

Artículo Original

Sistema internet de las cosas (IOT), para la automatización y monitoreo de iluminación y climatización: Impulso a la eficiencia energética en aulas universitarias

Internet of things (IoT) system for the automation and monitoring of lighting and air conditioning: Boosting energy efficiency in university classrooms

Richard Javier Delgado Mera ^{a,b*}, Bremnen Véliz Noboa ^c

^a Maestría en Electrónica y Automatización, Universidad Estatal Península de Santa Elena. Santa Elena, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7656-8359>

^b Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Pedernales, Ecuador.

^c Universidad Estatal Península de Santa Elena. Santa Elena, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4691-6829>

* Autor para correspondencia.
 richardxavierdel@gmail.com

Recibido: 05/11/2025
 Aceptado: 09/12/2025
 Publicado: 01/01/2026

Citacion sugerida: Delgado, R. & Véliz, B. (2026). Sistema Internet de las cosas (IOT), para la Automatización y Monitoreo de Iluminación y Climatización: Impulso a la Eficiencia Energética en Aulas Universitarias. *Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología. RIEMAT*, 11(1), 1-14. <https://doi.org/10.33936/riemat.v11i1.7824>

Resumen

En este artículo se presenta el desarrollo de un sistema de automatización y monitoreo energético basado en tecnologías de Internet de las cosas, con el objetivo de optimizar el consumo eléctrico en aulas universitarias. La solución emplea dos microcontroladores ESP32 y sensores de temperatura, luminosidad, movimiento, voltaje y corriente, integrados en una arquitectura de control que regula los sistemas de climatización e iluminación. El sistema fue validado en un aula piloto mediante mediciones reales de consumo durante dos períodos consecutivos de 15 días, antes y después de la automatización. Los resultados muestran una reducción del 16,32 % en iluminación y del 22,29 % en climatización, sin afectar la funcionalidad del entorno académico. La propuesta demuestra ser una alternativa técnica y económica viable, con potencial de replicabilidad en otros espacios educativos. Este trabajo contribuye a la eficiencia energética institucional mediante una solución escalable y de bajo costo, alineada con los objetivos de sostenibilidad y modernización en el sector educativo.

Palabras clave: eficiencia energética, climatización, iluminación, aulas universitarias

Abstract

This article presents the development of an energy automation and monitoring system based on Internet of Things technologies, aimed at optimizing electricity consumption in university classrooms. The proposed solution employs two ESP32 microcontrollers and sensors for temperature, luminosity, motion, voltage, and current, integrated into a control architecture that manages lighting and air conditioning systems. The system was validated in a pilot classroom through real energy consumption measurements taken over two consecutive 15-day periods, before and after automation. The results indicate a 16.32% reduction in lighting energy use and a 22.29% reduction in air conditioning, without compromising the functionality of the academic environment. The system demonstrates technical and economic feasibility, with potential for replication in similar educational settings. This work contributes to institutional energy efficiency through a scalable, low-cost solution aligned with sustainability and modernization goals in the education sector.

Keywords: energy efficiency, climate control, lighting, university classrooms

1. Introducción

El Internet de las Cosas (IoT) se ha consolidado como una tecnología clave en la transformación digital de diversos sectores, incluyendo el ámbito educativo. Su capacidad para interconectar dispositivos, recopilar y analizar datos en tiempo real, y ejecutar acciones automatizadas, lo convierte en una herramienta estratégica para optimizar recursos en entornos como aulas universitarias. Noruwana et al. (2020), sostienen que aún persiste una necesidad significativa de implementar sistemas inteligentes que garanticen comodidad, eficiencia, seguridad y ahorro energético tanto en hogares como en espacios institucionales (Guillén et al., 2025).

Además, la creciente demanda de sostenibilidad en la educación superior ha impulsado la búsqueda de soluciones tecnológicas que promuevan un uso responsable de la energía, sin comprometer el confort de los usuarios. En este sentido, el IoT representa una alternativa innovadora que puede contribuir a reducir el consumo energético mediante la automatización de sistemas de iluminación y climatización (Bustamante-Limones et al., 2024)

Los edificios universitarios presentan altos niveles de consumo energético, principalmente por el uso constante de equipos de climatización e iluminación. Este fenómeno representa una preocupación global, ya que contribuye significativamente a la huella ambiental de las instituciones tal como lo mencionan (Wang & Dang, 2025). En aulas y laboratorios, las condiciones térmicas y lumínicas influyen directamente en la calidad del proceso educativo, por lo que su regulación eficiente resulta esencial.

En Ecuador, específicamente en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), los altos costos asociados al consumo de energía derivados de los equipos eléctricos son una problemática creciente. Además, la falta de soluciones automatizadas para la regulación de estas condiciones ambientales está limitando el potencial de ahorro energético y de optimización de recursos. Esta situación evidencia la necesidad de explorar enfoques innovadores que permitan regular de manera más eficiente las condiciones ambientales en los espacios académicos.

