

**SISTEMA DE MEDICIÓN SOBRE PARÁMETROS DE  
FUNCIONAMIENTO CON INTERFAZ WEB MEDIANTE  
MICROCOMPUTADOR ADECUADO A MÓDULOS FOTOVOLTAICOS**



**UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**

Autores:

**Anderson Felipe Roa Pardo  
Michael Rodríguez Guerrero**

**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS  
Facultad Tecnológica  
Tecnología en electrónica  
Industria 4.0**

Bogotá D.C. Junio, 2023

## **Dedicatoria**

*Agradecemos a quienes a través de los años nos han brindado su apoyo en todas las circunstancias tanto académicas y personales, en especial a nuestros familiares, docentes y compañeros quienes han sido una parte esencial para lograr este trabajo de grado y puesto que con su ayuda hemos logrado avanzar en nuestro camino de sueños interminables.*

## Resumen

En el presente, la población mundial opta por tomar alternativas sobre la manera de generar energía y ante una escasez (venidera) de los combustibles fósiles, los cuales además de contar con reservas limitadas (consumidas durante siglos), producen una contaminación extrema, dicha contaminación comienza desde el primer momento en su extracción hasta la quema de los mismos elementos que los componen (lo cual es necesario para producir energía), generando a su vez gases de efecto invernadero que impactan directamente la capa de ozono, por ende, influyen considerablemente en la variabilidad del cambio climático en el mundo, la manera en la cual se desarrolla la vida cotidiana del mismo, afecta diversas especies que habitan en el mismo y genera enfermedades de tipo respiratorio cuando el nivel de concentración en un lugar es muy alto [1].

Por lo anterior este proyecto busca demostrar y ampliar el panorama respecto a, el uso de medios tecnológicos virtuales para combatir el uso de energías fósiles y ayudar a la producción de energía limpia mediante el uso virtual aplicado a módulos fotovoltaicos teniendo un monitoreo constante de mediciones y detección de errores sobre dispositivos, los cuales a su vez facilitan al usuario poder tener un control de los diferentes aspectos en determinada aplicación física, lo cual radica una alternativa viable y clara frente al incremento de tiempo que se aprovecha en otras actividades.

A través de las redes de comunicación inalámbricas, el uso de diferentes tecnologías y la implementación de diferentes sistemas físicos y virtuales, se puede hacer un seguimiento específico, monitoreando detalladamente los módulos fotovoltaicos, viendo en tiempo real las características que se consideran necesarias para obtener un control remoto preciso sobre el funcionamiento de dichos sistemas (montajes) y los posibles daños que puedan existir por diferentes factores. La interfaz virtual genera advertencias sobre niveles bajos en la tensión, temperatura superior a los límites predeterminados, sobrecalentamiento en los módulos, errores en el almacenamiento de la energía, esto permite tener a la mano parámetros para poder tomar decisiones concisas en momentos adecuados y concretos [2].

Se espera que la implementación del sistema de monitoreo relacionado a los módulos fotovoltaicos pueda expandirse a aplicaciones relacionadas con áreas urbanas, rurales e industriales y a su vez llegar a cumplir con la mayor parte de las demandas en gasto energético que tiene cada uno de estos sectores[10]. Podría llegar a verse como una alternativa más económica, consciente y eficaz respecto a otro tipo de energías. La inversión ayudaría a incentivar investigaciones de mayor calidad, por tanto, incentivaría la creación de proyectos innovadores y desarrollos en estructuras similares para la energía fotovoltaica [9].

**RECREAR UN BUEN RESUMEN!!!! ESTO SE FUE COMO INTRODUCCIÓN**

## Índice

Dedicatoria	i
Resumen	ii
Índice	iii
Índice de Figuras	iv
Índice de Tablas	v
Índice de Anexos	vi
1. Introducción	1
2. Planteamiento del problema	2
3. Justificación	3
4. Objetivos	4
4.1. Objetivo General	4
4.2. Objetivos específicos	4
5. Marco de referencia	5
5.1. Antecedentes	5
5.2. Marco teórico	5
5.3. Marco Legal	5
6. Metodología	6
7. Resultados	7
8. Conclusiones y Recomendaciones	8
Referencias	9
Anexos	10

## Índice de Figuras

Figura 1. Dependencia de las curvas I-V de una celda fotovoltaica con la irradiancia solar	11
Figura 2.Tasa de crecimiento anual y proyección de demanda de energía eléctrica.	12
Figura 3. Mapa mundial de radiación solar.	14
Figura 4. Pinout raspberry pi 4 model B.	15
Figura 5. Sistema OS Raspbian.	16
Figura 6. Código y logo de python™.	16
Figura 7. Microcontrolador PIC16F876A.	17
Figura 8. Panel solar Policristalino 8W	18
Figura 9. Tipos de gráficos en Grafana.	18
Figura 10. Logo Node-RED.	19
Figura 11. Tarjeta ESP32 con pines de conexión.	20
Figura 12. Sensor de temperatura MAX6675 con accesorios.	21
Figura 13. Representación gráfica del sistema de control.	22
Figura 14. Diagrama de bloques para conexión de dispositivos.	22
Figura 15. Montaje Final de sistema de recolección de datos.	24

## Índice de Tablas

Tabla 1. Recursos energéticos por año en el mundo	10
Tabla 2. Cronograma de actividades.	23

## Índice de Anexos

Anexo 1.....	1
--------------	---

## 1. Introducción

En el presente, la población mundial opta por tomar alternativas sobre la manera de generar energía y ante una escasez (venidera) de los combustibles fósiles, los cuales además de contar con reservas limitadas (consumidas durante siglos), producen una contaminación extrema, dicha contaminación comienza desde el primer momento en su extracción hasta la quema de los mismos elementos que los componen (lo cual es necesario para producir energía), generando a su vez gases de efecto invernadero que impactan directamente la capa de ozono, por ende, influyen considerablemente en la variabilidad del cambio climático en el mundo, la manera en la cual se desarrolla la vida cotidiana del mismo, afecta diversas especies que habitan en el mismo y genera enfermedades de tipo respiratorio cuando el nivel de concentración en un lugar es muy alto [1].

Por lo anterior este proyecto busca demostrar y ampliar el panorama respecto a, el uso de medios tecnológicos virtuales para combatir el uso de energías fósiles y ayudar a la producción de energía limpia mediante el uso virtual aplicado a módulos fotovoltaicos teniendo un monitoreo constante de mediciones y detección de errores sobre dispositivos, los cuales a su vez facilitan al usuario poder tener un control de los diferentes aspectos en determinada aplicación física, lo cual radica una alternativa viable y clara frente al incremento de tiempo que se aprovecha en otras actividades.

A través de las redes de comunicación inalámbricas, el uso de diferentes tecnologías y la implementación de diferentes sistemas físicos y virtuales, se puede hacer un seguimiento específico, monitoreando detalladamente los módulos fotovoltaicos, viendo en tiempo real las características que se consideran necesarias para obtener un control remoto preciso sobre el funcionamiento de dichos sistemas (montajes) y los posibles daños que puedan existir por diferentes factores. La interfaz virtual genera advertencias sobre niveles bajos en la tensión, temperatura superior a los límites predeterminados, sobrecalentamiento en los módulos, errores en el almacenamiento de la energía, esto permite tener a la mano parámetros para poder tomar decisiones concisas en momentos adecuados y concretos [2].

Se espera que la implementación del sistema de monitoreo relacionado a los módulos fotovoltaicos pueda expandirse a aplicaciones relacionadas con áreas urbanas, rurales e

industriales y a su vez llegar a cumplir con la mayor parte de las demandas en gasto energético que tiene cada uno de estos sectores[10]. Podría llegar a verse como una alternativa más económica, consciente y eficaz respecto a otro tipo de energías. La inversión ayudaría a incentivar investigaciones de mayor calidad, por tanto, incentivaría la creación de proyectos innovadores y desarrollos en estructuras similares para la energía fotovoltaica [9].

## **2. Planteamiento del problema**

Dada la coyuntura relacionada con el COVID-19 (pandemia), ha hecho que se incremente el uso de la energía en las zonas residenciales por las diferentes actividades relacionadas con el entorno laboral y académico, por ende, se identifica como un problema estructural que muchos de estos procesos lleguen a suplirse con fuentes de energías provenientes de procesos contaminantes y posiblemente se podrían implementarse diferentes alternativas para disminuir el consumo de las mismas, por consiguiente, el uso de procesos que son contaminantes [12].

