

Tipo de artículo: Artículo original

# Sistema de monitoreo y visualización de parámetros eléctricos utilizando IoT

## *Electrical parameter monitoring and visualization system using IoT*

Víctor Alfonso Martínez Falcones <sup>1\*</sup>, <https://orcid.org/0000-0002-0478-3175>

Angel José Cedeño Moreira <sup>2</sup>, <https://orcid.org/0009-0006-3928-7258>

Ramón Alejandro Zambrano Intriago <sup>3</sup>, <https://orcid.org/0009-0008-0556-6739>

<sup>1</sup> Departamento de Sistemas de Información, Facultad de Ciencias Informáticas, Universidad Técnica de Manabí. Ecuador.  
[victor.martinez@utm.edu.ec](mailto:victor.martinez@utm.edu.ec)

<sup>2</sup> Departamento de Sistemas de Información, Facultad de Ciencias Informáticas, Universidad Técnica de Manabí. Ecuador.  
[acedeno7097@utm.edu.ec](mailto:acedeno7097@utm.edu.ec)

<sup>3</sup> Departamento de Sistemas de Información, Facultad de Ciencias Informáticas, Universidad Técnica de Manabí. Ecuador.  
[rzambrano5067@utm.edu.ec](mailto:rzambrano5067@utm.edu.ec)

\* Autor para correspondencia: [victor.martinez@utm.edu.ec](mailto:victor.martinez@utm.edu.ec)

### Resumen

En la actualidad, el mundo tecnológico sigue evolucionando de manera acelerada, lo que incrementa constantemente la demanda de energía. Esto ha obligado a la humanidad a buscar nuevas formas de generar energía que sean más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente. Una de las maneras más eficientes de producir esta energía es mediante sistemas fotovoltaicos, que aprovechan la radiación solar para generar electricidad de manera limpia. Sin embargo, el análisis de la producción energética presenta desafíos significativos debido a diversas variables influyentes, tales como el tamaño del sistema, la temperatura, la irradiación solar y otros factores ambientales que pueden afectar. En este contexto, contar con un sistema de monitoreo y visualización de estos parámetros se vuelve una necesidad crucial para optimizar el rendimiento de los paneles solares. Por tal motivo, se desarrolló un sistema de monitoreo y visualización de parámetros eléctricos, con el fin de maximizar el rendimiento y la producción energética de los paneles solares instalados en la Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas (FICA) de la Universidad Técnica de Manabí. El objetivo fue implementar tecnologías IoT y sensores de alta precisión para capturar datos en tiempo real, permitiendo un análisis detallado y constante. La metodología de desarrollo en cascada facilitó un enfoque estructurado, garantizando una ejecución eficaz en cada fase del proyecto. Los resultados demostraron que el sistema no solo mejora el monitoreo de los paneles solares, sino también, su producción, esto promueve el uso eficiente de las fuentes de energía renovable, fomentando una gestión más sostenible y responsable.

**Palabras clave:** Internet de las cosas; sensores eléctricos; energía renovable; monitoreo de producción solar

### Abstract

*Nowadays, the technological world continues to evolve at an accelerated pace, which constantly increases the demand for energy. This has forced humanity to look for new ways to generate energy that are more sustainable and environmentally friendly. One of the most efficient ways to produce this energy is through photovoltaic systems, which take advantage of solar radiation to generate electricity in a clean way. However, the analysis of energy production presents significant challenges due to various influential variables, such as system size, temperature, solar irradiation and other environmental factors that can affect. In this context, having a monitoring and visualization system for these parameters becomes a crucial need to optimize the*



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional**  
(CC BY 4.0)

*performance of solar panels. For this reason, a monitoring and visualization system for electrical parameters was developed, in order to maximize the performance and energy production of solar panels installed at the Faculty of Engineering and Applied Sciences (FICA) of the Technical University of Manabí. The objective was to implement IoT technologies and high-precision sensors to capture data in real time, allowing for detailed and constant analysis. The cascading development methodology facilitated a structured approach, ensuring efficient execution at each phase of the project. The results demonstrated that the system not only improves the monitoring of solar panels, but also their production, promoting the efficient use of renewable energy sources, encouraging more sustainable and responsible management.*