Zaluzhnyi et al. (2023), señalan que el monitoreo automatizado de temperatura mediante IoT se ha convertido en una prioridad, dada su relevancia científica y su aplicabilidad práctica. En el caso particular de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), el consumo energético derivado del uso de equipos de climatización y luminarias es considerable según la empresa CNEL la factura eléctrica 2024 de la ULEAM oscila entre 30 mil a 32 mil dólares mensuales, lo que impacta tanto en los costos operativos como en la sostenibilidad institucional.

Ante esta realidad, se hace indispensable implementar soluciones tecnológicas que permitan un monitoreo y control más eficiente del uso energético en las aulas. El IoT posibilita esta gestión a través de sensores, actuadores y plataformas conectadas que operan en tiempo real, facilitando la toma de decisiones automatizadas y la optimización de recursos.

En este sentido, desarrollar un sistema de automatización mediante IoT no solo responde a la necesidad de eficiencia energética, sino que también contribuye a una cultura institucional orientada hacia la sostenibilidad y la innovación.

El objetivo de esta investigación es desarrollar un sistema de Internet de las Cosas (IoT) para automatizar y monitorear los sistemas de iluminación y climatización en aulas universitarias, con el fin de mejorar la eficiencia energética y optimizar las condiciones de confort para los usuarios.

1.1 Estado del arte

Diversos estudios han demostrado el potencial del IoT para mejorar la gestión energética en edificios inteligentes. Los autores Eliş et al. (2024), desarrollaron sistemas de automatización doméstica utilizando sensores de código abierto, los cuales pueden ser adaptados al entorno educativo mediante plataformas móviles y de análisis remoto. Por su parte, Katsoulis et al. (2024), implementaron un enfoque híbrido basado en microcontroladores y sensores que emplean LoRaWAN y Wi-Fi para monitorear variables como temperatura, humedad, luminosidad y ruido, contribuyendo así a la sostenibilidad de las aulas inteligentes.

Según Yu et al. (2024), mediante el uso de sensores infrarrojos y microcontroladores STM32, lograron una reducción del 30,28% en el consumo energético de un aula universitaria al implementar un sistema de

gestión inteligente. En una línea similar, autores como Gupta et al. (2015), diseñaron un sistema basado en placas Intel Galileo que permitió controlar automáticamente luces y climatización, logrando una gestión más eficiente de los recursos eléctricos en instituciones educativas.

Estudios recientes destacan el uso del ESP32 SoC (Sistema en un Chip) como una solución ideal para proyectos de automatización, debido a su bajo costo, conectividad Wi-Fi y Bluetooth integrada, y alta compatibilidad con sensores. De acuerdo con Kalamaras et al. (2025), el ESP32 ha sido empleado exitosamente en sistemas de gestión energética, monitoreo ambiental y control domótico en aulas inteligentes, demostrando eficiencia operativa y versatilidad en entornos académicos.

Los autores Srun et al. (2024), mencionan que desarrollaron un robusto sistema de monitoreo de energía usando el ESP32, que capturó en tiempo real datos de voltaje, corriente, potencia y energía, transmitiéndolos a una plataforma en la nube mediante IoT. El estudio reportó alta precisión y una notable mejora en eficiencia de información y costos operativos, gracias a la visualización remota y la capacidad de toma de decisiones basada en datos

Según Sabo et al. (2024), indican que implementar un prototipo de red inteligente (smart grid) basado en ESP32, sensores de corriente, voltaje, y comunicación en tiempo real con Firebase, la cual es una plataforma de desarrollo de Google que permite la sincronización de datos en tiempo real. Permite controlar el sistema remoto de iluminación, gestión de cargas y capacidad de "load shdding". Los resultados muestran una mejora significativa en eficiencia energética, optimización de recursos y reducción de trabajo manual.

De acuerdo con Waluyo et al. (2023), se implementó un sistema automatizado de control de aire acondicionado basado en el ESP32 y sensores de presencia, logrando una reducción en el consumo eléctrico diario de hasta un 20 % en comparación con el control manual, y un 15 % respecto a métodos convencionales. Los ahorros energéticos registrados oscilaron entre 1.15 y 1.78 kWh por día.

Otro enfoque relevante es el propuesto por Franco et al. (2025), el cual desarrollaron un sistema IoT aplicado en edificios universitarios para el monitoreo de dióxido de carbono y control energético, alcanzando una mejora de eficiencia de hasta un 34 %. Estos resultados refuerzan el potencial de las tecnologías IoT para optimizar el consumo eléctrico en entornos educativos.

A nivel local, Anchundia-Santana et al. (2021), menciona que la viabilidad de la tecnología de IoT para la regulación de sistemas de aire acondicionado en Ecuador, destacando que el uso de dispositivos inteligentes para controlar el consumo energético podría reducir significativamente los costos operativos, especialmente en instituciones educativas de gran envergadura como las universidades.