Se identifica que el mantenimiento relacionado a módulos fotovoltaicos genera un desplazamiento del personal de mantenimiento, puesto que, las aplicaciones en la mayoría de ocasiones están en zonas apartadas del entorno urbano, por consiguiente, al hacer un servicio de seguimiento y mantenimiento apropiado conlleva a un traslado con distancias considerables, además al momento de presentarse una anomalía en el sistema después del mantenimiento no se podrá identificar inmediatamente, sino, hasta la próxima revisión de mantenimiento o hasta que exista una comunicación de un tercero por una falla evidente [13].

Otro de los problemas más frecuentes de los módulos fotovoltaicos está relacionado con las altas temperaturas alcanzadas en los mismos, generado en algunas ocasiones por el ambiente externo e interno, haciendo que pueda llegar a disminuir su capacidad de almacenamiento y a su vez eficiencia en la cantidad de energía suministrada a sus usuarios finales, esto hace que sí, el mantenimiento es constante el personal tenga gastos significativos por desplazamiento, por ende, se busca que el proyecto pueda identificar y regular en algún aspecto la temperatura que llega a tener el sistema en general. En una instalación de módulos de celdas fotovoltaicas existen problemas relacionados con el mismo objeto (concerniente a una instalación inadecuada o defectos de fábrica) «que pueda generar alguna alteración en el rendimiento que

debe suministrar, es puede ser causado debido al fallo de algún componente básico como el inversor, la batería, la placa o una mala orientación» [3].

### **3. Justificación**

De las múltiples fuentes de energía renovables existentes, la energía solar es una de las más prometedoras a futuro ya que es exuberante, limpia y no produce sonido o alguna otra clase de contaminación relacionada con el medio ambiente. Esto en términos generales y con la constante reducción de los precios en la producción de las celdas fotovoltaicas, incentivó a los gobiernos de diferentes territorios en el mundo a la planeación, creación y ejecución de políticas energéticas destinadas al crecimiento de consumo de sistemas amigables con el medio ambiente tanto a grado comercial como en el rural, residencial e industrial [4].

La eficiencia de los módulos fotovoltaicos es seriamente afectada por el bloqueo de la radiación incidente sobre el mismo, acumulación de suciedad sobre su área defensora así como por la acción de agentes degradantes aplicados por distintos usuarios. Gracias a esto monitoreo se estima un aspecto de esencial trascendencia por medio de él, es viable realizar la observación de la igualdad y funcionamiento del sistema proporcionando información facilita tomar medidas para ergonomizar el proceso de generación de energía.

Uno de los procedimientos más primordiales se basa en hacer la recolección de información y transferirla para su estudio por medio de cables. No obstante, debido a los precios y restricciones técnicas de la transmisión por cables, las estaciones de monitoreo necesitan estar próximas al lugar donde se encuentra el módulo fotovoltaico, las cuales traen un aumento en el capital de inversión y los precios de mantenimiento. Por consiguiente, para contrarrestar dicho incremento se busca la utilización de sistemas de monitoreo inalámbrico como opción a estos procesos de aplicación física [3].

Con este proyecto se busca ahorrar una cantidad considerable de costos adicionales que podrían ir desde el desplazamiento del operario hacia el sitio, así también como la detección de todos los fallos con una mayor precisión, gracias al sistema de monitoreo constante, esto es posible gracias a la información entregada en tiempo real, la cual permite visualizar con

gráficos y dar claridad al proceso de funcionamiento del módulo, por lo tanto la detección de los problemas llega a ser solucionados de una manera más ágil [9].

## **4.Objetivo**

### **4.1.Objetivo General**

Realizar un sistema de monitoreo para un panel fotovoltaico, identificando variables de temperatura y energía suministrada, por medio de una interfaz web para la graficación de datos obtenidos y un microcomputador.

### **4.2. Objetivos específicos**

- Realizar un sistema que permita monitorear la eficiencia de un módulo fotovoltaico, generando reportes sobre: niveles de tensión en el almacenamiento interno del módulo y temperatura elevada más allá del límite requerido por el módulo fotovoltaico.
- Realizar un sistema de control de temperatura para la superficie del módulo midiendo los parámetros que permitan identificar la eficiencia del mismo.
- Desarrollar una interfaz de usuario a través de una página web que permita visualizar los datos correspondientes a: tensión, corriente, temperatura y nivel de almacenamiento actual.
- Implementar un sistema de limpieza para la superficie del módulo fotovoltaico el cual permita al usuario controlar su accionamiento de manera remota.

## **5.Marco de referencia**

### **5.1. Antecedentes**

Alrededor del mundo se han presentado cambios climáticos y naturales drásticos, influyendo en diferentes tipos de enfermedades, todo esto es relacionado por la contaminación que durante siglos se ha producido, lo anterior tiene relación directa y derivada del mal uso que se le ha dado a los combustibles fósiles, los cuales han afectado

a millones de especies de vegetación y animal en todo el mundo. Se han visto afectadas por procesos específicos de extracción con químicos indebidos, técnicas de extracción inapropiadas, derrames petroleros, explosiones que terminaron siendo incontrolables, contaminación en suelos y mares, etc [1].

A partir de lo anterior varios sectores sociales han creado sistemas que causan menos contaminación, por consiguiente, desarrollaron alternativas con las cuales los desastres son minimizados, estas alternativas disminuyen el consumo de energías convencionales y optan por energías limpias, amigables con el medio ambiente, jugando un papel fundamental en el desarrollo de la vida por procesos naturales. En países con fuentes hídricas abundantes buscan un abastecimiento energético por medio de diferentes usos, a partir de la energía hidráulica. Países donde el viento llega a tener una fuerza imponente prefieren optar por la energía eólica haciendo su producción más eficiente y por supuesto.

«El Sol con una potencia media de  $3,7 * 10^{14}$  TW, de la que llega a la superficie 173.000 TW (o lo que es lo mismo, 900W / m<sup>2</sup>)» [2], que por medio de sus rayos, los cuales llegan a todos los lugares del planeta tierra y abastecen de luminosidad a gran parte del mundo por un tiempo cuantioso, se convierte en una extraordinaria manera de aprovechar la energía. Sabiendo que esta fuente perdurará aún por muchos siglos y que aun en la actualidad no se ha podido aprovechar en su totalidad.

Los diferentes sectores sociales, en busca de alternativas energéticas de países potencia como Estados Unidos, Alemania, Japón, incluso India entre muchos más, han desarrollado herramientas para generar energía limpia a partir de sistemas basados en la energía solar con finalidad de suplir necesidades como: la autonomía de vehículos, centrales eléctricas, campos de producción agrícola e infinidad de aplicaciones más.

Energía	Recurso (en tep por año)
Hidráulica	$1.7 \cdot 10^9$
Solar	$9.8 \cdot 10^{13}$
Eólica	$1.4 \cdot 10^{10}$
Biomasa	$2.8 \cdot 10^9$
Geotérmica	$2.3 \cdot 10^{16}$
Maremotriz	$1.9 \cdot 10^9$
Maremotémica	$2.8 \cdot 10^{13}$
Olas	$1.7 \cdot 10^9$

Tabla 1. Recursos energéticos por año en el mundo [1].

Relacionando el sol y a su vez la temperatura generada por la radiación ejercida por los rayos ultravioleta (UV) y los rayos infrarrojos (IR), sobre diferentes objetos inertes o los mismos seres vivos, se deben tener en cuenta dadas las diferentes temperaturas alcanzadas por el contacto constante entre los módulos fotovoltaicos y los rayos, dado que sin tener en cuenta lo anterior podrían generarse daños en los sistemas físicos y posiblemente errores en el sistema de monitoreo. «En la práctica las celdas solares no operan bajo condiciones de certificación estándar. Los parámetros de mayor influencia sobre la curva I-V de una celda fotovoltaica serán la irradiancia y la temperatura. Por un lado, dado que la corriente de cargas generadas a partir de la radiación luminosa es proporcional al flujo de fotones con energía superior a la anchura de la banda prohibida (gap), la intensidad de cortocircuito de una celda solar es directamente proporcional a la intensidad de la iluminación incidente: ante un determinado aumento o disminución porcentual de la iluminación, la intensidad se ve modificada con un cambio porcentual similar en el mismo sentido» [3].