**Keywords:** *Internet of Things; electrical sensors; renewable energy; solar production monitoring*

**Recibido:** 14/09/2024

**Aceptado:** 19/11/2024

**En línea:** 22/11/2024

## Introducción

En las últimas décadas, la energía solar fotovoltaica ha experimentado un crecimiento significativo, consolidándose como una fuente esencial para el desarrollo sostenible y la reducción de la dependencia de energías no renovables (Dörenkämper et al., 2021). Sin embargo, la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos puede verse comprometida por la falta de un monitoreo preciso de variables críticas como el voltaje, energía, corriente, frecuencia, potencia, factor de potencia, factores que afectan directamente el rendimiento y producción de los paneles solares (Enaganti et al., 2020). Este estudio se enfoca en la implementación de un sistema de monitoreo diseñado para optimizar la generación de energía solar en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (FICA) de la Universidad Técnica de Manabí. El objetivo principal es abordar la falta de información precisa sobre la producción de los paneles solares, proporcionando una solución práctica mediante la metodología de desarrollo en cascada.

La investigación se clasifica como aplicada, integrando técnicas de recolección de datos que incluyen investigación documental y entrevistas, complementadas por el uso de herramientas tecnológicas avanzadas para desarrollar un sistema de monitoreo eficiente (Farhan & Hasan, 2021). Este proyecto no solo tiene relevancia local, mejorando la eficiencia energética en la Universidad Técnica de Manabí, sino que también se alinea con las tendencias globales hacia la adopción de energía limpia.

En este contexto, la implementación del sistema de monitoreo propuesto tiene como objetivo contribuir al conocimiento y la aplicación de tecnologías modernas en la generación y monitoreo de energía solar, con importantes implicaciones para la optimización del rendimiento de los paneles solares en entornos universitarios y más allá.



## Materiales y métodos

### Tecnologías y sensores utilizados

Para el desarrollo del sistema de monitoreo de temperatura y radiación en los paneles solares, se utilizaron diversas tecnologías y sensores avanzados:

- **Sensor Pzem-004t:** Es un dispositivo multifuncional especializado en la medición de parámetros eléctricos, ampliamente utilizado en proyectos de monitoreo de consumo energético. Este módulo electrónico está diseñado para medir varios aspectos claves, tales como voltaje, corriente, potencia, frecuencia, energía y factor de potencia. Este módulo se utiliza mayormente en aplicaciones que requieren monitoreo continuo y fiable de parámetros eléctricos, siendo especialmente adecuado para proyectos domésticos o industriales de pequeña escala.
- **ESP8266 NODE MCU Módulo Wifi:** Es un microcontrolador que forma parte de la plataforma Arduino, pero destaca por su capacidad de conectarse a internet, lo que lo hace ideal para aplicaciones de IoT. Debido a su capacidad de conectividad, se permite el envío y la recepción de los datos a través de redes Wi-Fi, facilitando la integración con diferentes sensores y dispositivos en los diversos campos como la domótica.

Estos sensores fueron conectados directamente a los paneles solares en un extremo y al circuito de control en el otro, permitiendo la captura y transmisión de datos sobre temperatura, humedad y radiación a una base de datos central. Esta información es esencial para detectar puntos calientes en los paneles solares, causados generalmente por la acumulación de suciedad, lo que afecta negativamente el rendimiento energético.

### Metodología de desarrollo del Dashboard

Para implementar el Dashboard en la aplicación web de monitoreo, se utilizó la metodología de desarrollo en cascada mostrado en la figura 1. Este enfoque, ampliamente aplicado en proyectos de desarrollo de software, sigue una secuencia lineal donde cada fase del proyecto debe completarse antes de avanzar a la siguiente.

El proceso comenzó con un análisis exhaustivo de los requisitos del sistema, en esta fase, se recopilaban los requerimientos de los distintos interesados, lo que facilitó la definición de las funcionalidades y características que debía incluir el Dashboard (AppMaster, 2024).

