

Construcción de un banco de pruebas para la toma datos de radiación solar en la UTS, en el periodo 2024-2025.

Modalidad:

Saray Smith Santos Caballero

1097780551

Edinson Andrés Moreno Cepeda

1007735314

Azael Nahum Salas Ruz

1003896008

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER**

**Tecnología en Gestión de Recursos Energéticos**

**Barrancabermeja, 26/02/2025**



Construcción de un banco de pruebas para la toma datos de radiación solar en la UTS, en el periodo 2024-2025.

Modalidad

Saray Smith Santos Caballero

1097780551

Edinson Andrés Moreno Cepeda

1007735314

Azael Nahum Salas Ruz

1003896008

Trabajo de Grado para optar al título de

Título al que optan los autores

**DIRECTOR**

JIMMY NORMAN JULIO SEPULVEDA

Grupo de investigación – SIGLA

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER**

**Tecnología en Gestión de Recursos Energéticos**

**Barrancabermeja, 26/02/2025**

Nota de Aceptación

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Firma del Evaluador

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Firma del Director

**DEDICATORIA**

Nota mediante la cual los autores ofrecen su trabajo, en forma especial, a personas o entidades. Su presentación es opcional. Si se incluye no debe ser mayor a un párrafo por cada autor (máximo 14 líneas).

**AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan el reconocimiento hacia las personas y entidades que asesoran técnicamente, suministraron datos, financiaron total o parcialmente la investigación o contribuyeron significativamente al desarrollo del trabajo de grado. Es opcional y debe contener, además de la nota correspondiente, los nombres de las personas con sus respectivos cargos y nombres completos de las instituciones y su aporte al trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

[RESUMEN EJECUTIVO 9](#_Toc25074334)

[INTRODUCCIÓN 10](#_Toc25074335)

[1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN 11](#_Toc25074336)

[1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 11](#_Toc25074337)

[1.2. JUSTIFICACIÓN 12](#_Toc25074338)

[1.3. OBJETIVOS 12](#_Toc25074339)

[1.3.1. OBJETIVO GENERAL 12](#_Toc25074340)

[1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 13](#_Toc25074341)

[1.4. ESTADO DEL ARTE 13](#_Toc25074342)

[2. MARCO REFERENCIAL 14](#_Toc25074343)

[3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION 15](#_Toc25074344)

[4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO 16](#_Toc25074345)

[5. RESULTADOS 18](#_Toc25074346)

[6. CONCLUSIONES 19](#_Toc25074347)

[7. RECOMENDACIONES 20](#_Toc25074348)

[8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 21](#_Toc25074349)

[9. APENDICES 22](#_Toc25074350)

[10. ANEXOS 23](#_Toc25074351)

LISTA DE FIGURAS

[Figura 1. Tipos de Investigación 19](#_Toc443661245)

LISTA DE TABLAS

[Tabla 1. Fase 1 20](#_Toc443661246)

# RESUMEN EJECUTIVO

Se describe en máximo 300 palabras y debe contener una descripción de los objetivos, la metodología, los resultados y las conclusiones del trabajo desarrollado.

**PALABRAS CLAVE**. Se deben presentar máximo 5 palabras clave.

# INTRODUCCIÓN

En la sección de introducción, los autores deben proporcionar al lector(a) los antecedentes suficientes que le permitan ubicar el tema y el informe en el contexto de la literatura pasada y presente, empleando correctamente las normas APA (*American Psychological Association*) para la citación de referencias. Es importante seleccionar adecuadamente la literatura a citar en esta sección y se deberá dejar en claro porqué, existiendo toda esa información disponible, el trabajo presentado representa un aporte importante a la comunidad.

En la Introducción también se debe dejar en claro el método empleado para la solución del problema, sea este de tipo experimental, teórico, o computacional, la cual debe ser explicada con mayor detalle en la sección 3 de desarrollo del trabajo de grado.

# 

# DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La creciente adopción de tecnologías de energía solar en Colombia enfrenta importantes desafíos, particularmente en el ámbito educativo. En los laboratorios universitarios, el acceso limitado a datos precisos sobre radiación solar y la carencia de herramientas prácticas para su análisis obstaculizan la correcta comprensión de los procesos óptimos para la instalación de paneles solares. Dado que la radiación solar es un factor crítico para maximizar la eficiencia y garantizar la viabilidad económica de los proyectos fotovoltaicos, la falta de información precisa dificulta el aprendizaje y la capacidad de los estudiantes para desarrollar competencias prácticas clave. Esta carencia no solo afecta la calidad del conocimiento teórico, sino también la preparación de los estudiantes para enfrentar las demandas del mercado laboral en el sector de las energías renovables. El problema, por tanto, no se limita a la falta de datos o herramientas, sino que compromete el desarrollo de habilidades prácticas esenciales para el crecimiento sostenible de las energías renovables. En este contexto, la pregunta de investigación planteada es: ¿Cómo puede la implementación de un banco de estudio de radiación solar mejorar el aprendizaje y la preparación de los estudiantes en la instalación y optimización de sistemas fotovoltaicos?

## JUSTIFICACIÓN

Este proyecto se basa en la investigación e implementación de un banco de pruebas para medir la radiación solar, que permita a los estudiantes realizar prácticas para conocer la radiación solar recibida en tiempo real y así poder desarrollar habilidades útiles para el manejo de esta energía. Su implementación pretende mejorar la calidad de la educación en energías renovables, y de esta forma ampliar los conocimientos en las competencias académicas y las demandas del mercado laboral para los egresados de las Unidades Tecnológicas de Santander (UTS), regional Barrancabermeja, promoviendo así una formación más integral y aplicada.

El aporte a la sociedad se verá reflejado en un aumento de profesionales capacitados para implementar tecnologías solares, lo que contribuirá a la sostenibilidad y la transición energética del país, disminuyendo así la huella de carbono producida por otras fuentes más contaminantes.

Esto contribuirá al grupo de investigación DIANOIA en la mejora de los laboratorios de energías renovables y permitirá a las Unidades Tecnológicas de Santander (UTS) contar con instalaciones más completas para la realización de prácticas. Esto brindará a los estudiantes una experiencia más enriquecedora y pertinente, permitiendo adquirir conocimientos prácticos mejores calificados, mejorando sus perspectivas de empleo y estabilidad laboral al desarrollar habilidades prácticas que responden a las necesidades del sector.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Construir un banco de medición de radiación solar, por medio de una termopila aprovechando el efecto Seebeck en los metales, para apoyar el análisis y estudio de la radiación solar recibida en determinadas horas y ángulos durante el día, en los laboratorios de las Unidades Tecnológicas de Santander, regional Barrancabermeja.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

* Diseñar un sistema de orientación solar para asegurar que el dispositivo siga el movimiento del sol y maximice la precisión de las mediciones.
* Desarrollar un sistema de almacenamiento, procesamiento y transmisión de datos, con sus respectivas validaciones, por medio de un prototipo, permitiendo que los datos de radiación solar se guarden y estén disponibles en tiempo real para su análisis.
* Programar una interfaz para que los usuarios puedan acceder fácilmente a los datos de radiación solar recopilados.
* Realizar un manual de prácticas para determinar la viabilidad y manejo de los datos obtenidos por los estudiantes.

## ESTADO DEL ARTE

A nivel internacional, se encontró un proyecto de investigación titulado Análisis del potencial solar térmico en Argentina del Programa de Desarrollo de la Industria Solar Térmica (PRODIST) Argentina (L.C. Navntoft, 2022). Resumen: el proyecto busca analizar el potencial de la energía solar térmica en Argentina, con un enfoque en sectores clave como el residencial, hotelero, salud e industria. El objetivo es identificar oportunidades para la instalación de colectores solares que puedan sustituir el uso de gas natural y reducir emisiones de CO2. El estudio utiliza un enfoque cuantitativo para estimar la demanda de agua caliente en los diferentes sectores y superficie de colectores solares necesarios para satisfacer esta demanda. Se basan en datos estadísticos, informes previos y estándares internacionales.

El estudio revela que Argentina tiene un gran potencial para la energía solar térmica. Se estimaron áreas potenciales de colectores en los sectores residenciales, hotelero, salud e industria, con importantes ahorros en gas natural y reducción de emisiones de CO2. El estudio concluye que la energía solar térmica tiene un potencial considerable para mejorar la eficiencia energética en Argentina, especialmente en sectores como alta demanda de calor. Sin embargo, su desarrollo depende de políticas públicas específicas y apoyo gubernamental.

Conector: Este proyecto es similar porque se basa en el estudio de datos de radiación solar para determinar la viabilidad de la energía solar térmica en sectores específicos de Argentina, el aporte que brinda este proyecto es su método de análisis de datos solares por medio de gráficos y tablas que muestran la radiación recibida en el año.

A nivel internacional, se encontró estudio titulado Estudio del impacto de la radiación solar ultravioleta en las personas por medio de información de satélite, de la universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Argentina (Stadler, 2021). Resumen: el proyecto tuvo como objetivo estudiar y cuantificar la radiación solar ultravioleta (UV) en la superficie, utilizando datos satelitales en las ciudades argentinas de Buenos Aires y Mar de Plata. El estudio busca identificar casos de riesgo para la salud humana debido a la exposición a la radiación UV, con especial atención a los meses de verano, cuando la radiación y la exposición son mayore. El estudio empleó una investigación cuantitativa basada en el uso de datos satelitales. Se usaron sensores OMI y CERES de los satélites Aura y Terra de la NASA para obtener datos sobre la columna total de ozono y el índice UV (IUV). También se empleó el modelo paramétrico de Madronich, ajustado para las condiciones locales, para calcular el IUV en situaciones de cielo despejado y comparar con las mediciones reales. El estudio encontró que, durante los meses de verano, los valores del índice UV en Buenos Aires y Mar de Plata alcanzaron niveles “muy altos” y “extremadamente altos”, según la clasificación de la organización mundial de la salud. Además, se descubrió que la presencia de nubes puede reducir la radiación UV hasta en un 80% los tipos de piel más claros (I y II) son los más vulnerables, con dosis eritémicas que pueden llegar ser hasta 15 veces superiores a las necesarias para causar eritema. El modelo paramétrico ajustado mostro una alta precisión, con un margen de error de ± 10%. Los resultados confirmaron la importancia de tomar medidas de foto protección en las ciudades estudiadas, especialmente durante el verano

Conector: Este proyecto es similar porque utiliza datos de radiación solar obtenidos por satélite para validar sus hipótesis y realizar sus análisis, los aportes de este proyecto son sus registros de datos obtenidos de satélites confiables de la NASA y el conocimiento brindado sobre los tipos de radiación solar que se reciben en la tierra.