De manera complementaria, los autores Pico et al. (2017), describen la implementación de un sistema de control de iluminación basado en sensores de presencia y luminosidad ambiental. Este modelo permitió reducir el desperdicio energético al evitar que las luminarias permanecieran encendidas innecesariamente, manteniendo condiciones adecuadas de confort en los usuarios.

Estas experiencias refuerzan la necesidad de implementar este tipo de tecnologías en universidades ecuatorianas, como la ULEAM, con el fin de avanzar hacia un modelo de gestión energética inteligente, sustentado en tecnologías emergentes y prácticas sostenibles. Por lo que el objetivo de esta investigación es desarrollar un sistema de automatización y monitoreo energético basado en tecnologías de Internet de las cosas, con el objetivo de optimizar el consumo eléctrico en aulas universitarias

2. Materiales y Métodos

2.1. Diseño metodológico

La presente investigación adopta un enfoque metodológico cuantitativo de tipo cuasiexperimental, basado en un diseño de mediciones preintervención y postintervención. Este diseño metodológico permite la complementariedad entre los análisis teóricos derivados de una exhaustiva revisión bibliográfica y los datos empíricos obtenidos a través de la implementación práctica del sistema en un entorno real. Según Hernández Sampieri y Fernandez-Collado (2014), el enfoque cuantitativo es particularmente eficaz en investigaciones que buscan contrastar la teoría con la práctica, permitiendo una evaluación robusta de los resultados y la validación de la hipótesis.

Para establecer una base de comparación válida y mitigar la influencia de variables externas en los resultados, se controlaron y mantuvieron constantes las siguientes condiciones de uso del aula durante los dos períodos de medición (pre-intervención del 1 al 15 de mayo y post-intervención del 16 al 30 de mayo): en ambos casos la carga horaria de actividad académica se estandarizó en un promedio 8 a 10 horas diarias en los días lectivos y el promedio de ocupación del aula se estableció en 25 estudiantes. Los dos lapsos de medición fueron consecutivos para minimizar la influencia de grandes variaciones climáticas estacionales.

No obstante, se reconoce que la principal variable externa no controlada y no registrada fue la temperatura ambiente (microclima exterior). La ausencia de un registro explícito de esta variable constituye una limitación metodológica del diseño, ya que la temperatura exterior es un factor que influye directamente en el consumo energético del sistema de climatización. El desarrollo de la investigación se organiza en cuatro fases clave, que estructuran tanto el proceso teórico como experimental de la implementación y evaluación del sistema IoT:

2.2. Fase 1: Revisión Bibliográfica y Fundamentación Teórica

Para la fundamentación teórica, se llevó a cabo una revisión bibliográfica sistemática centrada en estudios relacionados con el Internet de las Cosas (IoT), eficiencia energética, automatización en entornos educativos y microcontroladores ESP32. Las fuentes utilizadas provienen principalmente de bases de datos científicas como IEEE Xplore, SpringerLink, Scopus, entre otras. Se emplearon palabras clave como “IoT in education”, “energy saving with ESP32”, “smart classrooms” y “IoT-based automation systems”.

Los estudios seleccionados fueron aquellos publicados entre 2020 y 2025, priorizando aquellos que evidencian aplicaciones reales y resultados cuantificables de ahorro energético en entornos educativos, como aulas y edificios inteligentes. Esta revisión bibliográfica sirvió para contextualizar el problema local (el consumo energético elevado en universidades) y entender las tecnologías emergentes aplicadas a la automatización y eficiencia energética.

En la tabla 1, se resumen los componentes clave utilizados en investigaciones previas que han implementado sistemas IoT para monitorear y controlar condiciones ambientales (como temperatura, humedad y luminosidad) y gestionar la eficiencia energética en diversos contextos. Los componentes listados incluyen sensores, microcontroladores y dispositivos de control, y la tabla destaca su función principal dentro de cada sistema

Tabla 1

Componentes utilizados por otros autores en sistemas IoT para la automatización y monitoreo de condiciones ambientales y energéticas.

Autor(es) y Año	Componente	Función
Elish et al. (2024)	ESP32, BME280, BH1750	Medición de temperatura, humedad y luminosidad
Katsoulis et al. (2024)	LoRaWAN, Microcontroladores	Monitoreo de temperatura, humedad, ruido y luz
Yu et al. (2024)	STM32, Infrarrojos	Gestión energética inteligente (A/C, luces)
Franco et al. (2025)	ESP32, sensores CO2	Monitoreo de CO2, control energético
Anchundia-Santana et al. (2021)	Dispositivos inteligentes A/C	Regulación del aire acondicionado en hogares

2.3. Fase 2: Diseño y Selección de Componentes del Sistema IoT

En esta fase, se seleccionaron los componentes y herramientas que se utilizarán en el sistema IoT para la automatización de iluminación y climatización en el aula universitaria, estos elementos fueron elegidos con el fin de optimizar la eficiencia energética y garantizar la automatización de los sistemas. En la tabla 2 se presenta un resumen de los componentes principales y su función principal en el sistema IoT propuesto.