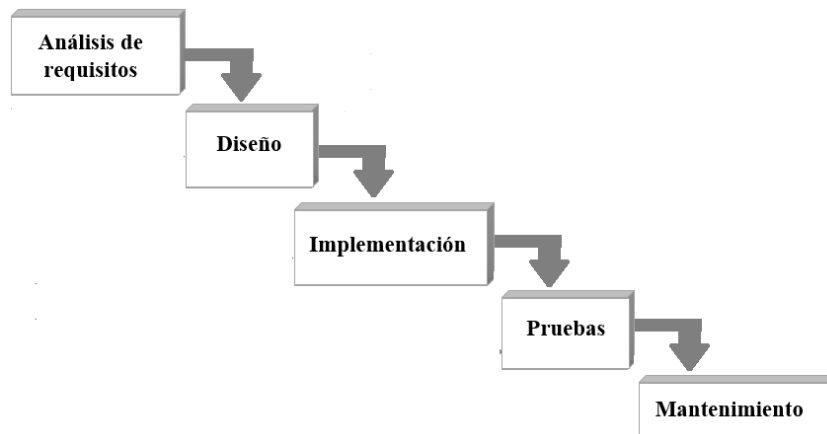
A continuación, se llevó a cabo la fase de diseño, que incluyó tanto el diseño lógico como el físico del sistema. El diseño lógico se centró en la estructura de visualización de los datos y las interacciones del usuario con el sistema, mientras que el diseño físico abordó la arquitectura técnica necesaria para soportar dichas funcionalidades, como la selección de tecnologías IoT y la estructura de la base de datos.



Una vez completado el diseño, se procedió a la implementación del sistema según las especificaciones establecidas. Durante esta fase, se integraron los sensores con el módulo ESP8266 y se desarrolló la interfaz de usuario para la visualización de datos.

En la fase de pruebas, se realizaron evaluaciones rigurosas para verificar el funcionamiento del sistema bajo diferentes condiciones ambientales y de uso. Estas pruebas fueron fundamentales para identificar y corregir posibles problemas antes del lanzamiento final del sistema, asegurando que cumpliera con los requisitos y expectativas definidos en la fase inicial (AppMaster, 2024).

Finalmente, se estableció un plan de mantenimiento continuo para asegurar que el sistema de monitoreo siga siendo eficiente y pueda adaptarse a futuras actualizaciones. Este plan incluye la calibración regular de los sensores y la actualización del software y hardware cuando sea necesario.



**Figura 1.** Etapas de la metodología de desarrollo en cascada.

### Validación del software

Para validar el sistema de monitoreo desarrollado para la producción de los paneles solares, se utilizó la Escala de Usabilidad del Sistema (SUS, por sus siglas en inglés), un cuestionario estandarizado ampliamente reconocido que mide la usabilidad percibida de productos y sistemas. La SUS se compone de 10 preguntas que se responden en una escala Likert de cinco puntos, que va desde "Totalmente en desacuerdo" hasta "Totalmente de acuerdo" (Brooke, 1996).

Este método de evaluación es muy efectivo para obtener una medida rápida y confiable de la usabilidad, lo que permite a los desarrolladores identificar áreas de mejora tanto en la interfaz de usuario como en la funcionalidad general del sistema. Se espera que los resultados de la SUS para el sistema de monitoreo reflejen una alta satisfacción de los usuarios, dado que el diseño se centró en la claridad, accesibilidad y facilidad de uso (Lewis, 2018).



La aplicación de la SUS no solo ayuda a evaluar la usabilidad percibida, sino que también proporciona datos valiosos para comparaciones futuras, garantizando que las mejoras del sistema mantengan o superen los niveles de usabilidad previamente establecidos (McLellan et al., 2012).

## Resultados y discusión

El sistema de monitoreo de parámetros eléctricos en la central fotovoltaica integra varios componentes clave para recolectar y transmitir datos, tal como se presenta en la figura 2. El módulo ESP8266 actúa como un dispositivo WiFi que recibe los datos del medidor de energía PZEM-004t. Este medidor está conectado al inversor Sunny Boy, que convierte la energía de los paneles solares en corriente alterna para la red. Todos los componentes están interconectados a través de una placa de prueba, facilitando las conexiones sin soldadura y permitiendo la transmisión de datos hacia una API en un servidor.