A nivel nacional se encontró un proyecto de investigación, titulado Análisis y Predicción de Radiación en Sistema Fotovoltaicos Haciendo Uso de Machine Learning, de la universidad de los Andes, Colombia (Jiménez, 2023). Resumen: El proyecto tuvo como objetivo desarrollar un modelo de predicción de radiación solar utilizando redes neuronales LSTM para mejorar la eficiencia y la gestión de plantas fotovoltaicas. La predicción precisa de la radiación solar es esencial para optimizar la generación de energía y la operación de dichas plantas, facilitando la toma de decisiones informadas.

La metodología aplicada fue de carácter iterativo, dividiéndose en siete etapas: selección de datos, preprocesamiento, selección del modelo, entrenamiento, evaluación, mejora e implementación del modelo. Además, se realizó una exhaustiva revisión bibliográfica para comprender los fundamentos físicos y matemáticos relacionados con las plantas fotovoltaicas y el aprendizaje profundo. Durante el proceso, se hicieron ajustes continuos para optimizar el rendimiento del modelo.

En cuanto a los resultados, el modelo final alcanzó una correlación alta (R=0.983) entre las predicciones y los valores reales, mostrando una buena aproximación a los datos medidos en la planta fotovoltaica. No obstante, se identificaron discrepancias durante las horas nocturnas, cuando la radiación es cercana a cero.

Las conclusiones del proyecto indican que el uso de redes neuronales LSTM es adecuado para predecir la radiación solar y puede contribuir significativamente a mejorar la eficiencia de las plantas solares. Se recomienda realizar futuros ajustes en el modelo, particularmente para mejorar las predicciones durante las horas de radiación mínima, y continuar optimizando los hiperparámetros para una mejor generalización del modelo. Además, se sugirió la inclusión de nuevas variables para mejorar la precisión de las predicciones.

Conector: Este proyecto es similar porque ambos se centran en la medición y análisis de la radiación solar. Este proyecto busca analizar datos de la radiación solar con el fin de optimizar el rendimiento de sistemas solares.

A nivel nacional se encontró un proyecto de investigación, titulado Predicción de la radiación solar mediante modelos de forecasting estadísticos tradicionales y de machine learning con datos históricos de la planta solar del edificio Santo Domingo de la Universidad de los Andes, Colombia (Sánchez, 2020). Resumen: El proyecto tiene como objetivo desarrollar modelos estadísticos y de machine learning para la estimación de la irradiancia solar en los paneles solares del edificio Santo Domingo de la Universidad de los Andes, con el fin de comparar la eficiencia de los métodos tradicionales (ARIMA, suavización exponencial, ARCH) frente a técnicas modernas de inteligencia artificial. Este análisis pretende mejorar la planificación y el diseño de sistemas fotovoltaicos, optimizando la producción de energía y reduciendo costos operativos.

La metodología se basa en la selección de datos históricos de la planta solar, el preprocesamiento de los mismos, y la implementación de modelos tanto tradicionales como de redes neuronales artificiales. Los modelos fueron evaluados mediante métricas como el error cuadrático medio (MSE) y el error absoluto medio (MAE), usando validación cruzada para asegurar la robustez de los resultados.

Los resultados mostraron que las redes neuronales, especialmente las LSTM (Long Short-Term Memory), ofrecen una mayor precisión en la predicción de la radiación solar frente a los métodos tradicionales. Esto se debe a su capacidad para aprender patrones complejos en series temporales. Sin embargo, los modelos tradicionales fueron más eficientes en términos de recursos computacionales para predicciones de corto plazo.

En conclusión, el uso de machine learning en la predicción de irradiancia solar promete mejoras significativas en la planificación de plantas solares. Los métodos tradicionales aún son útiles para predicciones rápidas y con menos demanda computacional, pero la elección del modelo dependerá del contexto específico y los objetivos del proyecto.

Conector: Este es similar porque tienen un enfoque central en la radiación solar, proporcionando metodologías para el análisis de los datos que permiten hacer comparativas con los datos obtenidos del piranómetro.

A nivel nacional se encontró un proyecto de investigación titulado Proyectos Fotovoltaicos Flotantes: Consideraciones Ambientales, Geográficas y Sociales para su Desarrollo en Colombia, de la Universidad del Rosario, Bogotá, Colombia (Avila, 2023). Resumen: El proyecto tuvo como objetivo evaluar el potencial de las plantas solares flotantes (FPV) en Colombia, considerando los aspectos ambientales, sociales y geográficos. Se identificaron factores claves como el aprovechamiento de cuerpos de agua y la optimización de la eficiencia energética mediante el enfriamiento natural de los paneles solares.

La metodología aplicada fue una revisión exhaustiva de la literatura nacional e internacional, estructurada en varias etapas: selección de embalses, evaluación de irradiación solar, análisis de impacto ambiental y social, y modelación de escenarios de implementación. Además, se evaluaron normativas aplicables en el país y las lecciones aprendidas de proyectos internacionales. Durante el proceso, se realizaron ajustes en los modelos propuestos para mejorar la precisión de las estimaciones energéticas.

En cuanto a los resultados, se concluyó que los embalses en Colombia presentan un gran potencial para la implementación de proyectos FPV, con una irradiación horizontal global (GHI) que en algunos casos supera los 2.000 kWh/m²/año, lo que generaría un aumento en la eficiencia energética del 10% en comparación con sistemas convencionales en tierra. Sin embargo, se identificaron retos relacionados con el impacto ambiental y la compatibilidad con otras actividades en los embalses.

Las conclusiones del proyecto indican que los sistemas FPV representan una solución viable para aumentar la capacidad energética del país, contribuyendo a la reducción de emisiones y a la diversificación de la matriz energética. Se recomendó priorizar estudios detallados en los cuerpos de agua más grandes y avanzar en la formulación de políticas que faciliten la implementación de estos proyectos a nivel nacional. Además, se sugiere incluir variables como la velocidad del viento y el impacto en la fauna local en futuros estudios.

Conector: Este proyecto es similar porque se basa en el análisis de datos de radiación solar para conocer las condiciones óptimas para la instalación de sistemas solares fotovoltaicos acuáticos.

A nivel nacional se encontró un proyecto de investigación titulado: “Implementación de un banco de pruebas para un sistema de seguimiento solar”, de la Universidad de los Andes, Colombia (Mancera, 2022). Resumen: El proyecto tuvo como objetivo diseñar e implementar, un banco de pruebas para un sistema de seguimiento solar de dos ejes que optimice la captación de energía, ajustando el ángulo de los paneles fotovoltaicos tanto en elevación como en azimut. Este sistema buscaba aumentar la eficiencia de la producción de energía, en comparación con una configuración estática de 10 grados de inclinación. La metodología aplicada fue de carácter experimental iniciando con una revisión de la literatura para seleccionar el mejor mecanismo de seguimiento solar y continuando con el diseño de la estructura en Autodesk Inventor. Posteriormente las piezas se fabricaron mediante impresión 3D y el sistema de control, se implementó con Arduino UNO utilizando sensores de luz (LDR) y servomotores para, ajustar los ángulos del sistema. Se realizaron pruebas comparativas entre el sistema de seguimiento y un panel estático registrando los datos de tensión y potencia obtenidos a lo largo del día. Respecto a los resultados se observó que el sistema de seguimiento solar obtuvo en promedio un 10,7% más de energía que la configuración estática mostrando mayor eficiencia durante la mayor parte de las horas del día especialmente en condiciones de radiación directa. Los resultados del proyecto indicaron que el sistema de seguimiento solar de doble eje mejora significativamente la eficiencia de recolección de energía solar en comparación con un panel fijo. Se recomendaron ajustes de diseño para optimizar aún más el rendimiento del sistema y reducir el consumo de energía del propio mecanismo de seguimiento.

Conector: Este proyecto es similar porque se basa en el análisis de datos de radiación solar para aumentar la captura de la energía solar.

# 

# MARCO REFERENCIAL

## MARCO TEORICO

En este capítulo se investigan y analizan los conceptos fundamentales relacionados con la medición de radiación solar y su aplicación en sistemas fotovoltaicos, con el fin de sustentar el desarrollo de un banco de pruebas para la medición de radiación solar en las Unidades Tecnológicas de Santander (UTS). Este marco teórico proporciona una base sólida de conocimientos que permite contextualizar la problemática planteada y fundamentar la solución propuesta, enfocándose en la importancia de la educación práctica en energías renovables y la optimización de sistemas solares.

### Energías Renovables y Transición Energética

La creciente preocupación por los efectos del cambio climático y la necesidad de reducir la dependencia de los combustibles fósiles han impulsado la transición hacia fuentes de energía renovable. Según estudios internacionales, como el análisis del potencial solar térmico en Argentina, las energías renovables no solo son más sostenibles, sino que también generan más empleo y son más económicas a largo plazo. En Colombia, esta transición es fundamental para reducir la huella de carbono y promover un desarrollo sostenible. La energía solar, en particular, juega un papel crucial en este proceso debido a su abundancia y bajo impacto ambiental.

### Radiación Solar

La radiación solar es la energía emitida por el Sol en forma de ondas electromagnéticas. Esta energía es fundamental para el desarrollo de tecnologías fotovoltaicas, ya que su aprovechamiento permite la generación de electricidad de manera sostenible. La radiación solar se clasifica en tres tipos principales:

* **Radiación directa**: Energía que llega directamente del Sol sin interacción con elementos atmosféricos. Es la radiación predominante en días soleados y es crucial para la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos.
* **Radiación difusa:** Energía que ha sido dispersada por partículas en la atmósfera, como nubes o contaminantes. Este tipo de radiación es más común en días nublados.
* **Radiación reflejada:** Energía que es reflejada por la superficie terrestre o por otros elementos, como el agua o la nieve. Este tipo de radiación es importante en zonas con alta reflectividad.