Tabla 2*Componentes utilizados en el sistema IoT.*

Categoría	Componente / Herramienta	Función principal	Costo en \$
Sistema en un Chip	Dos (ESP32)	Núcleo del sistema IoT; gestiona sensores y comunicación WiFi	18
Sensor de temperatura	BME280	Medición de temperatura y humedad del ambiente	7
Sensor de movimiento	HC-SR501	Detección de presencia en el aula	3
Sensor de luz	BH1750	Medición de intensidad lumínica	5
Sensor de corriente	SCT-013	Medición de corriente en circuito de iluminación	10
Medidor de energía	PZEM-004T	Monitoreo del consumo eléctrico en tiempo real	25
Medidor de voltaje	ZMPT101B	Medición de voltaje AC en el sistema	5
Convertidor analógico	ADS1115	Conversión analógica-digital para sensores	5
Módulo relé	Relé 2CH 5V	Activación/desactivación de cargas eléctricas (luces)	3
Módulo infrarrojo	HX-M121 / HX53	Control de A/C vía señal infrarroja	2
Pantalla	OLED 1.3"	Visualización de variables en sitio	5
Router WiFi	TP-Link TL-WR840N	Comunicación con red local y nube	15
Plataforma IoT (gratuita)	Ubidots/Blynk / ThingsBoard / Node-RED	Visualización, control y almacenamiento de datos remotos	0
Total			103

La automatización de estos sistemas tiene como objetivo generar beneficios en términos de eficiencia energética, los cuales se detallan en la Tabla 3. Esta tabla describe los efectos esperados de las acciones automáticas basadas en las variables monitoreadas (presencia, temperatura y consumo de energía) y cómo estas contribuyen a la reducción del consumo energético sin comprometer la comodidad en el aula.

Tabla 3*Beneficios esperados del sistema en eficiencia energética.*

Variable monitoreada	Acción del sistema	Efecto esperado en el aula
Presencia detectada	Encendido automático de luces y A/C.	Ahorro energético por uso racional
Presencia detectada	Apagado automático de luces al detectar inactividad	Reducción de consumo lumínico
Temperatura ambiente	Activación del A/C solo cuando es necesario	Uso eficiente del sistema HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning").
Medición de energía	Registro de patrones de consumo	Detección de picos de consumo máximos y mínimos

2.4. Fase 3 Implementación del Sistema IoT en el Aula

En esta fase, se implementó el sistema IoT en el aula universitaria utilizando los componentes seleccionados en la fase anterior. El proceso de implementación se divide en varias etapas clave, que se describen a continuación en la tabla 4.

Tabla 4

Etapas del proceso de implementación del sistema IoT.

Etapa	Actividad principal	Herramienta usada	Resultado esperado
Diseño del sistema	Diagrama de bloques y esquemas de conexión	EasyEDA / papel	Plano funcional validado que muestra la arquitectura del sistema IoT
Programación	Configuración de sensores y controladores	ESP-IDF (Espressif IoT Development Framework) / Arduino IDE / PlatformIO	Firmware cargado y funcional para la correcta interacción de los dispositivos
Comunicación en red	Establecimiento de red WiFi y pruebas de conexión	Router + Monitor serie	Comunicación estable entre el sistema y la plataforma IoT
Visualización de datos	Monitorización de temperatura, luz y consumo energético	Ubidots /Blynk / Node-RED	Panel funcional de control donde se visualizan las variables clave (temperatura, luz, consumo)
Validación experimental	Pruebas de funcionamiento en aula	Módulo PZEM-004T, multímetro, pinza ampermétrica	Comparación entre valores medidos y valores esperados en condiciones reales

En las figuras 1 y 2 se muestra el circuito esquemático del control automático de iluminación y aire acondicionado.

Figura 1

Circuito de conexión de control y monitoreo de iluminación.