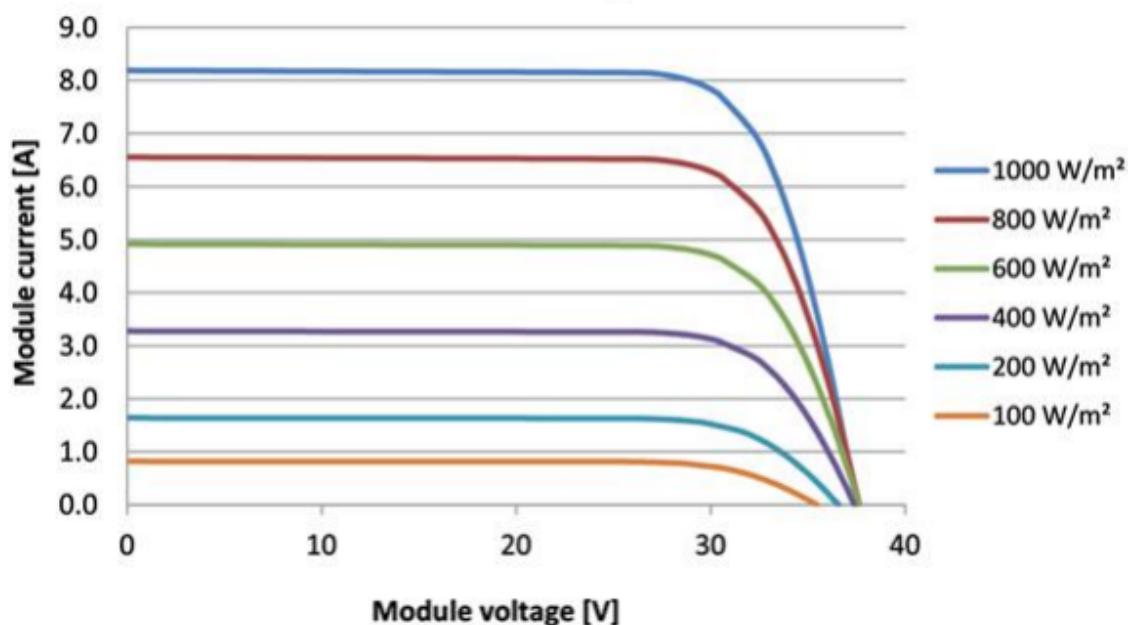


Figura 1. Dependencia de las curvas I-V de una celda fotovoltaica con la irradiancia solar [1].

Respecto al panorama mundial y en relación con las energías renovables, se puede opinar que el incremento de su uso durante los últimos 15 años ha sido (2006-2021)

excepcional, contribuyendo a diferentes sectores económicos como agronomía, producción de energía para poblaciones reducidas, luminosidad nocturna, movilidad en vehículos, transporte integrado, entre muchas otras. Específicamente en Colombia se puede evidenciar que, la adquisición de vehículos de tipo eléctrico o híbrido ayudan a su adquisidor a tener ciertos beneficios por políticas medioambientales en tanto a su propia economía esto incentiva a muchas personas a querer adquirir más vehículos de este tipo y hay generar más empleos en ese sector, no solamente en el comercial sino en la capacitación de personal para el mantenimiento de estos vehículos, sin embargo, la alta dependencia de Colombia en sus recursos hidroeléctricos pone al país en riesgo periódico de escasez y altos precios de la energía, como fue evidenciado en la crisis energética generada por el fenómeno de “El Niño” en los años 1992 y 1993 o más recientemente en los altos precios de energía experimentados en 2009, 2010, 2013 y 2014. Más aún, análisis recientes han pronosticado que la vulnerabilidad a las sequías crecerá significativamente en Colombia debido al cambio climático (UPME,2015) [2].

Grafica 1 Tasa de crecimiento anual y proyección de demanda de energía eléctrica. Fuente: UPME, Unidad de Planeación Minero Energética. Cálculos: UPME.

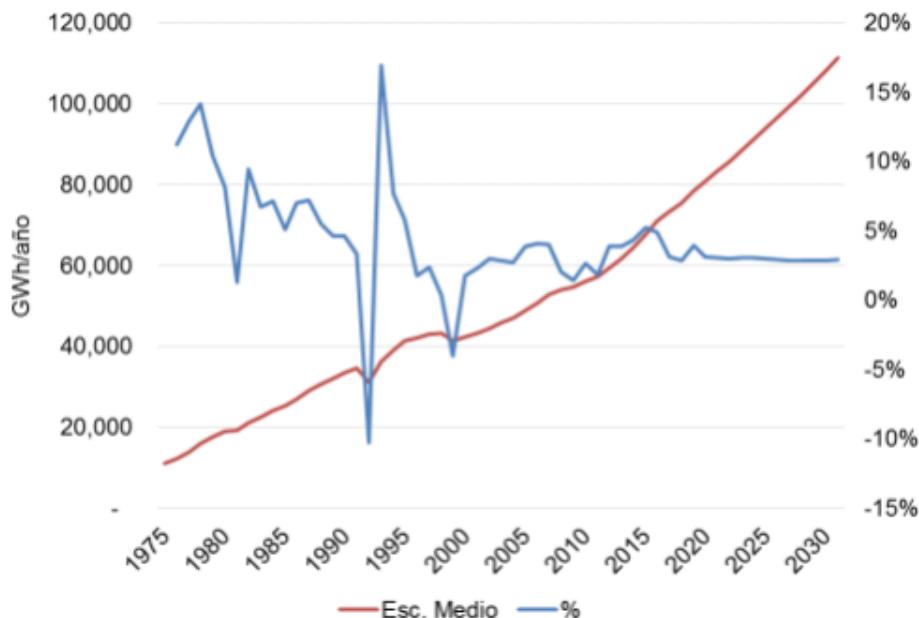


Figura 2.Tasa de crecimiento anual y proyección de demanda de energía eléctrica.

Fuente: UPME [2].

Bogotá “siendo la ciudad más importante de Colombia” también es una de las más afectadas del país por lo cual ha venido preparándose mediante diferentes estrategias para el cambio climático, según (Distrital De Ambiente, 2015) entre los años 2010 y 2014 se desarrolló el Plan Regional Integral de Cambio Climático de Bogotá – Cundinamarca (PRICC), que corresponde a un modelo piloto mundial que ha impulsado Naciones Unidas para fortalecer la capacidad de los gobiernos regionales de construir territorios resilientes que enfrenten los retos del cambio climático. Además, en el año 2012 la adaptación de Bogotá al cambio climático fue un eje central en el Plan Distrital de Desarrollo 2012- 2016 (Bogotá Humana) llamado “Un territorio que enfrenta el cambio climático y se ordena alrededor del agua” [2].

## 5.2. Marco teórico

### 5.2.1. Energía Solar

La energía solar fotovoltaica es aquella que se obtiene por medio del proceso directo de transformación de la energía del sol en energía eléctrica, el proceso de transformación de la energía del sol se puede llevar a cabo de dos maneras:

- En la primera, se utiliza una parte del espectro electromagnético de la energía del sol para producir calor. A la energía obtenida se le llama energía solar térmica. La transformación se realiza mediante el empleo de colectores térmicos.
- En la segunda se utiliza la otra parte del espectro electromagnético de la energía del sol para producir electricidad. A la energía obtenida se le llama energía solar fotovoltaica. La transformación se realiza por medio de módulos o paneles solares fotovoltaicos[4].

La energía solar fotovoltaica se puede utilizar para hacer funcionar lámparas eléctricas, para iluminación o para hacer funcionar radios, televisores y otros electrodomésticos de bajo consumo energético, generalmente, en aquellos lugares donde no existe acceso a la red eléctrica convencional. No obstante para instalaciones para instalaciones de tamaño mediano o grande, puede plantear la utilización de la energía solar fotovoltaica de cara a la producción de energía eléctrica para su introducción en las redes de distribución y transporte eléctrico, empleando en ese caso una fuente de energía renovable y absolutamente limpia.

Es necesario disponer de un sistema forzado por equipos especialmente construidos para realizar la transformación de la energía solar en energía eléctrica. Este sistema recibe el nombre de sistema fotovoltaico y los equipos que lo forman reciben el nombre de componentes fotovoltaicos. Los componentes que forman el sistema fotovoltaico van a ser distintos en función del uso de la instalación.

La energía solar se encuentra disponible en todo el mundo. Algunas zonas del planeta reciben más radiación solar que otras lo que convierte a estas en preferentes. Sin embargo, los sistemas fotovoltaicos tienen muchas aplicaciones, tales como la alimentación de sistemas de emergencia o alumbrado aislados, que son factibles en cualquier lugar.

Aplicado en el territorio colombiano, los sistemas fotovoltaicos son una alternativa muy interesante, desde la perspectiva técnica, pues la región dispone durante todo el año de abundante radiación solar.