El circuito funciona de la siguiente manera: el inversor convierte la energía, y el medidor PZEM-004t recoge los parámetros eléctricos del sistema. Estos datos son leídos por el ESP8266, que los transmite de forma remota mediante el protocolo de comunicación HTTP hacia una API que los inserta en una base de datos. El sistema ofrece monitoreo en tiempo real, optimizando la gestión de la central fotovoltaica y proporcionando acceso centralizado a los datos recolectados.

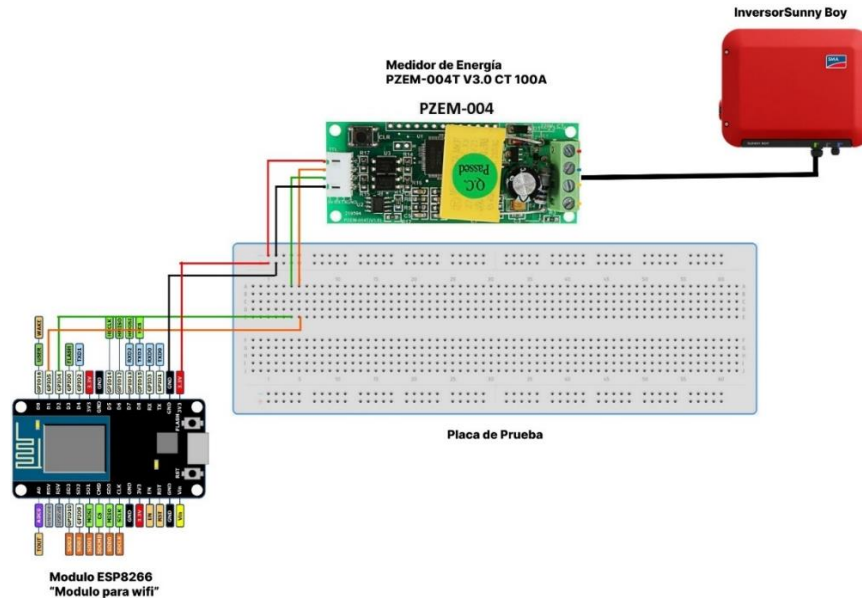
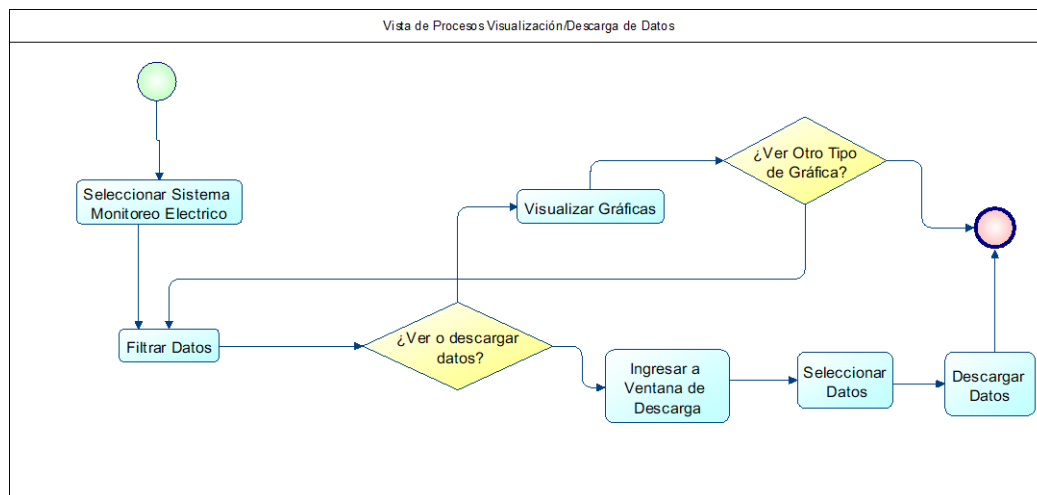