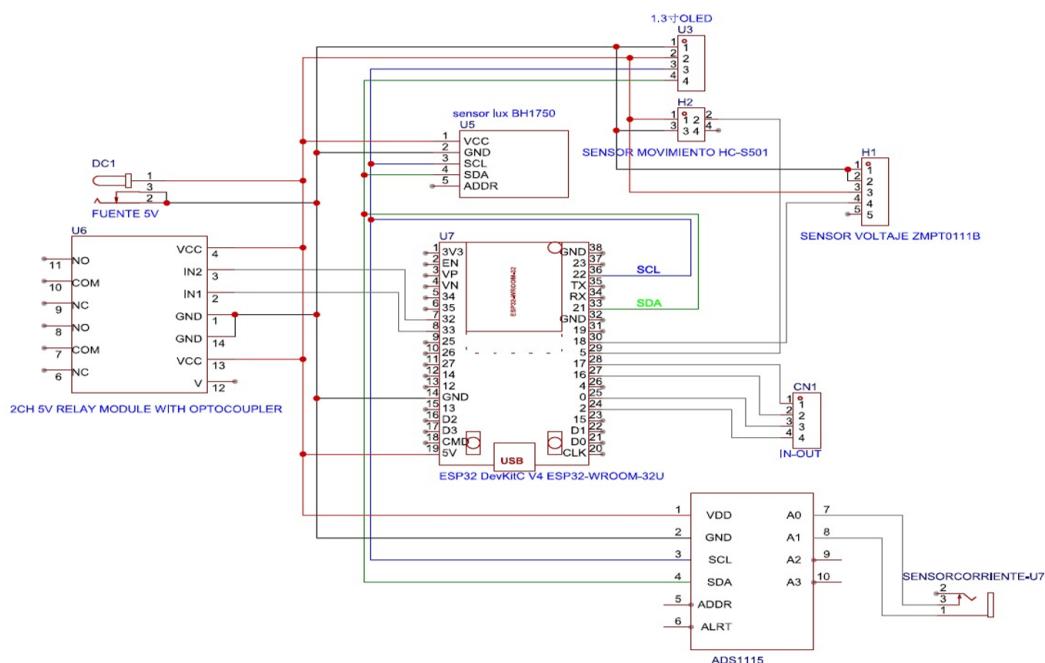
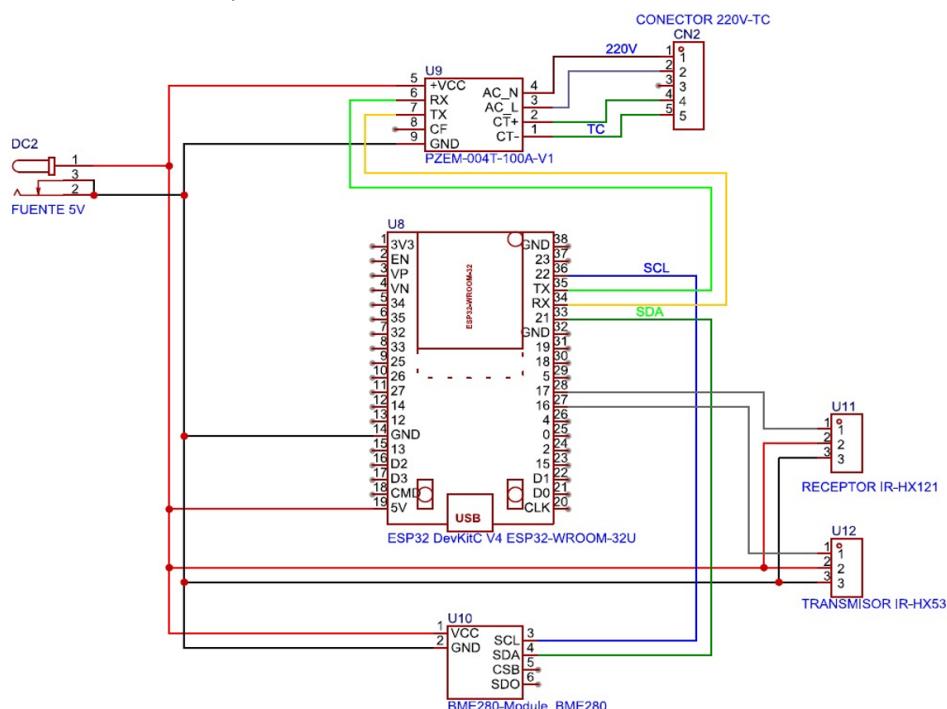
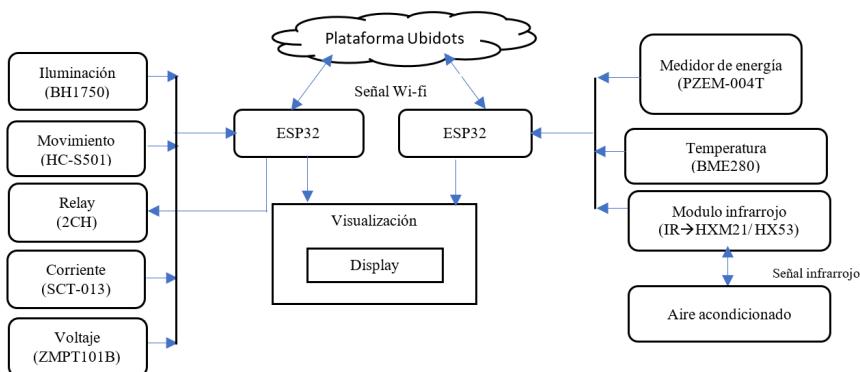