La medición precisa de estos tipos de radiación es esencial para optimizar la instalación y el rendimiento de sistemas fotovoltaicos, ya que permite analizar las condiciones locales y su impacto en la eficiencia energética.

### Efecto Seebeck y su Aplicación en la Medición de Radiación Solar

El efecto Seebeck es un principio físico que describe la generación de una corriente eléctrica en un circuito cerrado compuesto por dos metales diferentes cuando existe una diferencia de temperatura entre sus extremos. Este fenómeno es la base para el diseño del banco de pruebas propuesto, ya que permite medir la radiación solar a través de la conversión de energía térmica en energía eléctrica.

La implementación de este principio en el proyecto no solo facilita la medición de la radiación solar, sino que también proporciona una herramienta educativa para que los estudiantes comprendan su aplicación en tecnologías renovables. El uso de una termopila basada en el efecto Seebeck permitirá realizar mediciones precisas y en tiempo real, lo que es fundamental para el análisis y la optimización de sistemas fotovoltaicos.

### Sistemas Fotovoltaicos y celdas

Los sistemas fotovoltaicos son dispositivos que convierten la radiación solar en electricidad mediante el uso de células fotovoltaicas. Estas células, generalmente fabricadas con silicio, aprovechan el efecto fotoeléctrico para generar corriente eléctrica cuando son expuestas a la luz solar. El diseño y la instalación de sistemas fotovoltaicos dependen de varios factores, como:

* La intensidad y el tipo de radiación solar disponible.
* La orientación y el ángulo de los paneles solares.
* Las condiciones climáticas locales.

El banco de pruebas propuesto en este proyecto permitirá a los estudiantes analizar estos factores en un entorno controlado, mejorando su comprensión de los principios que rigen el funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos. Además, el proyecto incluye el desarrollo de un sistema de orientación solar automatizado que maximizará la precisión de las mediciones al seguir el movimiento del sol.

Las celdas fotovoltaicas operan mediante el efecto fotovoltaico, un fenómeno físico que permite convertir directamente la energía lumínica en electricidad. Este proceso ocurre cuando los fotones de la luz solar inciden sobre materiales semiconductores (generalmente silicio), provocando la excitación de electrones que saltan de la banda de valencia a la banda de conducción, generando pares electrón-hueco. La estructura de la celda, compuesta por una unión P-N con campos eléctricos internos, separa estas cargas y crea una diferencia de potencial que puede aprovecharse como corriente eléctrica en un circuito externo.

**Silicio monocristalino**

* **Estructura:** Formadas por un único cristal de silicio de alta pureza
* **Eficiencia:** 17-22%
* **Características:** Color negro uniforme, esquinas redondeadas, mayor durabilidad (25-30 años)

**Silicio policristalino**

* **Estructura:** Compuestas por múltiples cristales de silicio
* **Eficiencia:** 15-17%
* **Características:** Apariencia azulada con patrón cristalino visible, menor costo de fabricación, vida útil de 20-25 años

**Silicio amorfo (capa fina)**

* **Estructura:** Silicio no cristalino depositado en capas delgadas
* **Eficiencia:** 6-9%
* **Características:** Flexibles, funcionan con luz difusa, menor costo, degradación inicial pronunciada

**Eficiencia y rendimiento:** La eficiencia de las celdas fotovoltaicas está determinada por diversos factores:

1. **Material semiconductor**: Las propiedades intrínsecas del material determinan la banda prohibida y la capacidad de absorción del espectro solar.
2. **Temperatura**: El rendimiento disminuye aproximadamente 0.4-0.5% por cada grado Celsius por encima de 25°C.
3. **Radiación solar**: La intensidad y el espectro de la luz incidente afectan directamente la generación de energía.
4. **Ángulo de incidencia**: La orientación óptima maximiza la captación de radiación solar.
5. **Resistencia interna**: Las pérdidas por resistencia serie y paralelo reducen la eficiencia.

**Recombinación de portadores**: La recombinación prematura de pares electrón-hueco disminuye la corriente generada.

**Reflexión superficial**: Las técnicas antirreflectantes minimizan las pérdidas por reflexión.

**Ventajas y desventajas de cada tipo de celda**

***Tabla 1***.

*Descripción de ventajas y desventajas de cada tipo de celda solar*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Tipo | Ventajas | Desventajas |
| Monocristalino | Mayor eficiencia, menor espacio requerido, mejor rendimiento a altas temperaturas, mayor vida útil | Costo más elevado, generación de residuos en fabricación, menor rendimiento con luz difusa |
| Policristalino | Costo moderado, proceso de fabricación menos intensivo, buen rendimiento general | Menor eficiencia que monocristalino, mayor sensibilidad a altas temperaturas |
| Amorfo | Bajo costo, flexible, funciona con luz difusa, integración arquitectónica | Baja eficiencia, degradación inicial (efecto Staebler-Wronski), mayor superficie requerida |
| CIGS/CdTe | Menor huella de carbono, buen rendimiento con luz difusa, potencial de bajo costo | Uso de materiales escasos o tóxicos, menor vida útil |
| Perovskita | Alta eficiencia potencial, bajo costo de materiales | Estabilidad limitada, degradación con humedad, en fase experimental |

Nota: Tabla elaborada por el autor a partir de análisis sobre diseño de software.

**Parámetros de medición**

Los principales parámetros para caracterizar celdas fotovoltaicas incluyen:

* **Corriente de cortocircuito (Isc)**: Corriente máxima que puede generar la celda cuando sus terminales están en cortocircuito.
* **Voltaje de circuito abierto (Voc)**: Diferencia de potencial máxima entre los terminales cuando no circula corriente.
* **Punto de máxima potencia (MPP)**: Punto de operación donde el producto corriente-voltaje es máximo.
* **Factor de llenado (FF)**: Relación entre la potencia máxima y el producto Isc×Voc, indica la calidad de la celda.
* **Eficiencia de conversión (η)**: Porcentaje de energía solar incidente convertida en electricidad.
* **Resistencia serie (Rs) y paralelo (Rp)**: Resistencias internas que afectan el rendimiento.
* **Coeficientes de temperatura**: Indican cómo varían los parámetros con la temperatura.

**Equipos de medición**

Para la caracterización precisa de celdas fotovoltaicas se utilizan:

* **Simulador solar**: Reproduce el espectro solar estándar (AM1.5G) con intensidad controlada, permitiendo mediciones en condiciones estandarizadas.
* **Analizador de curvas I-V**: Mide la relación corriente-voltaje completa, permitiendo determinar todos los parámetros eléctricos.
* **Multímetros de precisión**: Para mediciones básicas de corriente y voltaje.
* **Medidor de radiación solar (piranómetro)**: Cuantifica la radiación incidente durante las pruebas.
* **Sensores de temperatura**: Monitorean la temperatura de la celda durante las mediciones.
* **Espectrorradiómetro**: Analiza la respuesta espectral de la celda a diferentes longitudes de onda.
* **Cámara termográfica**: Identifica puntos calientes y defectos en las celdas.

**Condiciones de medición**

Las mediciones estandarizadas se realizan bajo:

1. **Condiciones estándar de prueba (STC)**:
   * Irradiancia: 1000 W/m²
   * Temperatura de celda: 25°C
   * Distribución espectral: AM1.5G
   * Incidencia normal
2. **Condiciones nominales de operación (NOCT)**:
   * Irradiancia: 800 W/m²
   * Temperatura ambiente: 20°C
   * Velocidad del viento: 1 m/s
   * Montaje con ventilación posterior

Las mediciones también pueden realizarse variando:

* Ángulos de incidencia para evaluar efectos de reflexión
* Niveles de irradiancia para determinar comportamiento a baja luz
* Temperaturas para calcular coeficientes térmicos
* Condiciones de sombreado parcial para evaluar resistencia a puntos calientes
* **Cables y conexiones eléctricas**

Para garantizar conexiones seguras y eficientes:

1. **Selección de cables**:
   * Específicos para aplicaciones fotovoltaicas (PV1-F)
   * Resistentes a UV, intemperie y temperaturas extremas
   * Doble aislamiento
   * Sección adecuada para minimizar pérdidas (típicamente 4-6 mm²)
2. **Conectores**:
   * Tipo MC4 o compatibles, específicos para aplicaciones solares
   * Grado de protección IP65 o superior
   * Resistentes a UV y condiciones ambientales adversas
3. **Cajas de conexión**:
   * Incorporan diodos de bypass
   * Selladas contra humedad (IP65 o superior)
   * Ventiladas para evitar condensación
4. **Consideraciones técnicas**:
   * Minimizar longitud de cables para reducir pérdidas
   * Evitar bucles que puedan inducir corrientes
   * Protección contra sobretensiones
   * Puesta a tierra adecuada

* **Curvas I-V (corriente-voltaje)**

La curva I-V representa gráficamente la relación entre la corriente y el voltaje de una celda fotovoltaica, siendo fundamental para su caracterización:

1. **Puntos característicos**:
   * Corriente de cortocircuito (Isc): Intersección con eje Y
   * Voltaje de circuito abierto (Voc): Intersección con eje X
   * Punto de máxima potencia (MPP): Punto donde el producto I×V es máximo
2. **Interpretación**:
   * La forma de la curva indica la calidad de la celda
   * Curvas "rectangulares" (alto FF) indican mejor calidad
   * Pendientes anormales indican problemas de resistencia serie o paralelo
3. **Efectos externos**:
   * Aumento de irradiancia: Incrementa principalmente Isc
   * Aumento de temperatura: Reduce Voc y ligeramente aumenta Isc
   * Sombreado parcial: Puede crear múltiples puntos de máxima potencia
4. **Aplicaciones**:
   * Detección de defectos y degradación
   * Clasificación de celdas por rendimiento
   * Optimización de sistemas de seguimiento del punto de máxima potencia

* **Pruebas de rendimiento y eficiencia**

Las pruebas de laboratorio para caracterizar celdas incluyen:

1. **Medición de eficiencia cuántica**:
   * Eficiencia cuántica externa (EQE): Relación entre electrones generados y fotones incidentes
   * Eficiencia cuántica interna (IQE): Considera solo fotones absorbidos
   * Permite identificar rangos espectrales de baja eficiencia
2. **Pruebas de degradación acelerada**:
   * Ciclos térmicos (-40°C a +85°C)
   * Exposición a humedad-calor (85°C, 85% HR)
   * Exposición UV intensificada
   * Pruebas de carga mecánica
3. **Caracterización en condiciones reales**:
   * Seguimiento continuo de rendimiento
   * Comparación con datos meteorológicos
   * Cálculo de ratio de rendimiento (PR)
   * Análisis de pérdidas por temperatura, suciedad y degradación
4. **Pruebas comparativas**:
   * Evaluación simultánea de diferentes tecnologías
   * Medición de rendimiento bajo distintas condiciones climáticas
   * Análisis costo-beneficio considerando eficiencia, degradación y vida útil

### Importancia de la Educación Práctica en Energías Renovables

La educación práctica es un componente esencial en la formación de competencias técnicas en energías renovables. La falta de herramientas prácticas en los laboratorios de las UTS limita la capacidad de los estudiantes para aplicar los conocimientos teóricos en situaciones reales. Esto afecta su preparación para enfrentar los desafíos del mercado laboral en el sector de las energías renovables.