Figura 2. Diagrama del circuito recolector de datos



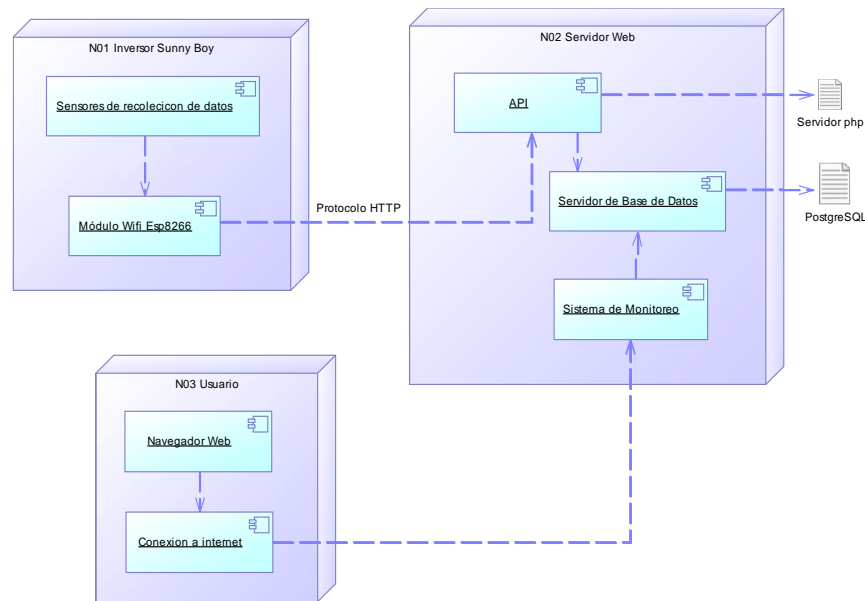
### Diseño e implementación del software

El diseño lógico del software se estructura en torno a un flujo de trabajo que permite a los usuarios interactuar de manera eficiente con la aplicación web. Tal como se observa en la figura 3, el proceso comienza cuando el usuario ingresa a la opción de seleccionar el sistema de monitoreo eléctrico dentro del geoportal institucional. El sistema permite la aplicación de filtros, brindando flexibilidad al usuario para concentrar su análisis en aspectos específicos, como un rango de fechas o ubicaciones de interés. Esta capacidad de filtrado mejora la personalización de la información, permitiendo que los usuarios adapten la visualización según sus necesidades.



**Figura 3.** Diagrama de proceso visualización/descarga de datos.

El diseño de despliegue del sistema de monitoreo y visualización de parámetros eléctricos se basa en una arquitectura distribuida que comprende tres nodos principales: Inversor Sunny Boy, el servidor web y el usuario, como se muestra en la Figura 4. Esta estructura permite una interacción fluida y eficiente entre los diferentes componentes del sistema, garantizando la recolección, procesamiento y acceso a los datos en tiempo real.



**Figura 4.** Diagrama de despliegue

En el primer nodo, el inversor está equipado con sensores que recolectan los datos referentes a la producción eléctrica. Estos sensores son los encargados de capturar los datos del entorno y enviarlos al módulo WiFi ESP8266. Este módulo se encarga de enviar la información recopilada al servidor web utilizando el protocolo de comunicación HTTP. Esta

El segundo nodo está compuesto por el servidor web, el cual alberga la API que gestiona las solicitudes de datos y el servidor de bases de datos PostgreSQL, donde se almacena toda la información recopilada por los sensores. Este nodo centraliza la gestión de los datos, asegurando su integridad y disponibilidad para su posterior análisis. Además, el servidor web también aloja el sistema de monitoreo, que permite la visualización de los datos en tiempo real a través de un panel de control o Dashboard, accesible desde cualquier navegador web.

El tercer nodo incluye a los usuarios, quienes acceden al sistema a través de un navegador web. Desde esta interfaz, los usuarios pueden monitorear y analizar los datos en tiempo real, aplicar filtros para enfocar la visualización en aspectos específicos y descargar la información para su uso posterior.

El sistema de monitoreo como se mencionó anteriormente cuenta con un Dashboard, una interfaz gráfica intuitiva y funcional que permite a los usuarios visualizar y gestionar los datos recolectados de manera eficiente, como se muestra en la Figura 5. Este panel de control facilita la interacción con el sistema al proporcionar una visión clara de los datos históricos y actuales, permitiendo un análisis detallado de los parámetros de temperatura y radiación en cualquier momento.