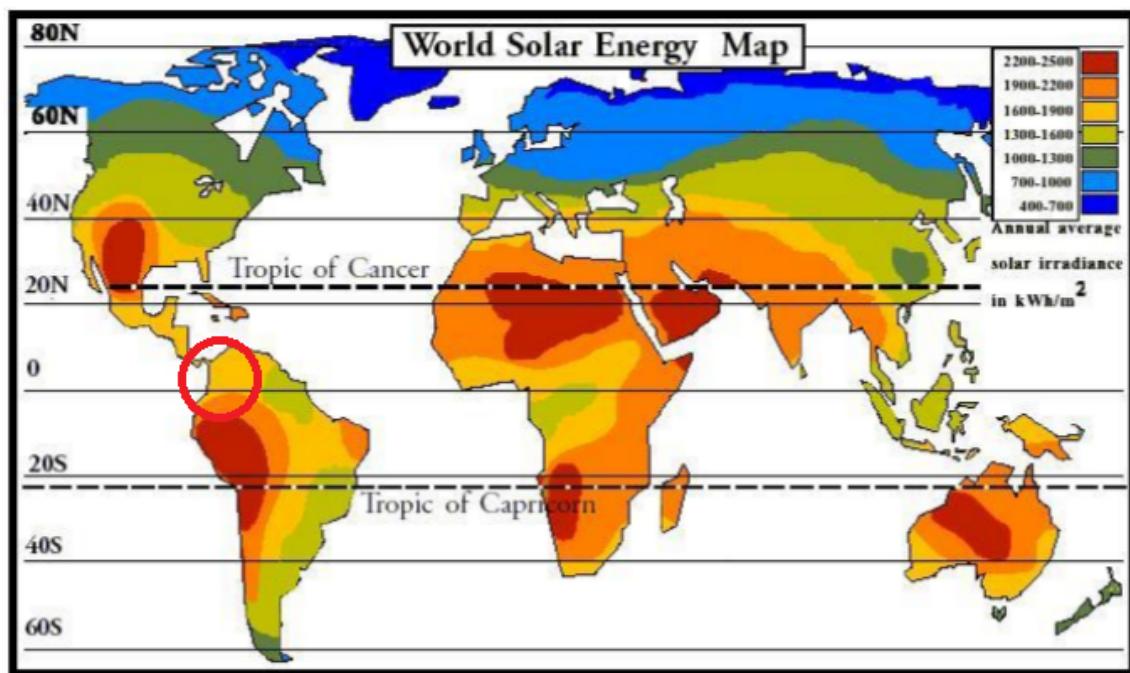


Figura 3. Mapa mundial de radiación solar [1].

### Raspberry Pi 4 Model B

Raspberry Pi es una placa computadora (SBC) de bajo costo desarrollada en Reino Unido por la Fundación Raspberry Pi, con el objetivo de estimular la enseñanza de ciencias de la computación en las escuelas [15].

El diseño incluye:

- CPU ARM Cortex-A72 de 64 bits con cuatro núcleos a 1,5 GHz.
- 1 GB, 2GB o 4GB de SDRAM LPDDR4.
- Gigabit Ethernet.
- Red inalámbrica 802.11ac de doble banda.
- Bluetooth 5.0.
- Dos puertos USB 3.0 y dos puertos USB 2.0
- Soporte de doble monitor , en resoluciones de hasta 4K.
- Gráficos de VideoCore IV, compatibles con OpenGL ES 3.x.
- Decodificación de hardware 4Kp60 de video HEVC.
- Compatibilidad completa con productos Raspberry Pi anteriores

## Pines

Los pines de la raspberry pi están organizados de la siguiente manera:

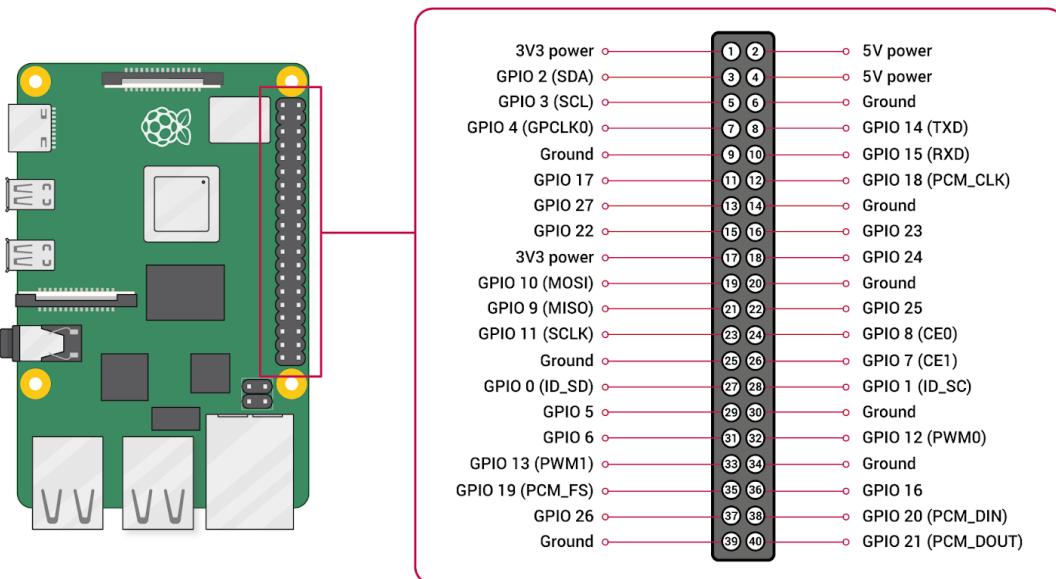


Figura 4. Pinout raspberry pi 4 model B [15].

## Raspbian

Raspbian Raspbian es un sistema operativo gratuito basado en Debian optimizado para el hardware Raspberry Pi. Un sistema operativo es el conjunto de programas y utilidades básicas que hacen que su Raspberry Pi funcione. Sin embargo, Raspbian proporciona más que un sistema operativo puro: viene con más de 35 000 paquetes, software precompilado incluido en un formato agradable para una fácil instalación en su Raspberry Pi [5].



Figura 5. Sistema OS Raspbian [5].

## Python

Python es un lenguaje sencillo de leer y escribir debido a su alta similitud con el lenguaje humano. Además, se trata de un lenguaje multiplataforma de código abierto y, por lo tanto, gratuito, lo que permite desarrollar software sin límites. Con el paso del tiempo, Python ha ido ganando adeptos gracias a su sencillez y a sus amplias posibilidades, sobre todo en los últimos años, ya que facilita trabajar con inteligencia artificial, big data, machine learning y data science, entre muchos otros campos en auge [4].



Figura 6. Código y logo de python™ [4].

## Microcontrolador

Un microcontrolador es un circuito integrado que en su interior contiene una unidad central de procesamiento (CPU), unidades de memoria (RAM y ROM), puertos de entrada y salida y periféricos. Estas partes están interconectadas dentro del microcontrolador, y en conjunto forman lo que se conoce como microcomputadora. Se

puede decir con toda propiedad que un microcontrolador es una microcomputadora completa encapsulada en un circuito integrado [14].

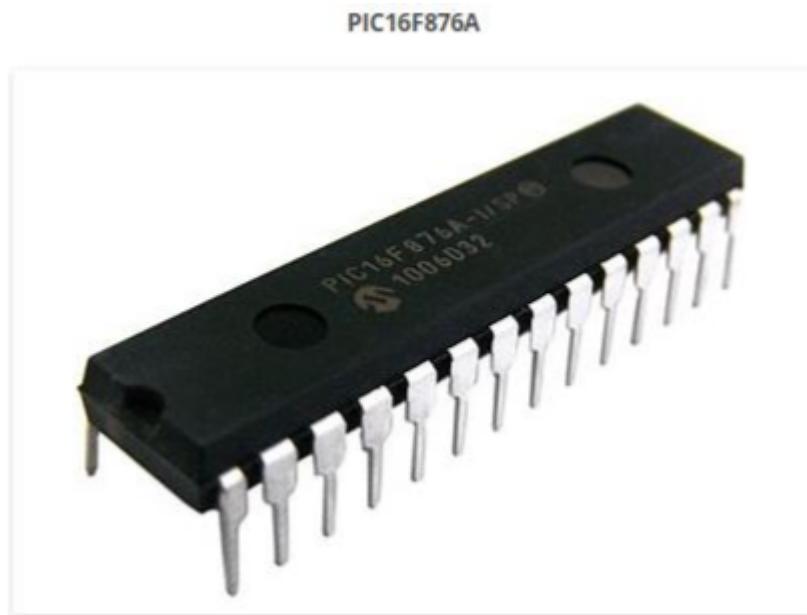


Figura 7. Microcontrolador PIC16F876A.