El banco de pruebas propuesto tiene como objetivo cerrar esta brecha, proporcionando a los estudiantes una herramienta que les permita:

* Realizar mediciones precisas de radiación solar.
* Analizar datos en tiempo real.
* Desarrollar habilidades prácticas en el diseño y optimización de sistemas fotovoltaicos.

Este enfoque no solo mejorará la calidad de la educación en energías renovables, sino que también contribuirá a la formación de profesionales capacitados para implementar tecnologías solares eficientes, fortaleciendo así el sector de las energías renovables en Colombia.

### Antecedentes de Investigaciones Relacionadas

El proyecto se fundamenta en investigaciones previas que destacan la importancia de la medición de radiación solar y su impacto en la eficiencia de los sistemas solares. Entre los antecedentes relevantes mencionados en el documento se encuentran:

* A nivel internacional: Estudios como el análisis del potencial solar térmico en Argentina y el impacto de la radiación UV en la salud humana, que demuestran la relevancia de medir y analizar la radiación solar para diferentes aplicaciones.
* A nivel nacional: Proyectos como el uso de machine learning para predecir la radiación solar en Colombia, que resaltan la importancia de contar con datos precisos para optimizar la generación de energía solar.

Estos antecedentes refuerzan la necesidad de implementar un banco de pruebas en las UTS, no solo como una herramienta educativa, sino también como un aporte al desarrollo de tecnologías renovables en el país.

### Transición Energética y Sostenibilidad

En el contexto global, la transición hacia fuentes de energía renovable es una prioridad para mitigar los efectos del cambio climático. La energía solar, al ser una fuente abundante y sostenible, juega un papel crucial en este proceso. En Colombia, la implementación de tecnologías solares es fundamental para reducir la dependencia de combustibles fósiles y promover un desarrollo sostenible.

El proyecto propuesto contribuye a este objetivo al formar profesionales capacitados para diseñar e implementar soluciones solares eficientes, fortaleciendo así el sector de las energías renovables en el país. Además, el banco de pruebas permitirá a los estudiantes y profesionales analizar datos de radiación solar en tiempo real, lo que facilitará la toma de decisiones informadas en la planificación y diseño de sistemas fotovoltaicos.

## MARCO LEGAL

El marco legal establece el contexto normativo en el que se desarrolla el proyecto de construcción de un banco de pruebas para la medición de radiación solar en las Unidades Tecnológicas de Santander (UTS). Este proyecto, al estar relacionado con el uso de energías renovables y la educación técnica, se enmarca dentro de las leyes, resoluciones y normativas que regulan el uso, promoción y desarrollo de tecnologías sostenibles en Colombia. A continuación, se describen las disposiciones legales más relevantes:

**1. Ley 1715 de 2014 (Congreso de Colombia, 2014)**

La **Ley 1715 de 2014** establece:

* **Artículo 1**: "La presente ley tiene por objeto promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional, con el fin de [...] fomentar la inversión, la investigación y el desarrollo de tecnologías limpias para la producción de energía."
* **Artículo 2**: "Se entiende por fuentes no convencionales de energía aquellas fuentes de energía disponibles a nivel mundial que son ambientalmente sostenibles, pero que en el país no son empleadas o son utilizadas de manera marginal y no se comercializan ampliamente."
* **Artículo 3**: "El Gobierno Nacional promoverá el uso de las fuentes no convencionales de energía, principalmente las de carácter renovable, a través de incentivos tributarios, arancelarios y financieros.

**Normativa sobre Energía Solar Térmica y Fotovoltaica (Álvares Álvares & Serna Alzate, 2012)**

La normativa establece:

* **Artículo 3**: "Se deberán implementar medidas para garantizar la eficiencia y el rendimiento de los sistemas solares, así como su impacto ambiental mínimo."

**La Radiación Solar (Agencia Estatal de Meteorología)**

La **Agencia Estatal de Meteorología** establece:

* "La radiación solar es la energía emitida por el Sol en forma de ondas electromagnéticas, que es fundamental para el desarrollo de tecnologías fotovoltaicas y la generación de energía eléctrica de manera sostenible."
* "La medición precisa de la radiación solar es esencial para optimizar el diseño y la operación de sistemas fotovoltaicos, así como para garantizar su eficiencia y rendimiento.”

**NTC 4552:**  Norma técnica colombiana que establece los requisitos para la medición.

**NTC 6078**: Esta norma se enfoca en la **eficiencia energética** y el **uso de energías renovables**. Su aplicación en el proyecto garantiza que el banco de pruebas sea eficiente en términos energéticos y promueva el uso de fuentes de energía renovables.

## Marco Conceptual

**Radiación solar**: Energía emitida por el Sol en forma de ondas electromagnéticas. Es fundamental para tecnologías fotovoltaicas y se clasifica en:

**Radiación directa**: Energía que llega directamente del Sol sin dispersión atmosférica.

**Radiación difusa**: Energía dispersada por partículas atmosféricas (nubes, polvo).

**Radiación reflejada**: Energía reflejada por superficies terrestres (agua, nieve).

**Piranómetro**: Instrumento que mide la radiación solar global (directa + difusa) en W/m². Ejemplo: Pyr20, con rango de 0–2000 W/m² y salida analógica de 0–2V.

**Irradiancia**: Potencia de la radiación solar por unidad de área (W/m²).

**Índice UV (IUV)**: Medida de la radiación ultravioleta que alcanza la superficie terrestre, relevante para estudios de impacto en salud.

**Efecto fotovoltaico**: Fenómeno físico donde los fotones de luz excitan electrones en materiales semiconductores (ej. silicio), generando electricidad.

**Tipos de celdas fotovoltaicas**:

* **Silicio monocristalino**: Alta eficiencia (17–22%), estructura de un solo cristal, vida útil 25–30 años.
* **Silicio policristalino**: Eficiencia moderada (15–17%), múltiples cristales, menor costo.
* **Silicio amorfo**: Baja eficiencia (6–9%), flexible, ideal para luz difusa.

**Parámetros de medición**:

* **Corriente de cortocircuito (Isc)**: Máxima corriente generada en cortocircuito.
* **Voltaje de circuito abierto (Voc)**: Máxima diferencia de potencial sin carga.
* **Factor de llenado (FF)**: Indicador de calidad de la celda (relación entre potencia máxima y Isc×Voc*Isc*​×*Voc*​).
* **Eficiencia de conversión (η)**: Porcentaje de energía solar convertida en eléctrica.

**Condiciones estándar de prueba (STC)**: Irradiancia: 1000 W/m², temperatura de celda: 25°C, espectro AM1.5G.

**Termopila**: Dispositivo basado en el **efecto Seebeck**, que convierte diferencias de temperatura en voltaje para medir radiación solar.

**Sistema de orientación solar**: Mecanismo de dos ejes (azimut y elevación) controlado por motores paso a paso (NEMA 17) y drivers (Pololu A4988).

* **Arduino UNO**: Microcontrolador para procesar datos del piranómetro, controlar motores y transmitir datos vía WiFi (módulo ESP01S).
* **Interfaz de usuario**: Plataforma web/móvil para visualizar datos en tiempo real.

**Investigación aplicada**: Enfoque para resolver problemas prácticos (ej. falta de herramientas educativas en medición solar).

**Enfoque cuantitativo**: Uso de datos numéricos (ej. mediciones de radiación) para validar resultados.

**Prototipado 3D**: Fabricación de piezas con impresora 3D (filamento PET-G) para estructuras mecánicas.

**Validación de datos**: Pruebas de campo para ajustar precisión del sistema.

**Educación práctica**: Enfoque pedagógico para desarrollar competencias técnicas mediante herramientas como el banco de pruebas.

**Transición energética**: Proceso de migración de combustibles fósiles a fuentes renovables (ej. solar) para reducir emisiones de CO₂.

**Huella de carbono**: Indicador del impacto ambiental de actividades humanas, mitigado mediante energías limpias.

**Driver Pololu A4988**: Controlador para motores paso a paso, permite micro-pasos (1/16 paso) y ajuste de corriente.

**Sensor LDR**: Fotoresistor para detectar luz y ajustar ángulos en sistemas de seguimiento solar.

**Placa perforada (baquelita)**: Base para circuitos electrónicos, con conexiones soldables.

**Machine Learning**: Técnicas como redes LSTM usadas en proyectos nacionales para predecir radiación solar.

**Forecasting estadístico**: Modelos ARIMA y suavización exponencial para análisis comparativo de datos solares.

**FPV (Fotovoltaicos Flotantes)**: Sistemas solares instalados en cuerpos de agua, evaluados en estudios ambientales y geográficos.

**Banco de entrenamiento:** En el contexto de la medición y caracterización de celdas fotovoltaicas, un banco de entrenamiento es un sistema educativo y experimental diseñado para facilitar el aprendizaje práctico de los estudiantes en el campo de la energía solar.