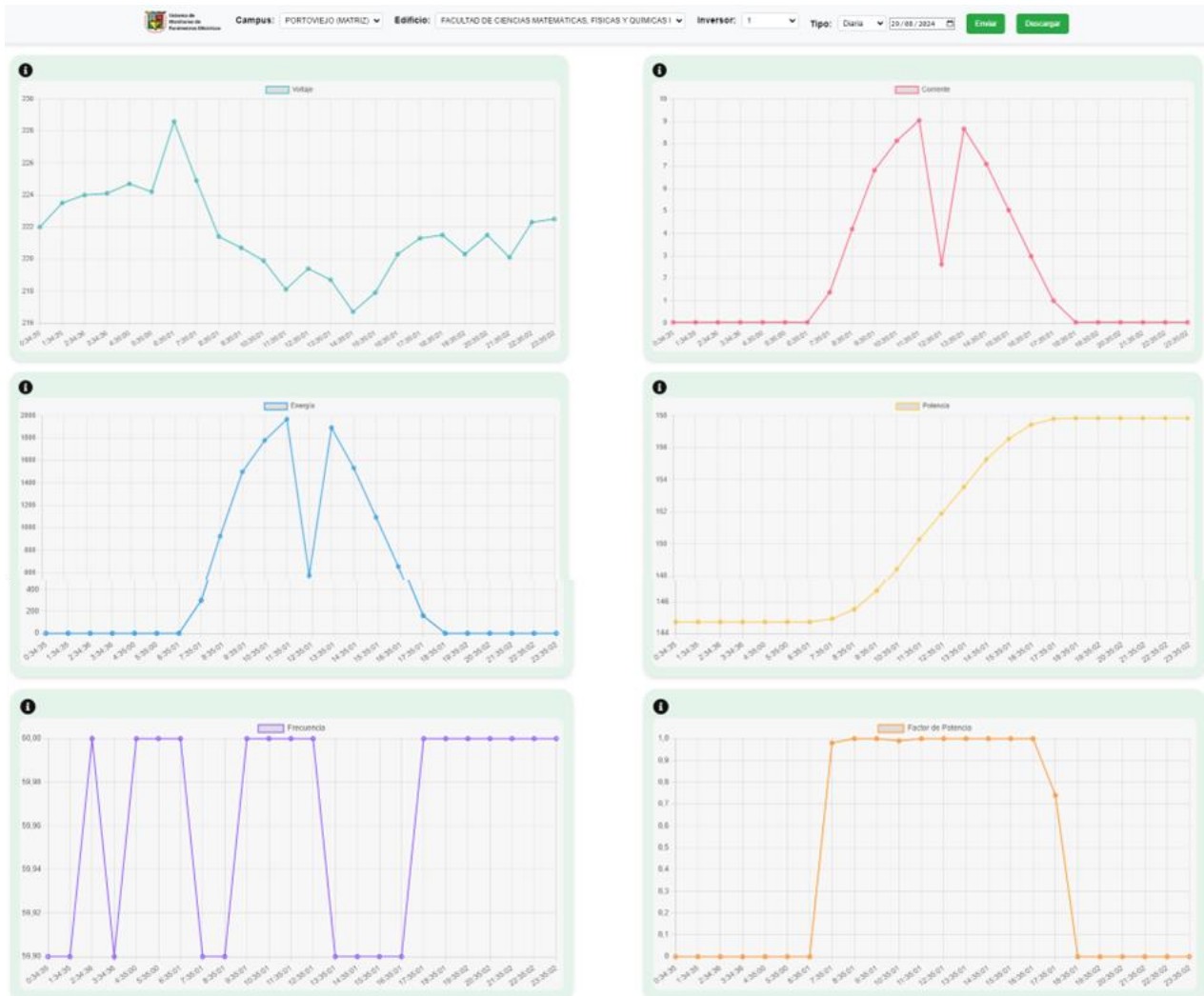


Figura 5. Dashboard del sistema de monitoreo

La Figura 5 muestra el área principal de trabajo del Dashboard del sistema de monitoreo, donde los usuarios pueden seleccionar el campus, el edificio y el tablero específico que desean visualizar. Además, se ofrece la opción de elegir el tipo de visualización (diaria, semanal o mensual) y la fecha correspondiente, lo que proporciona una experiencia altamente personalizable y adaptada a las necesidades del usuario.