Figura 2*Circuito de conexión control y monitoreo de climatización.*

2.5 Diagrama de bloques de la conexión IoT

En la figura 3 se muestra el diagrama de bloques del sistema IoT para automatización y monitoreo de iluminación y climatización el cual muestra la integración de diferentes sensores y módulos conectados a dos microcontroladores ESP32. El sistema incluye sensores para la medición de condiciones ambientales, como la temperatura (BME280), la iluminación (BH1750), y el movimiento (HC-SR501), así como para la monitorización de parámetros eléctricos, como el voltaje (ZMPT1011) y la corriente (SCT-013). Los datos provenientes de los sensores analógicos (voltaje, corriente, iluminación) se envían a un convertidor A/D (ADS1115), que los digitaliza antes de ser procesados por el ESP32.

El sistema también incluye el módulo PZEM-004T para la medición directa de la energía eléctrica. Además, se implementan actuadores que permiten controlar dispositivos como la iluminación, a través de un módulo relé (2CH), y el aire acondicionado, mediante un módulo infrarrojo (HK-M21/HK-S53). Los datos obtenidos son visualizados en una pantalla OLED y enviados a la Plataforma Ubidots STEM para su monitoreo y control remoto, lo que permite una gestión eficiente y en tiempo real de las condiciones del entorno.

Figura 3*Diagrama de bloques.*

2.6 Fase 4: Medición del consumo eléctrico base

Antes de la implementación del sistema IoT, se llevó a cabo una fase de recolección de datos eléctricos de consumo en el aula piloto, con el objetivo de establecer una línea base de comparación.

Para esta tarea se utilizaron herramientas como el multímetro digital, una pinza ampermétrica y el módulo medidor de energía PZEM-004T, configurado para registrar valores de corriente, voltaje, potencia activa y consumo acumulado durante períodos de actividad académica normal.

3. Resultados y Discusión

Para evaluar el impacto del sistema IoT en la eficiencia energética, se realizaron mediciones comparativas del consumo eléctrico y la potencia máxima diaria durante dos períodos consecutivos del mes de mayo de 2025. La variable analizada incluye la energía consumida por día (kWh) perteneciente al sistema de iluminación y al sistema de climatización.

En la Tabla 5, se presentan los resultados del sistema de iluminación sin automatización, correspondientes al periodo del 1 al 15 de mayo. Se observa que los niveles de consumo energético varían según el día y la actividad académica registrada, alcanzando valores máximos de hasta 5,8 kWh. Asimismo, las potencias máximas medidas se ubican entre 470 W y 492 W. Durante los fines de semana (como el 3, 4, 10 y 11 de mayo), se registraron valores nulos, lo cual refleja la inactividad en el aula.

Tabla 5

Consumo energético y potencia máxima diaria del circuito de iluminación sin IoT.

Fecha	Voltaje (V rms)	Corriente (A rms)	Factor de Potencia	Potencia máxima (W)	Tiempo encendido (h)	Energía (kWh)
01/05/2025	121,80	4,30	0,92	479,30	12	5,80
02/05/2025	119,50	4,30	0,91	470,30	10	4,70
03/05/2025	124,50	0	-	0	0	0
04/05/2025	121,30	0	-	0	0	0
05/05/2025	120,90	4,20	0,93	475,80	8	3,80
06/05/2025	123,50	4,20	0,94	486,10	12	5,80
07/05/2025	122,60	4,30	0,91	482,70	9	4,30
08/05/2025	119,40	4,30	0,91	469,80	12	5,60
09/05/2025	124,80	4,20	0,93	490,90	11	5,40
10/05/2025	122,40	0	-	0	0	0
11/05/2025	122,40	0	-	0	0	0
12/05/2025	125,00	4,30	0,92	491,70	8	3,90
13/05/2025	123,80	4,20	0,93	487,20	9	4,40
14/05/2025	123,20	4,20	0,94	484,80	12	5,80
15/05/2025	120,10	4,20	0,93	472,70	8	3,80
Total						53,30

Posteriormente, en la Tabla 6, se muestran los datos registrados después de la implementación del sistema IoT de control de iluminación. Gracias al uso de sensores de movimiento y apagado automático, se logró una reducción en el consumo energético diario sin afectar la funcionalidad.