### Módulo fotovoltaico

La primera etapa consta del circuito del panel solar, junto al circuito controlador y su batería. Se optó por implementar un sistema ergonómico y de bajo costo, dicho circuito tiene su respectivo panel solar policristalino de Potencia de 30W y voltaje de carga de 5.5V incluso en días nublados y lluviosos, tiene el controlador para la alimentación del circuito y carga de las baterías , 2 baterías de litio de 3.7V-1200mah c/u.

Dicho circuito está originalmente pensado para ser una luminaria LED con alimentación solar. Debido a que los objetivos del proyecto estaban enfocados hacia la monitorización de estos sistemas, no se encontró ningún tipo de problema.



Figura 8. Panel solar Policristalino 8W [7].

### Aplicación web

Son aquellas herramientas que los usuarios pueden utilizar accediendo a un servidor web a través de internet o de una intranet mediante un navegador. En otras palabras, es un programa que se codifica en un lenguaje interpretable por los navegadores web en la que se confía la ejecución al navegador. Todo esto será realizado en la plataforma de GRAFANA la cual nos brinda muchas herramientas (como su software de node-red para hacer conexión entre el microcontrolador y el servidor web) [#--11].

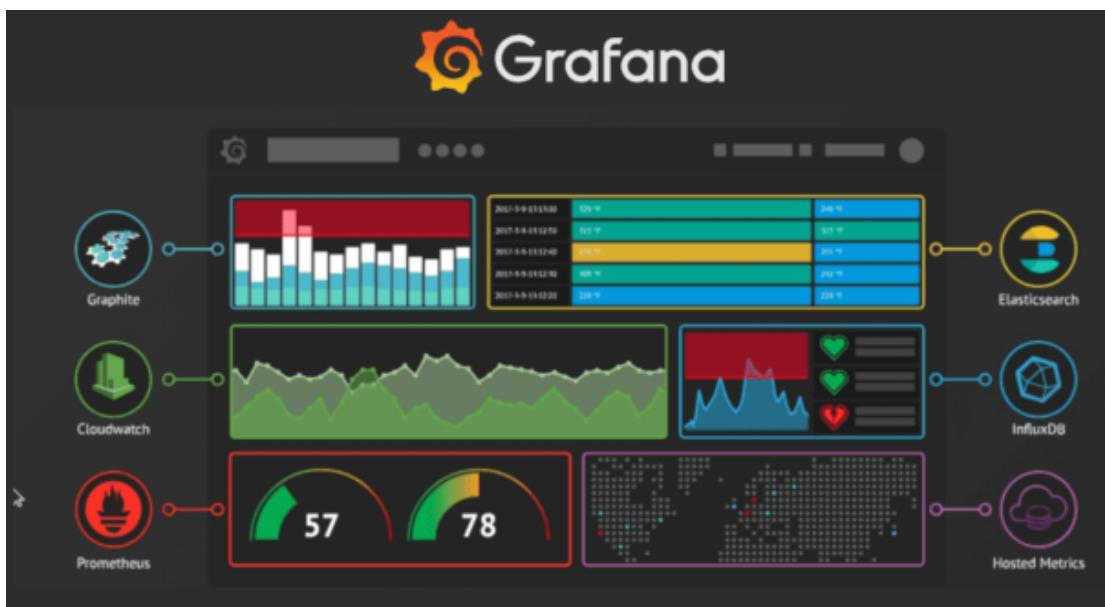


Figura 9. Tipos de gráficos en Grafana [11].

## Node-RED

Una herramienta que sigue facilitando el IoT y las soluciones industriales es Node-RED. Diseñado y construido por IBM, Node-RED es un motor lógico gratuito de código abierto que permite a los programadores de cualquier nivel interconectar E/S físicas, sistemas basados en la nube, bases de datos y API. El usuario interactúa con Node-RED a través de un editor de flujo basado en navegador que hace que las integraciones de múltiples dispositivos y múltiples API sean tan fáciles como vincular nodos en flujos fáciles de entender [##].

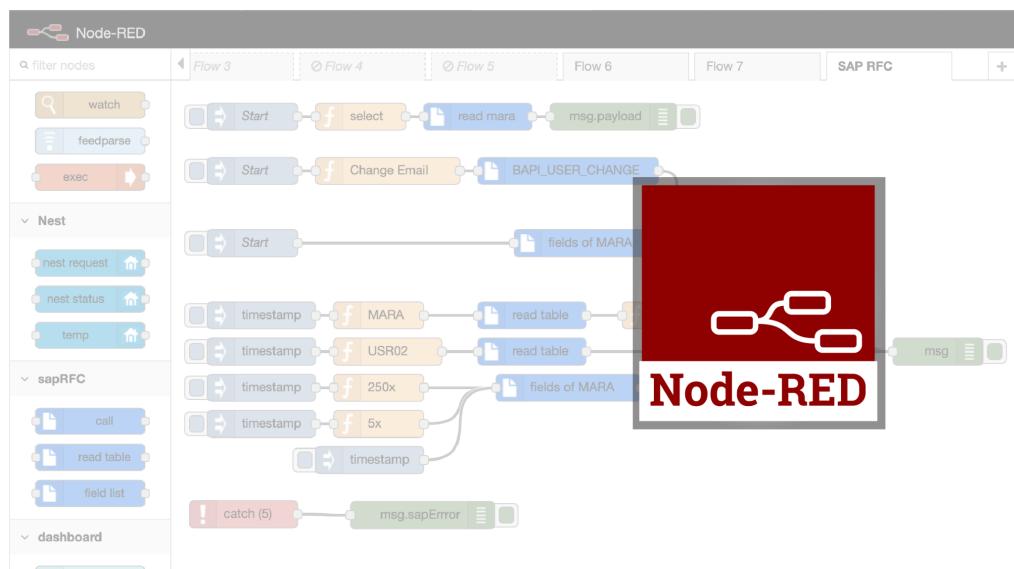


Figura 10. Logo Node-RED [11].

## ESP32

La ESP32 es una serie de microcontroladores de bajo costo y bajo consumo de energía desarrollada por Espressif Systems. Se utiliza ampliamente en el campo de la electrónica y la programación de dispositivos conectados a Internet, también conocidos como IoT (Internet of Things).

La ESP32 combina un procesador de doble núcleo Xtensa LX6, que funciona a una velocidad de hasta 240 MHz, con una amplia gama de características, como conectividad Wi-Fi integrada, Bluetooth 4.2 y Bluetooth de baja energía (BLE). También cuenta con una amplia variedad de interfaces periféricas, como puertos GPIO, UART, SPI, I2C,

ADC y DAC, lo que la hace muy versátil y adecuada para una amplia gama de aplicaciones.

Una de las características más notables de la ESP32 es su capacidad de conectividad inalámbrica. Puede conectarse a redes Wi-Fi para acceder a Internet y comunicarse con otros dispositivos en la red.

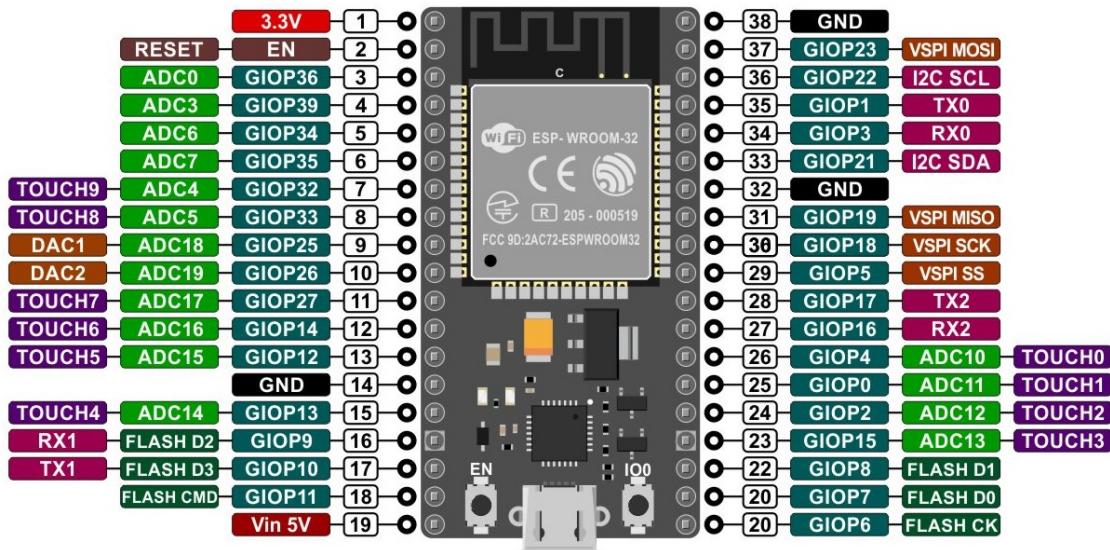


Figura 11. Tarjeta ESP32 con pines de conexión [16].