### Evaluación del proyecto

Se realizaron pruebas de usabilidad a 12 docentes y 40 estudiantes del departamento de Eléctrica de la Facultad. Los participantes usaron el sistema y completaron el cuestionario System Usability Scale (SUS). Los docentes obtuvieron un puntaje promedio de 91.67, indicando alta satisfacción con la funcionalidad y eficiencia del sistema. Los



estudiantes alcanzaron un puntaje de 82.81, superando el umbral de usabilidad aceptable. El puntaje promedio general de 87.24 confirma que el sistema es percibido como intuitivo y funcional, cumpliendo con los estándares de usabilidad tanto para docentes como para estudiantes.

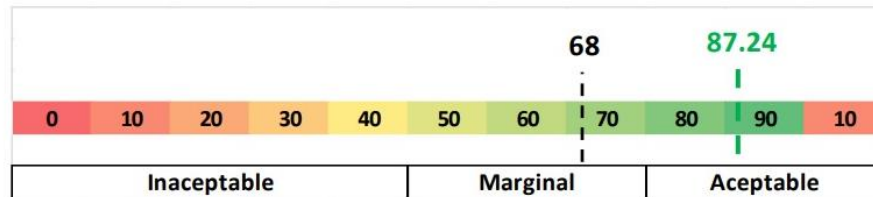


Figura 6. Clasificación de los puntajes SUS (Imagen original con el cero de más en el 10 =100)

### Discusión

Los resultados obtenidos confirman que el sistema de monitoreo implementado no solo cumple con los requisitos establecidos, sino que además ofrece una capacidad robusta para la recolección y visualización de datos en tiempo real. Esta característica es esencial en la gestión de sistemas fotovoltaicos, ya que permite una identificación inmediata de problemas o anomalías que podrían afectar la eficiencia energética. La literatura académica apoya esta afirmación, señalando que un monitoreo preciso y continuo mejora significativamente el rendimiento de los sistemas fotovoltaicos, lo que se refleja en estudios como el de Enaganti et al. (2020), donde se destaca la importancia de un control adecuado para maximizar la generación de energía. Además, este sistema permite una gestión proactiva, lo que se traduce en una mayor optimización del uso de los recursos energéticos y económicos.

No obstante, durante las pruebas del sistema, se identificaron ciertos desafíos, particularmente la variabilidad en los datos de producción solar debido a factores climáticos, como la nubosidad o los cambios bruscos en la radiación solar. Esta variabilidad introduce incertidumbre en la interpretación de los datos y en la evaluación de la eficiencia del sistema. Por ello, se plantea la necesidad de incorporar algoritmos de ajuste y corrección basados en modelos predictivos que puedan compensar estas fluctuaciones y proporcionar mediciones más precisas. También es crucial realizar pruebas en diferentes condiciones ambientales y durante períodos más prolongados, lo que permitirá validar la consistencia y robustez del sistema bajo diversas circunstancias. Estas mejoras no solo incrementarían la fiabilidad de los datos, sino que también podrían ofrecer una mejor comprensión de las condiciones óptimas de operación para futuros proyectos de energía fotovoltaica.

### Conclusiones

El desarrollo e implementación del sistema de monitoreo y visualización de parámetros eléctricos en la Facultad de Ciencias de Ingeniería y Ciencias Aplicadas (FICA) de la Universidad Técnica de Manabí ha demostrado ser una



herramienta eficaz para mejorar el rendimiento de los paneles solares. El sistema, basado en la integración de tecnología IoT, ha permitido obtener datos en tiempo real sobre el comportamiento del sistema fotovoltaico, lo que facilita un análisis continuo de las condiciones operativas. Esta capacidad de monitoreo ha sido clave para detectar ineficiencias y problemas que, de otra manera, podrían haber pasado desapercibidos, afectando la productividad energética del sistema.

Además, los datos obtenidos permitieron tomar decisiones basadas en evidencia, contribuyendo así a una mejor gestión de los recursos energéticos. Sin embargo, el trabajo también reveló desafíos relacionados con factores externos, como las variaciones climáticas, que pueden influir en la precisión de las mediciones. Esto resalta la importancia de futuras actualizaciones del sistema, como la incorporación de algoritmos de corrección para mitigar el impacto de estas fluctuaciones. En general, el proyecto no sólo optimizó el funcionamiento de los paneles solares, sino que también sentó las bases para futuras investigaciones y mejoras en el campo de la monitorización energética de las instalaciones fotovoltaicas.