**Celdas fotovoltaicas:** Las celdas fotovoltaicas son dispositivos semiconductores que convierten la luz solar directamente en energía eléctrica mediante el efecto fotovoltaico. Están compuestas principalmente de materiales como el silicio (monocristalino, policristalino o amorfo) y otros materiales avanzados como perovskitas o CIGS (cobre, indio, galio y selenio).

**Curva IV (corriente-voltaje):** La curva IV es una representación gráfica de la relación entre la corriente (I) y el voltaje (V) generados por una celda fotovoltaica bajo condiciones específicas de iluminación y temperatura.

**Eficiencia fotovoltaica:** La eficiencia fotovoltaica es el porcentaje de energía solar incidente que una celda convierte en energía eléctrica útil. Se calcula mediante la fórmula:

# 

# DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

## Tipo de Investigación

El presente proyecto, titulado "Construcción de un banco de pruebas para la toma de datos de radiación solar en las Unidades Tecnológicas de Santander (UTS), en el periodo 2024-2025", corresponde a un **tipo de investigación aplicada** porque tiene como objetivo resolver un problema práctico (la falta de herramientas prácticas y precisas para medir la radiación solar en las Unidades Tecnológicas de Santander (UTS), lo cual limita la formación técnica de los estudiantes en energías renovables y dificulta su comprensión y aplicación de conceptos relacionados con sistemas fotovoltaicos y sostenibilidad energética) mediante la implementación de una solución tecnológica.

El enfoque de la investigación es cuantitativo porque se utilizará para medir y analizar datos de radiación solar obtenidos con el banco de pruebas, asegurando precisión y validez en los resultados.

## Recolección de Datos

Para la recolección de datos, se emplearán las siguientes técnicas:

* **Observación directa**: Se observará el comportamiento del banco de pruebas en condiciones reales, analizando su funcionamiento y la interacción de los usuarios con el sistema.
* **Recolección de datos automatizada**: A través de sensores y sistemas de almacenamiento, se registrarán datos de radiación solar en tiempo real.

## Población

El proyecto está dirigido a estudiantes y docentes de los programas de Tecnología en Gestión de Recursos Energéticos de las Unidades Tecnológicas de Santander (UTS).

## Fases de la Investigación

El desarrollo del proyecto se llevará a cabo progresivamente en las siguientes fases:

* **Fase 1: Diseño y Prototipado del Sistema**
* **Actividad 1**: Revisión bibliográfica.
* **Actividad 2**: Selección de componentes adecuados (sensores, motores, etc.).
* **Actividad 3**: Diseño del esquema del sistema de seguimiento solar.
* **Actividad 4:** Construcción del prototipo del sistema de seguimiento solar y pruebas iniciales.
* **Fase 2: Desarrollo y Validación del Sistema de Datos**
* **Actividad 1**: Definición de hardware y elección de la plataforma de transmisión de datos.
* **Actividad 2**: Desarrollo del sistema de adquisición de datos (lectura de la termopila).
* **Actividad 3**: Desarrollo de algoritmos de procesamiento de datos y configuración del almacenamiento en tiempo real.
* **Actividad 4:** Pruebas del sistema de almacenamiento y transmisión de datos, con validaciones y ajustes.
* **Fase 3: Desarrollo e Integración de la Interfaz**
* **Actividad 1**: Diseño del prototipo de la interfaz.
* **Actividad 2**: Desarrollo de la interfaz web o móvil.
* **Actividad 3**: Pruebas de usabilidad y optimización de la interfaz.
* **Actividad 4:** Recopilación de datos obtenidos de las pruebas y del sistema de medición.
* **Actividad 5:** Redacción del manual de prácticas y preparación de materiales adicionales para los estudiantes.
* **Actividad 6:** Integración de todos los sistemas (orientación, adquisición de datos, interfaz).
* **Fase 4: Validación y Entrega Final**
* **Actividad 1**: Integración de todos los sistemas (orientación, adquisición de datos, interfaz).
* **Actividad 2**: Pruebas de campo para validación del banco de medición y ajustes finales.
* **Actividad 3**: Entrega del documento Final para evaluación.
* **Actividad 4:** Sustentación del trabajo de grado.
* **Actividad 5:** Entrega final.

# DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

## Estructura física del banco móvil

### Selección del trípode según necesidades

El trípode como la estructura base del banco móvil para medición de radiación solar se escogió considerando tres factores principales: estabilidad, movilidad y durabilidad. Tras analizar diferentes materiales, se seleccionó un trípode de aluminio para la base de la estructura debido a su excelente relación resistencia-peso, su resistencia a la corrosión en ambientes exteriores, su facilidad para ser movido de un lugar a otro, la versatilidad, estabilidad para cualquier terreno donde se requiera colocar y la capacidad de contraerse para ahorra espacio a la hora de ser transportado.

**Figura 1**

*Trípode estación total*

Imagen que contiene objeto, tripié, hombre

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.  
*Nota.* *Trípode estación total* [Fotografía], por (Mercado Libre, 2025),   
(<https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-598525882-tripode-nivel-aluminio-seguro-sencillo-topografia-_JM>)

Trípode en aluminio, seguro sencillo para nivel de topografía, tubo redondo. Sus patas son puntiagudas permitiendo que se pueda poner encima de cualquier terreno sin que se muevan, permitiendo estabilidad a la hora de tomar los datos de radiación.

**Características**

* Marca: Genérica
* Modelo: SEGURO SENCILLO
* Dispositivos compatibles: No
* Altura máxima: 150 cm
* Altura mínima: 90 cm
* Flexible: No
* Incluye cabezal: No

Se uso este trípode, por la característica de que se puede retraer para ahorrar espacio y sea más sencillo moverlo de un lado al otro.

### Construcción del sistema de rotación

La construcción del sistema rotación se realizó en tres etapas principales: diseño en 2D y modelado en 3D, impresión y armado del sistema.

Para el diseño 2D (EXPLICAR QUE SE HIZO, COMO SE HIZO, CON QUE PROGRAMA SE HIZO), luego de esto pasamos a la versión 3D con el mismo programa donde estaría listo para la impresión con la impresora 3D.

**Figura 2**

***(Nombre de la figura o a que parte pertenece figura 2d)***

Insertar imagen  
  
Agregar nota de la imagen.

Insertar imagen 3d  
  
Agregar nota de la imagen.

Se plantea el uso del trípode NOMBRE, MENCIONAMOS CARACTERISTICAS DEL TRIPODE.

**Características**

Acá mencionamos el porque lo escogimos para esto, se tiene en cuenta la explicación del espacio de los motores y Arduino si lo aplica.

**Figura 3**

***(Nombre de la figura o a que parte pertenece figura 2d)***

Insertar imagen  
  
Agregar nota de la imagen.

Insertar imagen 3d  
  
Agregar nota de la imagen.

Se plantea el uso del trípode NOMBRE, MENCIONAMOS CARACTERISTICAS DEL TRIPODE.

**Características**

Acá mencionamos el porque lo escogimos para esto. se tiene en cuenta la explicación del espacio de los motores y Arduino si lo aplica

Después de prototipar y modelar cada figura independientemente en modelo 3D y 2D, pasamos a la impresión usando la impresora 3D (Colocamos nombre). En la figura 4 se observa la impresora 3D seleccionada, con el fin de imprimir todas las piezas para comenzar con el montaje.

**Figura 4**

*Creality K1 max*

Insertar imagen  
  
Agregar nota de la imagen.

Se plantea el uso, NOMBRE, MENCIONAMOS CARACTERISTICAS DEL TRIPODE.

**Características**

Acá mencionamos el porque lo escogimos para esto.

Como material de impresión para la impresora 3D usamos filamento. El filamento para impresión 3D es el material que se utiliza en impresoras 3D de tipo FDM (Fused Deposition Modeling) o FFF (Fused Filament Fabrication) para crear objetos tridimensionales. Este filamento es un hilo de plástico termoplástico que se funde y se extruye a través de un cabezal de impresión (extrusor) para depositar capas sucesivas de material, que se solidifican y forman el objeto final. En la figura 5 se puede observar el filamento usado específicamente para esta impresora, considerando principalmente las características aceptadas por la impresora 3D.

**Figura 5**

*Royo de filamento para impresión 3D de 1.75 mm, 1Kg (PET-G)*

Imagen que contiene firmar

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.  
*Nota.* *Royo de filamento para impresión 3D de 1.75 mm, 1Kg (PET-G)* [Fotografía], por (4D-LAB, 2025),   
(<https://4dlab.co/products/pet-g?variant=42221789216928>)

Es un material ideal para piezas mecánicas, envases de alimentos y objetos médicos. Tiene la facilidad de impresión como la del PLA, tiene buen comportamiento térmico, buena resistencia a golpes.

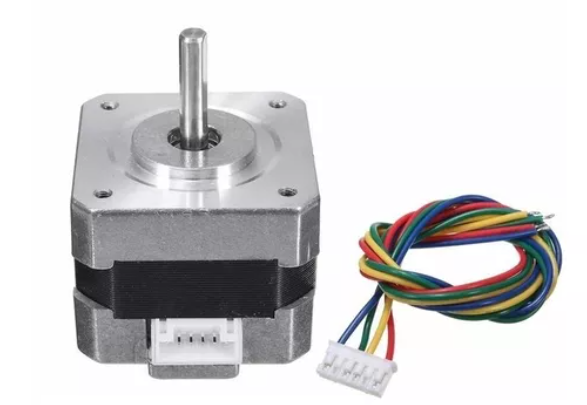
**Características**

* Diámetro externo: 1.75 mm
* Temperatura de extrusión recomendada: 220-250°C (428-482°F)
* Tolerancia Dimensional: ±0.03mm
* Densidad: 1.27 g/cm³
* Temperatura de deflexión térmica: 85°C
* Índice de fluidez: 5-7 g/min
* Resistencia a la flexión: 60-70 MPa
* Resistencia a la tracción: 50-60MPa
* % de deformación a rotura: 6%
* Temperatura de Extrusión: 220-250 °C (428-482 °F)
* Temperatura de Plataforma: 80-100 °C (176-212 °F)
* Adhesivo para fijación a plataforma: Laca para cabello, pegamento en barra, cinta Kapton, cinta de pintor.
* Ventilación de capa: 0% en capas iniciales, 100% en el resto de la impresión
* Retracción: 7 mm y 20 mm/s
* Altura de capa: 0.08-0.32 mm.
* Velocidad de impresión: 40-120mm/s. ³

Ahora con las estructuras, requerimos un par de articulaciones que nos permita movernos en el eje X y en el eje Y según las necesidades por el usuario. Para esto usamos un par de motores Nema (Véase la figura 6).

