. (Trabajo de grado, Universidad El Bosque). Repositorio Institucional Universidad El Bosque. <https://repositorio.unbosque.edu.co/items/b3cfc588-fb25-4273-86d3-898d83118041>

Cedeño, E., & García, C. (2020). Estudio de factibilidad para la implementación de un sistema fotovoltaico activado por los vehículos que circulan, como energía alternativa para el Puente de la Unidad Nacional de la ciudad de Guayaquil, que permitirá sustentar su alumbrado (Trabajo de titulación, Universidad Politécnica Salesiana). Repositorio Institucional UPS.  
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20689>

Guarín, D., & Sánchez, M. (2021). Estudio de factibilidad para la implementación de energía limpia con paneles solares (Trabajo de grado, Universidad Cooperativa de Colombia). Repositorio Institucional UCC.  
<https://repository.ucc.edu.co/bitstreams/8d164200-faee-442e-81e3-444588b49280/download>

León, M. (2022). Estudio de factibilidad para la implementación de sistemas fotovoltaicos en residencias de la parroquia la puntilla perteneciente al cantón zamborondón (Trabajo de titulación, Universidad Politécnica Salesiana). Repositorio Institucional UPS.  
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22960>

Peláez, C., & Granada, M. (2019). Análisis de viabilidad para la implementación de la energía solar en la planta de confección Diseños con Estilo de Dosquebradas (Trabajo de grado, Universidad Tecnológica de Pereira). Repositorio Institucional UTP.  
<https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/5a53a582-017c-4c8a-8f66-ace6e37>

Quintero, B., & Cárdenas, J. (2017). Estudio de factibilidad para la creación de una empresa dedicada al diseño, instalación y servicio técnico de dispositivos de energía solar (Trabajo de grado, Universidad Católica de Pereira). Repositorio Institucional UCP.  
<https://repositorio.ucp.edu.co/bitstream/10785/4366/1/DDMIIND35.pdf>

Rojas, S. (2019). Estudio de factibilidad para la implementación de un sistema de paneles fotovoltaicos como energía alternativa en una unidad residencial de la localidad de Puente Aranda (Trabajo de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas). RIUD.  
<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/22997/RojasDiazSebastianAndres2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>