## Conflictos de intereses

Los autores no poseen conflictos de intereses.

## Contribución de los autores

1. Conceptualización: Víctor Alfonso Martínez Falcones, Angel José Cedeño Moreira, Ramón Alejandro Zambrano Intriago
2. Curación de datos: Víctor Alfonso Martínez Falcones, Angel José Cedeño Moreira, Ramón Alejandro Zambrano Intriago
3. Análisis formal: Víctor Alfonso Martínez Falcones, Angel José Cedeño Moreira, Ramón Alejandro Zambrano Intriago
4. Investigación: Víctor Alfonso Martínez Falcones, Angel José Cedeño Moreira, Ramón Alejandro Zambrano Intriago
5. Metodología: Víctor Alfonso Martínez Falcones, Angel José Cedeño Moreira, Ramón Alejandro Zambrano Intriago
6. Administración del proyecto: Víctor Alfonso Martínez Falcones, Angel José Cedeño Moreira, Ramón Alejandro Zambrano Intriago
7. Hardware: Víctor Alfonso Martínez Falcones, Angel José Cedeño Moreira, Ramón Alejandro Zambrano Intriago



8. Supervisión: Víctor Alfonso Martínez Falcones, Angel José Cedeño Moreira, Ramón Alejandro Zambrano Intriago
9. Validación: Víctor Alfonso Martínez Falcones, Angel José Cedeño Moreira, Ramón Alejandro Zambrano Intriago
10. Visualización: Víctor Alfonso Martínez Falcones, Angel José Cedeño Moreira, Ramón Alejandro Zambrano Intriago
11. Redacción – borrador original: Víctor Alfonso Martínez Falcones, Angel José Cedeño Moreira, Ramón Alejandro Zambrano Intriago
12. Redacción – revisión y edición: Víctor Alfonso Martínez Falcones, Angel José Cedeño Moreira, Ramón Alejandro Zambrano Intriago

## Financiamiento

La investigación no requirió fuente de financiamiento externa.

## Referencias

- Abdenacer, P. K., & Nafila, S. (2007). Impact of temperature difference (water-solar collector) on solar-still global efficiency. *Desalination*, 209(1-3), 298-305. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2007.04.043>
- AppMaster. (2024). Waterfall Methodology in Software Development: Advantages and Disadvantages.
- Brooke, J. (1996). SUS-A quick and dirty usability scale. *Usability evaluation in industry*, 189(194), 4-7.
- Dörenkämper, M., Spataru, S., Bofinger, S., & Elzreli, M. (2021). Photovoltaics: World energy revolution. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 147, 111913.
- Enaganti, P., Shanmugam, V., & Ramachandran, K. I. (2020). Monitoring and optimization of photovoltaic systems: A review. *Renewable Energy*, 162, 2351-2364.
- Farhan, M. A., & Hasan, W. Z. W. (2021). An IoT based smart solar photovoltaic remote monitoring and control system. *IEEE Access*, 9, 85806-85821.
- Lewis, J. R. (2018). The system usability scale: past, present, and future. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 34(7), 577-590.



McLellan, S. G., Muddimer, A., & Peres, S. C. (2012). The effect of experience on SUS ratings. In Proceedings of the 2012 Usability Professionals Association Conference (UPA 2012), Las Vegas, NV, USA.

Santos, R. (2022). Using ESP32 in IoT applications. *IoT Journal*, 10(1), 45-56.

S. George Asso and C. Dept, "IoT Based Smart Energy Management System using Pzem-004t Sensor & Node MCU." [Online]. Available: <https://www.amazon.in/Easy-Electronics-16x2->

J. E. Mendoza Bermeo and R. A. Quevedo Celi, "Diseño e implementación de un banco de pruebas empleando el Nodemcu (esp8266) para aplicaciones domóticas con IoT y Apple Homekit.," Tesis, Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, Guayaquil, 2022.

R. Ochoa, "Módulo ESP8266 y sus aplicaciones en el internet de las cosas," 2017. [Online]. Available: [www.ecorfan.org/republicofperu](http://www.ecorfan.org/republicofperu).