**Figura 6**

*Motor Nema 17 Cnc Grbl Pcb 3d 0.4amp Mini Router Y Ploter*

  
*Nota.* *Motor Nema 17 Cnc Grbl Pcb 3d 0.4amp Mini Router Y Ploter* [Fotografía], por (Mercado Libre, 2025),   
(<https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-455114812-motor-nema-17-cnc-grbl-pcb-3d-04amp-mini-router-y-ploter-_JM#polycard_client=search-nordic&position=2&search_layout=stack&type=item&tracking_id=6105600d-5ad5-42e0-948c-61712047b050>)

El Motor Nema 17 es una excelente opción para este banco que requiere precisión, confiabilidad y compatibilidad con controladores como Controlador Driver Motor Paso A Paso Pololu A4988 – 3d Rampus (Véase la figura 10). Su corriente nominal de 0.4 A lo hace eficiente y fácil de manejar, mientras que su tamaño estándar asegura que pueda ser utilizado en una variedad de aplicaciones, desde impresoras 3D hasta máquinas CNC. Es una pieza clave para cualquier proyecto de automatización o prototipado.

**Características**

* Ángulo de paso: 1.8°
* Número de fases: 2
* Resistencia de aislamiento: 100 MΩ mínimo (a 500 V DC)
* Clase de aislamiento: Clase B
* Inercia del rotor: 38 g·cm²
* Masa: 0.2 kg
* Voltaje nominal: 12.8 V
* Corriente nominal: 0.4 A
* Resistencia por fase: 32 Ω ± 10%
* Inductancia por fase: 37 mH ± 20%
* Torque de retención: 220 mN·m
* Torque de detención: 12 mN·m

Este sensor fue seleccionado debido a su alta sensibilidad y precisión, lo que garantiza datos confiables para el análisis de radiación solar. Además, su rango de medición es adecuado para las condiciones climáticas de la región donde se implementará el proyecto.

## Selección de Hardware

En esta etapa, se identificaron y seleccionaron los componentes necesarios para la construcción del banco de medición de radiación solar. La selección se basó en criterios como precisión, compatibilidad, costo y disponibilidad en el mercado.

### Captación de radiación mediante sensor.

Para este caso usamos un Piranómetro. Un pirómetro de radiación es un instrumento utilizado para medir la intensidad de la radiación solar que incide sobre una superficie. Detecta y cuantifica la energía radiante proveniente del sol, tanto en el espectro visible como en el infrarrojo. Así que, para este caso, el Piranómetro adecuado es el Piranómetro Pyr20, que esta diseñado para medir la radiación solar global en un rango de 0-2000 W/m². Su salida analógica de 0-2V permite una fácil integración con microcontroladores como Arduino.

**Figura 7**

*Sensor Piranómetro/radiación Solar Pyr20 (rs485)*

A black device with a green light

AI-generated content may be incorrect.  
*Nota.* Sensor Piranómetro/radiación Solar Pyr20 (rs485) [Fotografía], por (Mercado Libre, 2025),   
([https://www.mercadolibre.com.co/sensor-piranometroradiacion-solar-pyr20-rs485/p/MCO2001260333?pdp\_filters=item\_id%3AMCO2748436140#cart\_referer=item#source=shopping\_cart](https://www.mercadolibre.com.co/sensor-piranometroradiacion-solar-pyr20-rs485/p/MCO2001260333?pdp_filters=item_id%3AMCO2748436140#cart_referer=item))

El piranómetro Pyr20 se usará porque es un sensor altamente preciso y confiable para medir la radiación solar en un rango de 0-2000 W/m², con una salida analógica de 0-2V que facilita su integración con el Arduino. Además, su sensibilidad y rango espectral (400-1100 nm) lo hacen ideal para obtener datos precisos en aplicaciones educativas y de investigación.

**Características**

* Rango de medición: 0-2000 W/m².
* Salida analógica: 0-2V.
* Respuesta espectral: 400-1100 nm.
* Precisión: ±3%.

Este sensor fue seleccionado debido a su alta sensibilidad y precisión, lo que garantiza datos confiables para el análisis de radiación solar. Además, su rango de medición es adecuado para las condiciones climáticas de la región donde se implementará el proyecto.

### Controlador principal

El Arduino UNO, combinado con el módulo WiFi ESP01S basado en el chip ESP8266, permite no solo procesar datos del piranómetro y controlar los motores, sino también transmitir los datos de radiación solar de forma inalámbrica a través de una red WiFi (Véase la figura 7). El módulo WiFi ESP01S basado en el chip ESP8266 es un dispositivo compacto y económico que permite agregar capacidades de conectividad inalámbrica a proyectos de electrónica, como los que utilizan el Arduino UNO. Este módulo es capaz de conectarse a redes WiFi, lo que facilita la transmisión de datos de forma remota (Véase la figura 8).

Cuando se combina con el Arduino UNO, el ESP01S puede recibir datos procesados, como las mediciones de radiación solar obtenidas por un piranómetro, y enviarlos a través de una red WiFi a un servidor, una aplicación móvil o cualquier otro dispositivo conectado. Esto permite monitorear y controlar sistemas de manera inalámbrica, lo que es especialmente útil en aplicaciones de energía solar, automatización y IoT (Internet de las Cosas).

**Figura 8**

*Arduino uno*

A blue electronic device with black and blue components

AI-generated content may be incorrect.

*Nota.* Arduino Uno [Fotografía], por (Mercado Libre, 2025),   
(<https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-452783854-arduino-uno-r3-compatible-con-cable-usb-_JM#polycard_client=search-nordic&position=15&search_layout=stack&type=item&tracking_id=b6154ab3-cf74-4196-8baa-2bcc0dc020da>)

El Arduino UNO se utiliza porque es un microcontrolador versátil, fácil de programar y ampliamente documentado, lo que lo hace ideal para aplicaciones educativas. El Arduino UNO tiene entradas analógicas que permiten leer los datos del piranómetro (señal analógica de 0-2V).

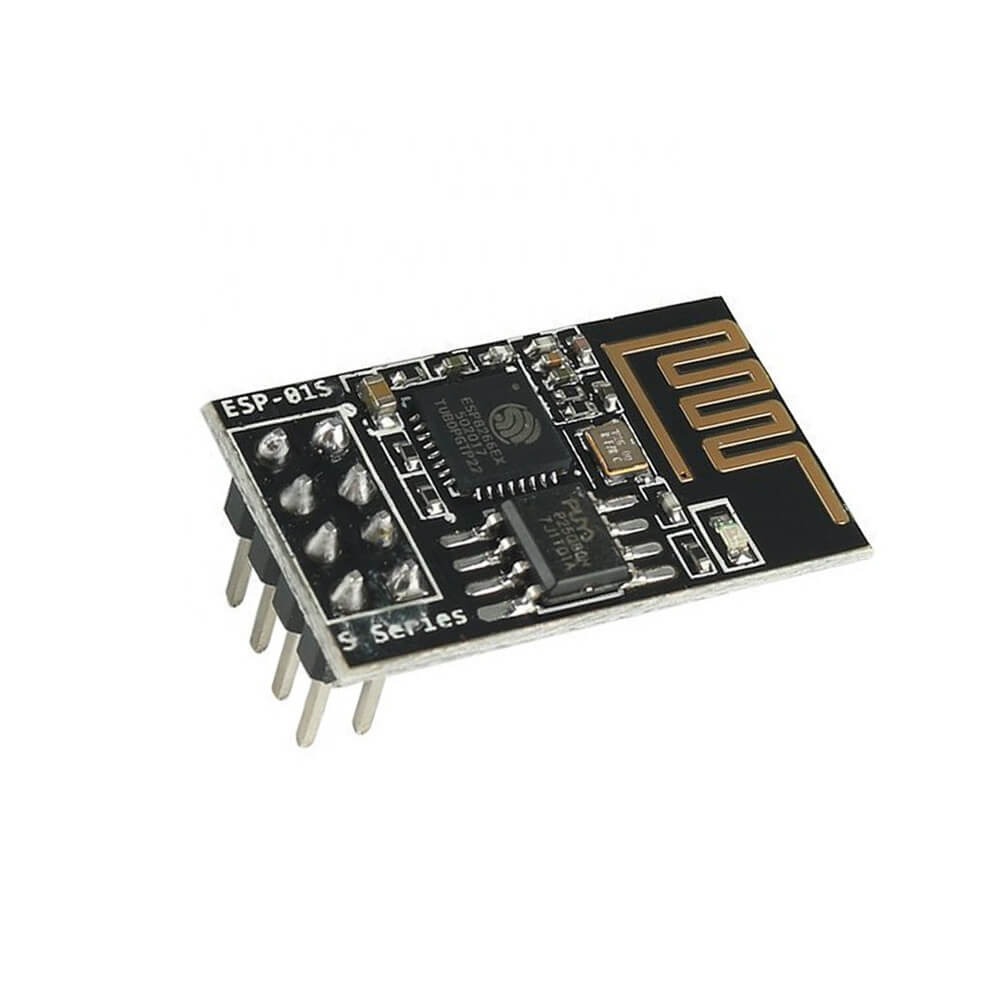
Sus salidas digitales son ideales para controlar los servomotores que orientan el banco hacia la posición deseada. La gran comunidad de usuarios de Arduino asegura que cualquier problema o duda pueda resolverse rápidamente con recursos en línea.