### Termocupla MAX6675

El MAX6675 es un circuito integrado que funciona como un sensor de temperatura digital de tipo termopar, se encarga de convertir la diferencia de voltaje generada por el termopar en una lectura digital de temperatura. Proporciona una interfaz SPI (Serial Peripheral Interface) para la comunicación con el microcontrolador o el sistema al que está conectado. La comunicación con el MAX6675 se realiza a través del protocolo SPI, utilizando señales de reloj, datos de entrada y salida, y una señal de selección de dispositivo. Una vez que se establece la comunicación, el microcontrolador puede enviar una solicitud de lectura y recibir los datos digitales correspondientes a la temperatura medida.



Figura 12. Sensor de temperatura MAX6675 con accesorios [6].

### 5.3. Marco Legal

#### IEEE802.3

Tiene que ver con la reglamentación legal que permita garantizar la calidad del diseño electrónico, en este sentido se deben abordar normas de calidad para dispositivos electrónicos desde la IEEE, UIT, o en su defecto si el dispositivo se encuentra normalizado en el país, se utilizará la norma ICONTEC. Si no se encuentra normas de calidad específicas para el diseño en cuestión en ninguna de las organizaciones anteriores se optara por la utilización de la norma ISO 9001, y el aparte que tiene que ver con diseño tecnológico.

#### IEEE std 1159 de 2009

Define siete categorías distintas de fenómenos electromagnéticos en las redes eléctricas: transitorios, variaciones corta duración, variaciones de larga duración, desequilibrio de tensión, distorsión de la forma de onda, fluctuaciones de tensión y variación de frecuencia.

## 6.Metodología

Se desea obtener un sistema de módulos fotovoltaicos para realizar la regulación de un sistema para la adquisición y suministro de energía, en paralelo se debe extraer como señal de voltaje para esta ser monitorizada, dicha señal va a ser comparada con un voltaje promedio otorgado por el panel solar. Todos estos datos van a ser llevados a la nube a través de un servidor web creado en el mismo software. Este proceso va a ser implementado en una Raspberry, el servidor web estará instalado en el microcomputador a través del servicio de NODERED.

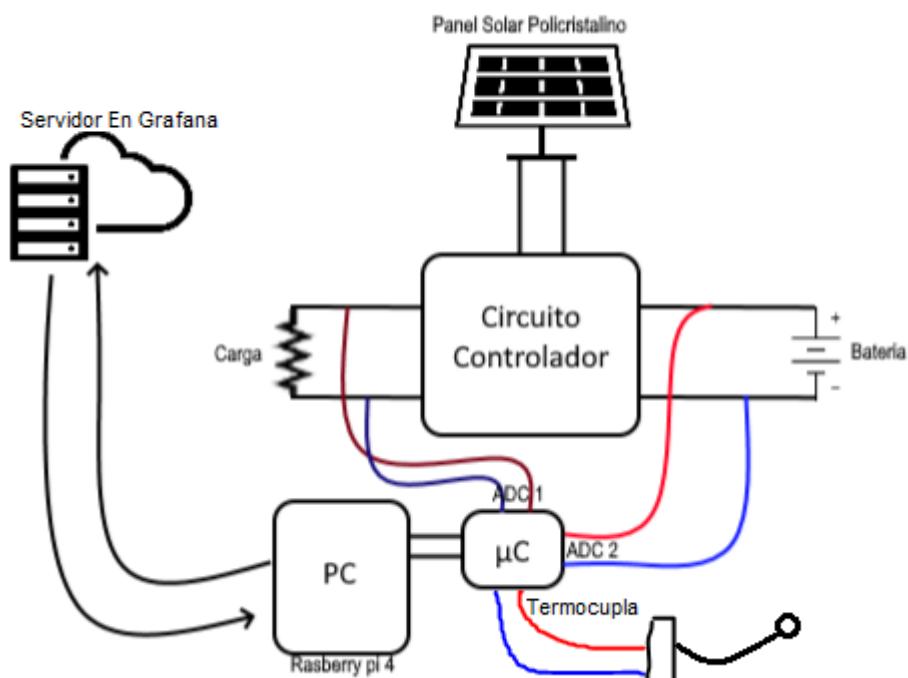


Figura 13. Representación gráfica del sistema de control.

### Diagrama de Bloques

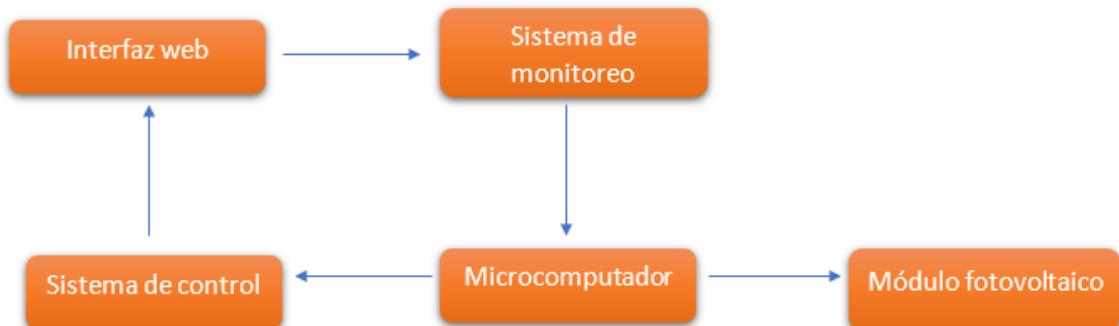


Figura 14. Diagrama de bloques para conexión de dispositivos.

## Cronograma de Actividades

Se propone el siguiente cronograma para cumplir a cabalidad con las actividades propuestas en el desarrollo del proyecto

MES	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES															
	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4			
SEMANA	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Investigación																
Programación del sistema de monitoreo																
Desarrollo de algoritmos para la visualización de la interfaz																
Desarrollo del sistema de control de temperatura																
Desarrollo de limpieza del modulo fotovoltaico																
Diseño de servidor web																
Implementación del modulo fotovoltaico																
Implementación de la raspberry pi 4																
Comunicación del hardware con el servidor web																
Comunicación a distancia																
Diseño de la estructura																
Construcción de la estructura																
Mecanismos de prueba y alertas																
Pruebas finales y ajustes previos a entrega																

Tabla 2. Cronograma de actividades.

## Impacto esperado.

El impacto que se quiere generar en este tipo de proyecto es la reducción de tiempos y costos de mantenimiento y excelente monitorización del sistema, ya que la aplicación de los módulos fotovoltaicos, en su mayoría, siempre son empleadas en lugares donde el abastecimiento de la red eléctrica es escaso y a su vez son zonas apartadas de sectores de productividad energética.

## Impacto Social

Este proyecto hará que los sectores en donde se emplee el uso de módulos fotovoltaicos, obtengan una eficiencia y una autonomía considerable, para que los beneficiarios de dichos proyectos logren tener una mejor calidad en el servicio con la menor incidencia

posible, ayudando así, a familias y comunidades con escasez de recursos energéticos derivados de la energía eléctrica a aliviar algunas de sus necesidades relacionadas con la energía eléctrica.

### **Impacto Tecnológico**

Las diferentes alternativas que se proponen en este proyecto, respecto al uso de tecnologías informáticas y de comunicación a distancia. Proporcionan que el usuario pueda llegar a implementar más aplicaciones relacionadas con el campo de la electrónica, las comunicaciones remotas, y el control de sistemas por medio de la tecnología, sensores e interacciones con el área de desarrollo de este proyecto.

## **7.Resultados**

Se describe el proyecto en las siguientes etapas: recolección de datos, lectura de datos por puerto serial, transmisión de datos hacia la nube y graficación de datos en la nube.