Tabla 6*Consumo energético y potencia máxima diaria del circuito de iluminación con IoT.*

Fecha	Voltaje (V rms)	Corriente (A rms)	Factor de Potencia	Potencia máxima (W)	Tiempo encendido (h)	Energía (kWh)
16/5/2025	123,50	4,20	0,93	485,90	11	5,30
17/5/2025	123,00	0	-	0	0	0
18/5/2025	124,00	0	-	0	0	0
19/5/2025	123,00	4,20	0,93	483,80	8	3,90
20/5/2025	123,00	4,30	0,92	484,00	6	2,90
21/5/2025	121,50	4,30	0,92	478,30	11	5,30
22/5/2025	120,30	4,20	0,94	473,50	7	3,30
23/5/2025	121,50	4,20	0,94	478,20	11	5,30
24/5/2025	119,60	0	-	0	0	0
25/5/2025	124,60	0	-	0	0	0
26/5/2025	119,60	4,20	0,93	470,60	10	4,70
27/5/2025	123,00	4,30	0,92	484,20	6	2,90
28/5/2025	121,00	4,20	0,93	476,10	7	3,30
29/5/2025	123,30	4,30	0,92	485,30	10	4,90
30/5/2025	120,60	4,30	0,91	474,50	6	2,80
Total						44,60

En cuanto al sistema de climatización, la Tabla 7 reporta los datos antes de la intervención IoT, entre el 1 y el 15 de mayo. El consumo energético diario alcanzó niveles significativamente más altos en comparación con el sistema de iluminación, con picos de hasta 13,8 kWh y potencias máximas que superaron los 1,07 kW. Estos valores reflejan la alta demanda eléctrica asociada al uso constante de equipos de aire acondicionado.

Tabla 7*Consumo energético y potencia máxima diaria del circuito de climatización sin IoT.*

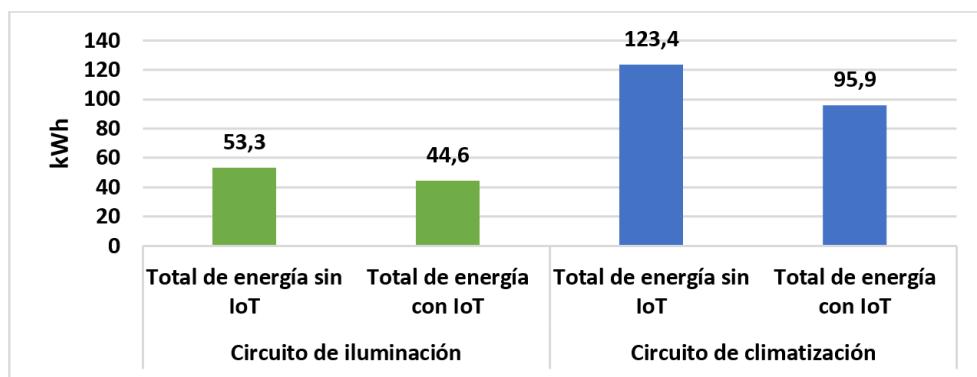
Fecha	Voltaje (V rms)	Corriente (A rms)	Factor de Potencia	Potencia máxima (W)	Tiempo encendido (h)	Energía (kWh)
01/05/2025	218,70	5,60	0,86	1062,60	10	10,60
02/05/2025	221,90	5,60	0,85	1050,50	11	11,60
03/05/2025	223,20	0	-	0	0	0
04/05/2025	221,50	0	-	0	0	0
05/05/2025	218,20	5,70	0,84	1037,30	10	10,40
06/05/2025	219,50	5,60	0,85	1050,50	13	13,70
07/05/2025	220,10	5,60	0,86	1061,80	10	10,60
08/05/2025	219,20	5,60	0,86	1061,50	10	10,60
09/05/2025	223,40	5,50	0,84	1037,50	10	10,40
10/05/2025	223,10	0	-	0	0	0
11/05/2025	218,20	0	-	0	0	0
12/05/2025	218,90	5,60	0,83	1024,50	9	9,20
13/05/2025	223,70	5,50	0,86	1061,90	9	9,60
14/05/2025	221,70	5,60	0,86	1062,20	13	13,80
15/05/2025	221,80	5,60	0,87	1074,70	12	12,90
Total						123,40

Finalmente, en la Tabla 8, correspondiente al periodo del 16 al 30 de mayo del 2025 con el sistema IoT implementado, se evidencia una disminución en el consumo energético. Esta mejora se atribuye a la automatización del encendido y apagado del sistema de climatización mediante sensores de temperatura y presencia, lo cual permitió reducir los tiempos de funcionamiento innecesario y evitar el uso durante periodos de inactividad.