**Características**

* Microcontrolador: ATmega328P
* Voltaje de funcionamiento: 5V
* Voltaje de entrada recomendado: 5v
* Voltaje de entrada límite: 5v
* Frecuencia del reloj: 32 MHz
* Capacidad de la memoria flash: 32 KB
* Capacidad SRAM: 2 KB
* Capacidad de EEPROM: 1 KB
* Largo x Ancho x Altura: 60 mm x 35 mm x 31 mm
* Peso: 28 g
* Cantidad de entradas análogas: 6
* Cantidad de pines digitales de entrada y salida: 14
* Incluye cable USB: Sí

**Figura 9**

*Módulo WiFi ESP01S basado en el chip ESP8266*

  
*Nota.* *Módulo WiFi ESP01S basado en el chip ESP8266* [Fotografía], por (Electronilab, 2025),   
(<https://electronilab.co/tienda/esp8266-modulo-wifi-serial-transceptor/>)

ESP-01S es módulo WiFi basado en el chip ESP8266 que permite conectar los datos del arduino a Internet mediante una red Wifi de forma fácil y económica, de esta manera podemos hacer que los datos de radiación que reciba el Arduino por parte del Piranómetro, los envíe a través de una red local donde los recibirá el programa donde procesara los datos. De igual forma este Módulo nos permitirá enviarle instrucciones de forma remota al Arduino.

**Características**

* Tipo: Modulo Wifi
* Modelo: ESP-01S ESP8266
* Tamaño: 24 mm x 14 mm
* Voltaje de alimentación: 3.3 V.
* Voltaje de Entradas/Salidas: 3.3V DC
* Comunicación tipo de interfaz: Serial, UART
* CPU de 32 bits
* Frecuencia de Reloj: 80MHz/160MHz
* Instruction RAM: 32KB
* Data RAM: 96KB
* Memoria Flash Externa: 4MB
* Soporte 3 modos: AP, STA, AP + STA
* Wi-Fi Direct (P2p), soft-AP
* Protocolos soportados: 802.11 b/g/n –  TCP/IP
* Soporte de red: 2,4 GHz
* Perfecto y simple en comandos AT
* Rango de temperatura de operación: -40 ~ 125 ℃
* Peso: 3 g.

El ESP8266 tiene potentes capacidades a bordo de procesamiento y almacenamiento que le permiten integrarse con sensores y dispositivos específicos de aplicación a través de sus GPIOs con un desarrollo mínimo y carga mínima durante el tiempo de ejecución. Su alto grado de integración en el chip permite una circuitería externa mínima, y la totalidad de la solución, incluyendo el módulo está diseñado para ocupar el área mínima en un PCB.

### Drivers

Para poder medir la radiación de un punto X, necesitamos dirigir el Piranometro hacia las coordenadas de donde queremos tomar la radiación y para esto, necesitamos mover dos motores en el eje Y y X según se requiera. Para lograr esto necesitamos controladores Drivers para un motor paso a paso para que controle su movimiento, dirección, velocidad, torque, etc. En la figura 8 se muestra el Controlador que se usó.

**Figura 10**

*Controlador Driver Motor Paso A Paso Pololu A4988 – 3d Rampus*

Imagen que contiene electrónica, circuito

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.  
*Nota.* *Controlador Driver Motor Paso A Paso Pololu A4988 – 3d Rampus* [Fotografía], por (Mercado Libre, 2025),

(<https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-1252911371-controlador-driver-motor-paso-a-paso-pololu-a4988-3d-ramps-_JM>)

El Driver A4988 es el controlador perfecto para un motor paso a paso. Este controlador nos permite controlar motores paso a paso bipolares de manera eficiente y precisa.

**Características**

* Tipo: Motor paso a paso híbrido
* Ángulo de paso: 1.8°
* Número de fases: 2
* Resistencia de aislamiento: 100 MΩ mínimo (a 500 V DC)
* Clase de aislamiento: Clase B
* Inercia del rotor: 38 g·cm²
* Masa: 0.2 kg
* Voltaje nominal: 12.8 V
* Corriente nominal: 0.4 A
* Resistencia por fase: 32 Ω ± 10%
* Inductancia por fase: 37 mH ± 20%
* Torque de retención: 220 mN·m
* Torque de detención: 12 mN·m

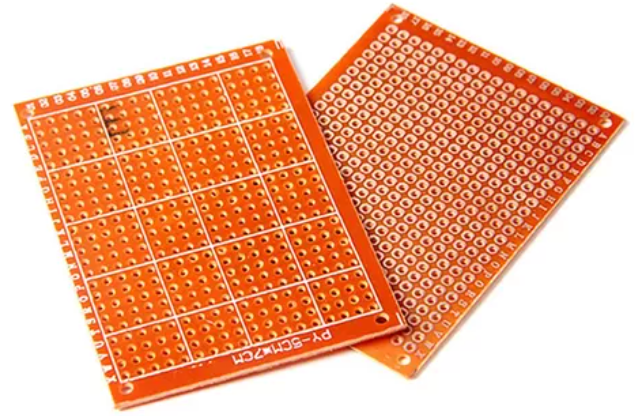
El Driver A4988 Permite dividir los pasos del motor en resoluciones más pequeñas, como paso completo, medio paso, cuarto de paso, octavo de paso y dieciséisavo de paso. Esto mejora la precisión y suavidad del movimiento del motor, además, incluye un potenciómetro que permite ajustar la corriente máxima que se suministra al motor. Esto permite usar voltajes más altos que el nominal del motor para lograr mayores velocidades de paso sin dañarlo, tiene protecciones contra el sobrecalentamiento. Todas estas características se buscan en un driver que permita que los motores paso a paso se muevan con exactitud y precisión según se requieran, para una toma de datos exactos.

### Conexiones electrónicas

En este proyecto, las conexiones electrónicas son fundamentales para garantizar la comunicación, el control y el funcionamiento adecuado de todos los componentes del sistema. Estas conexiones permiten que los diferentes dispositivos trabajen juntos de manera coordinada. Las requerimos en este proyecto para proveer energía a los componentes, establecer comunicación entre sensores, controladores y actuadores, controlar el movimiento del banco mediante los servomotores e integrar el sistema completo para que funcione de manera coordinada y eficiente. Para esto usamos los siguientes componentes que se muestran a continuación:

**Figura 11**

*Baquela Universal Perforada de 5x7cm / Placa 70x50mm*

  
*Nota.* *Baquela Universal Perforada de 5x7cm / Placa 70x50mm* [Fotografía], por (Mercado Libre, 2025),

(<https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-451651641-baquela-universal-perforada-de-5x7cm-placa-pcb-70x50mm-_JM#polycard_client=search-nordic&position=1&search_layout=stack&type=item&tracking_id=39309082-bccf-451d-851a-37e6e86602de>)

Placa fenólica de baquelita perforada con cobre, la usaremos como una placa para los circuitos electrónicos y para la soldadura de punto a punto en bricolaje.

**Características**

* Perforaciones: 432
* Diámetro del agujero: 1 mm
* Echada del agujero: 2.54 mm (estándar)
* Incorpora orificios para fijación (4)
* Con una cara de cobre
* Material: PCB de cobre de un solo lado
* Color: cobre
* Dimensiones: 7 x 5 x 0.2 cm
* Peso: 60 g

La baquela en este proyecto sirve para organizar y consolidar las conexiones electrónicas de manera ordenada, proporcionando una base estable y duradera para los componentes. Permite integrar el piranómetro, el módulo WiFi ESP01S, los servomotores y el Arduino en un solo circuito, reduciendo errores, evitando desconexiones accidentales y protegiendo el sistema contra cortocircuitos. Además, facilita la personalización del diseño y asegura que el prototipo sea más robusto y portátil.

**Figura 12**

*Jumpers 20cm Arduino (40-cables Pack) Hembra/hembra Dupont*

Un dibujo de una persona

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.  
*Nota.* *Jumpers 20cm Arduino (40-cables Pack) Hembra/hembra Dupont* [Fotografía], por (Mercado Libre, 2025),

(<https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-451607729-jumpers-20cm-arduino-40-cables-pack-hembrahembra-dupont-_JM>)

**Características**

* Tipo: Hembra/hembra
* Dimensiones: 20cm de largo

Usaremos estos Jumpers para las diversas conexiones que haremos con el Arduino UNO.

**Figura 13**

*Jumpers 20cm Arduino (40-cables Pack) Macho/macho Dupont*

  
*Nota.* *Jumpers 20cm Arduino (40-cables Pack) Macho/macho Dupont* [Fotografía], por (Mercado Libre, 2025),

(<https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-451607745-jumpers-20cm-arduino-40-cables-pack-machomacho-dupont-_JM>)

**Características**

* Tipo: Macho/macho
* Dimensiones: 20cm de largo

Usaremos estos Jumpers para las diversas conexiones que haremos con el Arduino UNO.

**Figura 13**

*Jack Dc 2.1 Plug Macho Hembra Conector Cinta Led 12v Supli*

Cable de color negro

El contenido generado por IA puede ser incorrecto.  
*Nota.* *Jack Dc 2.1 Plug Macho Hembra Conector Cinta Led 12v Supli* [Fotografía], por (Mercado Libre, 2025),

(<https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-462233413-jack-dc-21-plug-macho-hembra-conector-cinta-led-12v-supli-_JM?searchVariation=181332153429#polycard_client=search-nordic&searchVariation=181332153429&position=1&search_layout=stack&type=item&tracking_id=e521651f-13b4-498a-97e4-d42146e3066b>)

Para el cargador de la batería. El hembra se usa para la conexión de la batería y el macho para la conexión de la batería.

**Características**

* Marca: SUPLI LED CONEX
* Modelo: Jack / Plug
* Tipo de conector: DC
* Género del conector: Hembra,Macho
* Material de revestimiento: Plástico
* Dispositivos compatibles: Baterías, Cámaras, Led, Luces
* Color: negro
* conector: JACK hembra
* Longitud total: aprox 15 cm
* Diámetro interior: 2.1mm
* Diámetro exterior: 5.5mm
* 22AWG cable de 80 grados 300 V

### Hardware externo

En esta sección, los estudiantes deben detallar cada una de las etapas realizadas para cumplir con los objetivos del trabajo de grado. Se puede presentar de varias formas, y estas dependen de la orientación del director. Una de las formas posibles es separar el desarrollo por secciones de diseño, como diseño de hardware, diseño de mecanismos, diseño de entornos, diseño de software y otra sección de implementación de las técnicas empleadas para la solución de la problemática. Otra forma es la de basarse en el diseño del experimento que se planteó para resolver el problema, describiendo cada una de las etapas de ese diseño.