### **Primera Etapa - Recolección de datos**

La conexión entre los sensores e implementos con el montaje final son necesarios para tener una correcta medición de los datos del entorno. Si la temperatura es baja, el sol está iluminando directamente en el panel, la intensidad lumínica está obstruida a pesar que la temperatura sea alta. Existen muchas variables por las cuales se puede llegar a obtener o dificultar la medición, por ende, es necesario controlar y verificar que cada sección del montaje esté conectada correctamente, esto a través de la segunda etapa del proyecto.

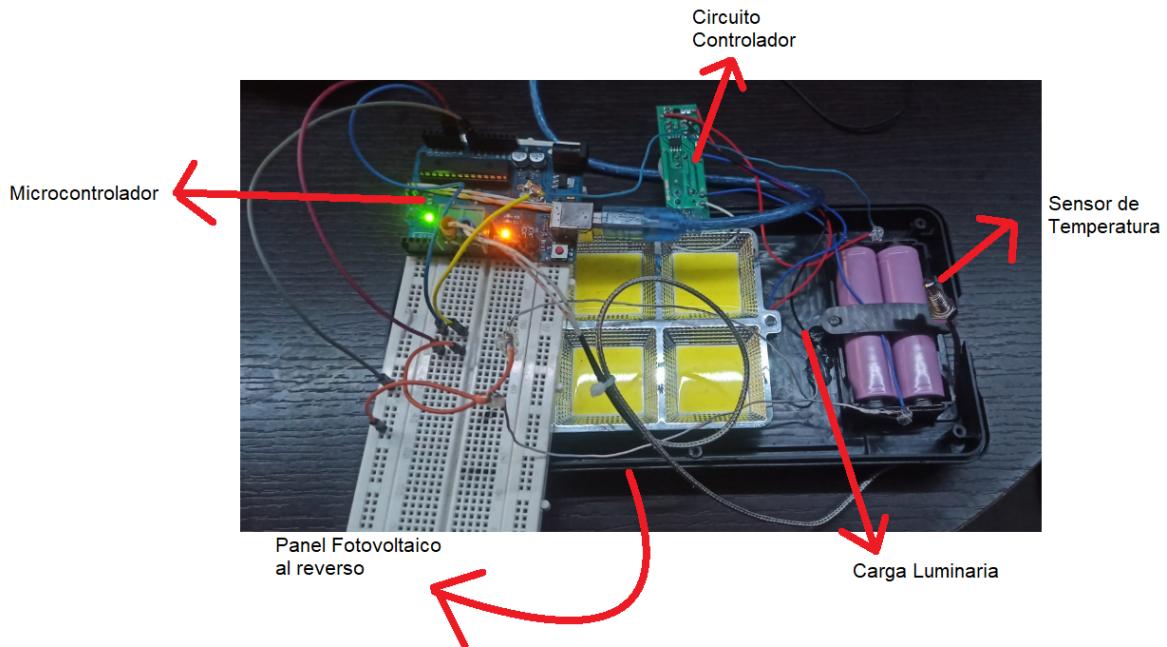


Figura 15. Montaje Final de sistema de recolección de datos.

### Segunda etapa - Lectura de datos por puerto serial

El microcontrolador se encarga de recolectar por puerto serial tres variables:

- Temperatura ambiente: Da por la lectura y sistema interno que contiene el sensor MAX6675 y por los siguientes puertos conectados al microcontrolador

```
//-----Definición de pines para sensor MAX6675-----//
#define CONFIG_TCGND_PIN      8 (Define GND o tierra del sensor)
#define CONFIG_TCVCC_PIN       9 (Define VCC o voltaje entrada del sensor)
#define CONFIG_TCSCK_PIN       10 (Define SCK del sensor)
#define CONFIG_TCCS_PIN        11 (Define CS del sensor)
#define CONFIG_TCDO_PIN        12 (Define DO del sensor)
```

- Intensidad de carga: la cual se necesita en los leds del panel fotovoltaico para la correcta iluminación.
- Identificación de intensidad: Recolecta información de la energía producida por el panel fotovoltaico.

### Tercer etapa - Transmisión de datos a la nube

Una vez se obtienen los datos de voltaje del panel fotovoltaico, la carga (Luminaria Led) y

los valores de temperatura del sensor (Max6675) en el microcontrolador, estos se envía por puerto serial directamente a la PC (raspberry pi 4), estos se reciben como un arreglo de caracteres, el cuál es dividido y asignado a una variable (Volt1, Volt2, Temp).

```
ts=r.ts()

while True:

    val_bytes = uc.readline()

    # Convertir la cadena de bytes a cadena de caracteres
    val = val_bytes.decode()
    # Dividir la cadena utilizando la coma como separador y asignar cada parte a variables separadas
    volt1, volt2, temp = val.split(",")

    print(val)
    # Imprimir las partes separadas
    print(volt1)
    print(volt2)
    print(temp)
```

Figura 16. Procesamiento de datos recibidos por Puerto serial para enviarlos por redis

A su vez, se procede a enviar la información ya obtenida a la base de datos en redis. Todo a través de los servidores de Amazon Web Services en la plataforma de Redis Enterprise.

```
r = redis.Redis(
    host ='redis-15970.c276.us-east-1-2.ec2.cloud.redislabs.com',
    port=15970,
    password='vwmqP05QaR0yMFsIU80SVMbSX7JQGomi')
```

Figura 17. Protocolo de Conectividad entre el PC y la base de datos Redis Enterprise

```
r.set('volt1',volt1) #Formato String
ts.add("Volt1",'*',volt1) #Formato Ts - Time Series
r.set('volt2',volt2)
ts.add("Volt2",'*',volt2)
r.set('temp',temp)
ts.add("Temp",'*',temp)
time.sleep(2)
```

Figura 18 .Envío de datos directamente a la nube desde el PC

```
0.04, 3.63, 23.75
0.04
3.63
23.75
```

Figura 19. Datos Publicados en el puerto serial como venían vs desempaquetado del array

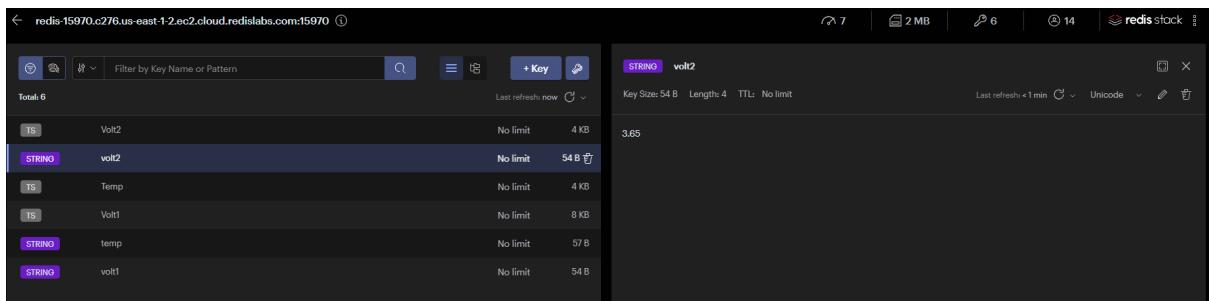


Figura 20. Recepción de la información directamente en Redis Insight para verificar

Después de hacer el envío de los datos directamente al servidor donde serán almacenados, se procede a la transmisión de dicha información directamente al servidor soportado por AWS, del cual se tomarán los datos posteriormente.

#### Cuarta etapa - Graficación de datos en la nube

Ya teniendo los datos directamente en la nube, procedemos a hacer la graficación de los mismos en la plataforma de grafana, la cual nos permite conectarnos directamente a la base de datos y de ahí poder realizar diferentes tipos de gráficos, en este caso se procedió con un gráfico tipo Gauge el cual muestra los 3 datos importantes que se tienen en cuenta para el análisis.

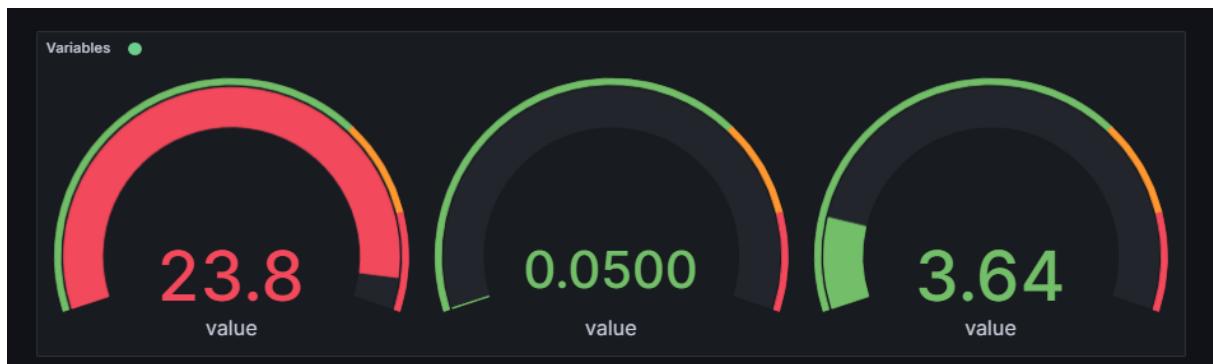


Figura 21. Gráfica de datos Tipo Gauge de Temperatura, Voltaje del Panel y Voltaje de la Carga Respectivamente

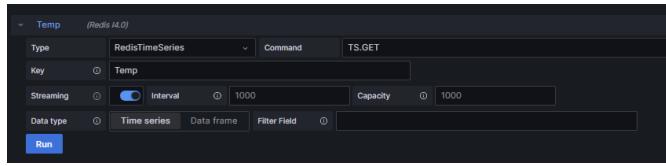


Figura 22. Implementación de los datos en Grafana a través de la función TS.GET

## 8. Conclusiones y Recomendaciones

- La plena identificación de variables medio ambientales y la ubicación de componentes es clave para el correcto funcionamiento de un sistema de monitorización, en este caso, si el panel fotovoltaico estuviese obstruido la mayor parte del día, podría no recibir la misma intensidad lumínica y así afectar el proceso de abastecimiento para otros sistemas dependientes.
- La recepción de datos en la nube y graficación de los mismos ayudan a que el usuario tenga un mejor entendimiento de su sistema el funcionamiento y el aprovechamiento del mismo por medio de plataformas digitales, lo anterior, implica que se puede gestionar el uso de los componentes para un sin fin de utilidades del usuario.

## Referencias

- [1]. Sesma, J. (2015) *MONITORIZACIÓN Y DETECCIÓN DE FALLOS EN UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA MEDIANTE SISTEMA REMOTO*, *dspace.umh.es*. Available at: <http://dspace.umh.es/bitstream/11000/5986/1/TFM%20Sesma%20Mart%C3%A9nez%20Jos%C3%A9.pdf> (Accessed: 22 May 2023).
- [2]. Maggi, S. (2013) *Modelamiento Térmico de un panel FOTOVOLTAICO con -* *uchile.cl*, *repositorio.uchile.cl*. Available at: [https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/114814/cf-maggi\\_ss.pdf?sequence=1](https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/114814/cf-maggi_ss.pdf?sequence=1) (Accessed: 22 May 2023).
- [3]. Flores, N. and Domínguez, M. (2016) *Medición de la eficiencia energética de los paneles solares de silicio.*, *cimav.repositorioinstitucional.mx*. Available at: <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/791/1/Norma%20Rosario%20flores%20Rivera%2C%20Miguel%20%C3%81ngel%20Dom%C3%ADnguez%20R>

am%C3%ADrez%20Maestr%C3%A1Da%20en%20Energ%C3%ADAs%20Renovables.pdf (Accessed: 22 May 2023).

[4]. *Python: Qué es y por qué deberías aprender a utilizarlo* (2021) *¿Qué es Python?* | Blog Becas Santander Available at: <https://www.becas-santander.com/es/blog/python-que-es.html> (Accessed: 22 May 2023).

[5]. *Quick links* (no date) *Raspbian*. Available at: <https://www.raspbian.org/> (Accessed: 22 May 2023).

[6]. *Kit sensor de temperatura termopar K Y max6675* (no date) *Electronica Estudio*. Available at: <https://www.estudioelectronica.com/tienda/sensores/kit-sensor-de-temperatura-termopar-k-y-max6675/> (Accessed: 23 May 2023).

[7]. *Lámpara led 30W con panel solar Integrado + control Remoto - \$65.000* (2023) Mercado Libre. Available at: [https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-1021434562-lampara-led-30w-con-panel-solar-integrado-control-remoto-\\_JM?matt\\_tool=19390127&utm\\_source=google\\_shopping&utm\\_medium=organic](https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-1021434562-lampara-led-30w-con-panel-solar-integrado-control-remoto-_JM?matt_tool=19390127&utm_source=google_shopping&utm_medium=organic) (Accessed: 23 May 2023).

[8]. Cepeda, J. (2017) *Aspectos que afectan la eficiencia en los paneles fotovoltaicos y sus potenciales soluciones*, repository.usta.edu.co. Available at: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/4196> (Accessed: 23 May 2023).

[9]. May, O., González, J. and Ortiz, J. (2016) *Sistema de monitoreo inalámbrico de bajo costo para módulos fotovoltaicos empleando Raspberry Pi*, *Pistas educativas* No. 120. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/309397995\\_Sistema\\_de\\_monitoreo\\_inalambrico\\_de\\_bajo\\_costo\\_para\\_modulos\\_fotovoltaicos\\_empleando\\_Raspberry\\_Pi](https://www.researchgate.net/publication/309397995_Sistema_de_monitoreo_inalambrico_de_bajo_costo_para_modulos_fotovoltaicos_empleando_Raspberry_Pi) (Accessed: 23 May 2023).

[10]. Narváez López, L.E. and Méndez Pardo, J.F. (2015) *Instalaciones solares fotovoltaicas monitoreadas a través de un sistema de telemetría*, *Instalaciones solares fotovoltaicas monitoreadas a través de un Sistema de Telemetría* - hdl:11349/3371. Available at: <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/3371?show=full> (Accessed:

23 May 2023).

[11]. *Node-Red* (no date) *Node*. Available at: <https://nodered.org/> (Accessed: 23 May 2023).

[12]. Bnamericas (2021) *Colombia prevé aumento de demanda energética tras pandemia*, *BNamericas.com*. Available at: <https://www.bnamericas.com/es/noticias/colombia-preve-aumento-de-demanda-energetica-tras-pandemia> (Accessed: 23 May 2023).

[13]. Fernando (2015) *Cómo es y cuánto cuesta el mantenimiento de placas solares*, *Erenovable.com*. Available at: <https://erenovable.com/como-es-y-cuanto-cuesta-el-mantenimiento-de-placas-solares/> (Accessed: 24 May 2023).

[14]. *PICMICRO® MCU estudio - ¿Qué es un microcontrolador?* (2018) *Electronica Estudio*. Available at: <https://www.estudioelectronica.com/que-es-un-microcontrolador/#:~:text=Un%20microcontrolador%20es%20un%20circuito,se%20le%20conoce%20como%20microcomputadora> (Accessed: 24 May 2023).

[15]. Jecrespom (2022) *Manejar GPIO Raspberry Pi, Aprendiendo Arduino*. Available at: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2020/03/04/manejar-gpio-raspberry-pi/> (Accessed: 24 May 2023).

[16]. (No date) *Especificaciones del módulo ESP32 - blogger*. Available at: <https://vasanza.blogspot.com/2021/07/especificaciones-del-modulo-esp32.html> (Accessed: 25 May 2023).

## Anexos

### **Anexo 1 - Código del microcontrolador para la adquisición de datos**

```

#include "max6675.h"
float lectura, lectura2;
float volt,volt2;
float temp = 0;
//-----Definicion de pines para sensor MAX6675-----/
#define CONFIG_TCGND_PIN    8
#define CONFIG_TCVCC_PIN    9
#define CONFIG_TCSCK_PIN   10
#define CONFIG_TCCS_PIN    11
#define CONFIG_TCDO_PIN   12
//-----
MAX6675      thermocouple(CONFIG_TCSCK_PIN,           CONFIG_TCCS_PIN,
CONFIG_TCDO_PIN);
//-----
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(A0,INPUT);
  pinMode(A1,INPUT);
  pinMode(CONFIG_TCVCC_PIN,  OUTPUT);  digitalWrite(CONFIG_TCVCC_PIN, HIGH);
  pinMode(CONFIG_TCGND_PIN,  OUTPUT);  digitalWrite(CONFIG_TCGND_PIN, LOW);
  delay(500);
}
void loop() {
  lectura = analogRead(A0);
  volt = lectura /1023 * 5.0;

  lectura2 = analogRead(A1);
  volt2 = lectura2 /1023 * 5.0;

  temp = float(thermocouple.readCelsius());

  Serial.print(volt);
  Serial.print(",");
  Serial.print(volt2);
  Serial.print(",");
  Serial.println(temp);

  delay(180000);
}

```