En algunos casos, en esta sección se plantea el diseño metodológico de la investigación, en el que se especifica cuál es el tipo de investigación que se realizó y el enfoque; se describe cuál es la población y cuál es la muestra seleccionada, entre otros.

# RESULTADOS

En esta sección se detallan específicamente cuales fueron los resultados obtenidos en la ejecución del trabajo de grado, documentando cada una de las pruebas y tabulando o graficando si es necesario, los datos obtenidos como respuesta a la solución de la problemática. Además de documentar los resultados, se debe realizar un análisis de los mismos planteando cualitativa o cuantitativamente el éxito del trabajo realizado.

# 

# CONCLUSIONES

Las conclusiones deben indicar claramente cuáles fueron los resultados obtenidos durante el desarrollo del trabajo de grado, sin especificar valores numéricos, pero argumentando la razón de los resultados. Deben documentar con el rigor adecuado cuales fueron los problemas que se obtuvieron y cuál fue la solución empleada para superarlo. En las conclusiones no se debe recapitular el trabajo en forma condensada (eso va en la sección Resumen), ni se deben presentar resultados (eso va en la sección Resultados).

Es importante no confundir las conclusiones con el cumplimiento de los objetivos, de manera que una conclusión que diga que “se cumplieron los objetivos” no es adecuada. Tampoco es adecuado expresar ideas de conocimiento general como una conclusión, por ejemplo, “se comprobó que el software X es ideal para resolver problemas como el planteado en este proyecto”.

# 

# RECOMENDACIONES

En esta sección se realizan todos los comentarios pertinentes para la realización de trabajos futuros relacionados con el tema del trabajo de grado, ya sea tomando como base el trabajo presentado para mejorarlo, o aplicando otras estrategias para la solución del mismo. También se pueden realizar recomendaciones requeridas para la apropiación del conocimiento generado con este trabajo de grado, por ejemplo, la implementación de laboratorios acreditados, compra de equipos y software, adecuación de infraestructura, entre otros.

# 

# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Es la relación de libros de texto, artículos indexados, revistas académicas y/o científicas, páginas Web y demás medios consultados para la elaboración de la propuesta. Todas las referencias presentadas se deben mencionar en el texto, y se deben documentar cumpliendo la Norma APA (*American Psychological Association*) de edición vigente, para la presentación de referencias.

Se recomienda utilizar un gestor de referencias bibliográficas del procesador de texto en el que se desarrolla el documento, para realizar correctamente la citación cumpliendo la norma APA.

# 

# APÉNDICES

Si aplica, se anexan: formato de encuestas entrevistas, chek list, en general las herramientas o instrumentos utilizados en la investigación. Se enumeran con letras mayúsculas de la A - Z, si la cantidad es mayor se enumeran con números arábigos. Fuente y títulos en Normas APA.

# ANEXOS

La sección de anexos será usada para presentar información que los autores y el director consideren importante, como el caso de: manuales de usuario, hojas de datos, guías de laboratorio, demostraciones matemáticas, diseños esquemáticos, cartografía, entre otros.

Cada Anexo debe estar identificado por una letra (A –Z), la cual será usada para diferenciar las figuras, tablas y ecuaciones que se encuentren en estas secciones.

**Instructivo General[[1]](#footnote-1)**

Apreciado Estudiante: Lea cuidadosamente este instructivo general y elimínelo una vez termine de elaborar el informe final.

Estilo: APA, 6ta edición, como se describe a continuación

Tamaño del papel: Carta (letter) / papel 21.59 cm x 27.94 cm (8 1/2” x 11”).

Márgenes: 2.54 en cada borde. El formato ya está configurado con estos márgenes. Por favor no los modifique.

Sangría: Cinco (5) o 0,5cm desde la pestaña diseño de Word, solo al inicio de cada párrafo y al inicio de las notas al pie de página.

Importante que en todas las páginas quede igual la sangría, para ello se sugiere usar tabulador. No lleva sangría:

• El texto correspondiente al resumen,

• El texto del Abstract

• Las citas en bloque

• Los títulos y encabezados

• Los títulos y notas de tablas

• Los pies de figuras o gráficas, ilustraciones, mapas

Fuente: Arial, tamaño: 12, en todo el documento, desde la portada hasta las referencias bibliográficas y los anexos.

Numeración de páginas

(Paginación): La paginación se inicia desde la portada, en forma consecutiva hasta el final. Se incluye en la esquina superior derecha de la hoja. La plantilla ya está numerada, no la modifique.

Texto: Justificado (APA sugiere alineado a la izquierda, pero se adopta justificado).

Interlineado: 1.5 en párrafos (APA sugiere 2.0, pero se adopta 1.5).

Listas especiales: **Tablas:** La American Psychological Association (p. 130), sugiere cuando sea conveniente diseñar tablas para incluir en el documento, es importante definir y estructurar los datos que los interesados en el tema, requerirán para comprender la explicación.

**Figuras:** “se pueden utilizar muchos tipos de figuras” (Manual de la APA, 2010, p. 153). Los más comunes son: gráficas, diagramas, Mapas. Dibujos y fotografías. Se incluyen, cada figura, en una página separada, al final del documento, después de las tablas o después de las referencias ( <https://apastyle.apa.org/manual/new-7th-edition>)).

Las tablas, imágenes y figuras: Todas elaboradas, bajo APA

Apéndice: Los apéndices son una sección opcional del trabajo en donde se incluye información o documentación que permite complementar y que no se puede incorporar en el cuerpo del trabajo. Esta sección se ubica al final de del manuscrito antes de los anexos.

Anexos: Los anexos serán usados para presentar información que los autores y el director consideren importante, como el caso de: manuales de usuario, hojas de datos, guías de laboratorio, demostraciones matemáticas, diseños esquemáticos, cartografía, entre otros. Esta sección se ubica al final de todo el manuscrito y es allí donde se pueden incorporar materiales de estímulo, tablas y/o figuras (Manual APA 6ª (sexta) edición. Disponible en http://www.apastyle.org/ y https://normasapa.net/tablas-figuras-y-apendices/

Textos escritos en gris: Se sobre escribe sobre éste en color negro la información solicitada, cuando se refirieren al título o datos de la portada o contraportada. Si se trata de una instrucción se elimina y se escribe el contenido que corresponda.

Texto escrito en negro

(en la plantilla): No se modifica. Se dejan como están.

Páginas de Dedicatoria y

Agradecimientos: Son opcionales.

Hoja de Aceptación: Se debe diligenciar completamente por los jurados (evaluadores, directores).

Recomendación: Por favor no modificar el formato de la plantilla y aplicar correctamente la norma APA.

**Referencias**

American Psychological Association. *APA Style*. Recuperado de <http://www.apastyle.org/>.

American Psychological Association (2010). *Manual de Publicaciones* (3a. ed.). México:

Nota: No olvide eliminar este instructivo y entregar solo el informe en la plantilla inicial de este documento

**AYUDAS PARA LA PRESENTACIÓN DEL DOCUMENTO**

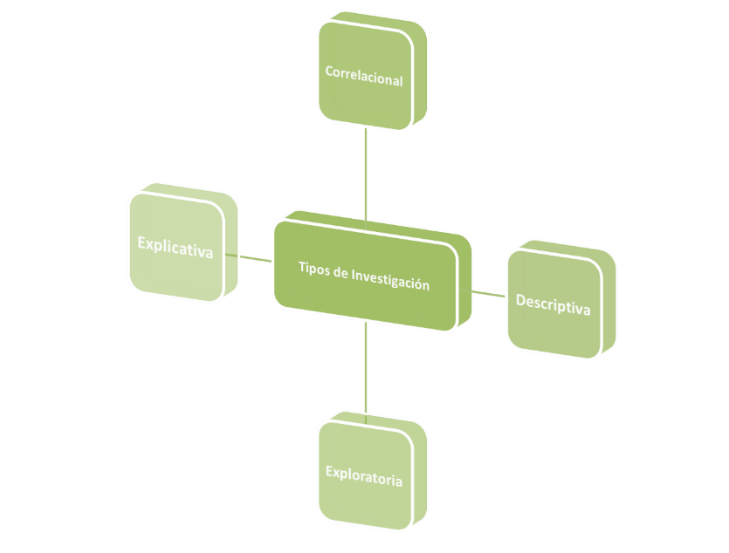
Esta sección del documento es de orientación para la elaboración del documento, **debe eliminarla** cuando genere la versión final. De igual manera, **debe eliminar** todas las instrucciones que contiene esta plantilla, que por lo general las encontrará como texto en color gris.

Recuerde que se debe tener especial cuidado en la redacción del texto del documento, este se debe redactar de manera formal en **tercera persona** y no en primera persona o de manera informal, no se permiten textos como: "nosotros esperamos que", en su lugar se debe usar: “se espera por parte de los autores que…”, igualmente sebe evitar el uso de gerundios, por ejemplo: estudiando el tema, en su lugar: estudiado el tema.

Las tablas, figuras, gráficas, esquemas, entre otros, deben tener nombre y fuente, a continuación, se presenta el ejemplo:

**Ejemplo de imagen**

***Figura 1***. Tipos de Investigación



Fuente: Autor

**Ejemplo de tabla**

Para el texto en el interior de la tabla deberá utilizarse fuente tipo Arial a 10 puntos con interlineado sencillo. Utilice el mismo formato para todas las tablas para dar uniformidad al documento.

***Tabla 1***.

*Descripción de la primera fase del estudio metodológico para construir un software en lenguaje Java*

|  |  |
| --- | --- |
| Tipo | Elementos |
| Actividades | * Actividad 1 * Actividad 2 * Actividad 3 * Actividad 4 |
| Recursos | * Sitio de trabajo   Conexión a internet   * Computador * Programas del computador * Navegador Web * Word * Excel |
| Resultados | Conocimiento y fortalecimiento del paradigma de la programación orientada a objetos, sus características, alcance, técnicas de desarrollo, métodos y funciones entre otros campos vinculados con esta misma. |

Nota: Tabla elaborada por el autor a partir de análisis sobre diseño de software.

1. Información tomada del Manual APA 6ª (sexta) Edición. Para complementar información se recomienda consultar en la página de la organización http://www.apastyle.org/ [↑](#footnote-ref-1)