Tabla 8*Consumo energético y potencia máxima diaria del circuito de climatización con IoT.*

Fecha	Voltaje (V rms)	Corriente (A rms)	Factor de Potencia	Potencia maxima (W)	Tiempo encendido (h)	Energía (kWh)
16/5/2025	220,60	5,60	0,83	1025,60	10	10,30
17/5/2025	218,00	0	-	0	0	0
18/5/2025	218,20	0	-	0	0	0
19/5/2025	219,40	5,70	0,84	1038,20	8	8,30
20/5/2025	223,70	5,50	0,86	1062,00	8	8,50
21/5/2025	218,90	5,60	0,83	1025,80	7	7,20
22/5/2025	223,20	5,50	0,85	1049,40	8	8,40
23/5/2025	219,40	5,60	0,84	1036,80	8	8,30
24/5/2025	219,20	0	-	0	0	0
25/5/2025	222,40	0	-	0	0	0
26/5/2025	218,40	5,60	0,85	1049,90	11	11,50
27/5/2025	220,80	5,60	0,84	1036,90	11	11,40
28/5/2025	220,60	5,60	0,85	1049,60	7	7,30
29/5/2025	221,80	5,60	0,86	1062,20	7	7,40
30/5/2025	222,10	5,60	0,84	1037,60	7	7,30
Total						95,90

En la Figura 2 se presenta una comparación gráfica del consumo total de energía eléctrica (kWh) registrado en el aula antes y después de la implementación del sistema IoT, diferenciando los circuitos de iluminación y climatización. En el circuito de iluminación, se observó una reducción de 8,7 kWh, lo que representa una disminución del 16,32 % respecto al periodo sin automatización. Por su parte, el sistema de climatización presentó una reducción de 27,5 kWh, equivalente a un 22,29 % menos de consumo energético. Estos resultados confirman la efectividad de las estrategias automatizadas de control implementadas mediante IoT.

Figura 4*Comparación del consumo energético total antes y después de la implementación del sistema IoT.*

Los resultados obtenidos reflejan la efectividad de los sistemas IoT como estrategia para optimizar el consumo energético en aulas universitarias. La automatización de iluminación y climatización, basada en sensores de ocupación y parámetros ambientales, generó un impacto técnico positivo en el uso racional de la electricidad

Este comportamiento coincide con lo reportado por Waluyo et al. (2023), quienes demostraron que el uso de sensores de presencia para gestionar aire acondicionado reduce de forma significativa el uso innecesario de energía. Asimismo, los datos de esta investigación son consistentes con los de Franco et al. (2025), donde se destaca el potencial de los sistemas IoT para mejorar la eficiencia energética en edificios académicos mediante el monitoreo ambiental en tiempo real.

El uso del microcontrolador ESP32 junto a sensores como el BME280, BH1750 y HC-SR501, permitió construir un sistema económico, escalable y adaptable a las condiciones del aula, características que lo hacen replicable en otras instalaciones educativas. Esto refuerza lo planteado por Kalamaras et al. (2025), quienes identifican al ESP32 como un microcontrolador altamente viable para proyectos de automatización por su versatilidad y bajo costo.

Aunque los resultados son alentadores, es importante señalar que las mediciones se realizaron en un solo entorno controlado, por lo que futuras investigaciones podrían incorporar múltiples aulas, horarios extendidos, o incluso variables ambientales adicionales como CO₂ o presencia de múltiples usuarios, para robustecer la validación del sistema.

El análisis de viabilidad se basa en una inversión inicial de \$103.00 por aula y un ahorro proyectado de \$6.30 al mes y \$75,60 al año, resultando en un período de recuperación (Payback) de aproximadamente 16.35 meses. Este plazo demuestra la factibilidad económica de la solución.

La consideración de mantenimiento de los costos operativos a largo plazo basándose en la calidad y durabilidad promedio de los componentes utilizados, se estima que los sensores y relés (los elementos más susceptibles a desgaste) requerirán un reemplazo parcial o total cada 3 años. A pesar de este mantenimiento proyectado, el sistema habrá generado ahorros netos durante un periodo de aproximadamente 20 meses antes de incurrir en el primer costo operativo significativo. Esta perspectiva a largo plazo, sumada a los beneficios de escalabilidad y el valor intangible ambiental y educativo que refuerza la justificación de la inversión institucional.

3.1 Análisis de Significación Estadística

Para determinar si la reducción observada en el consumo energético es atribuible directamente a la implementación del sistema IoT y no a la variabilidad aleatoria, se aplicó la Prueba t de Student para muestras pareadas a los datos de consumo diario kWh de los 11 días de actividad académica, utilizando un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

Círculo de Iluminación (Reducción del 16,32%):

El ahorro promedio diario para el circuito de iluminación fue de 0.79 kWh. La prueba t mostro un estadístico $t = 6,77$ con 10 grados de libertad $df=10$ resultando en un valor $p < 0,00001$. Dado que este valor p es extremadamente inferior a $\alpha = 0,05$ se concluye que la reducción de 16,32 es altamente significativa y no se debe al azar.

Círculo de Climatización (Reducción del 22,29%):

El ahorro promedio diario para el circuito de climatización fue de 2,48 kWh. La prueba t mostro un estadístico $t = 11,66$ con 10 grados de libertad $df=10$, resultando en un $p < 0,000001$. Al ser p un valor prácticamente cero, se confirma que la reducción de 22,29 es altamente significativa lo que valida que el efecto es robusto.

3.2 Limitaciones del Estudio

Para una interpretación transparente y contextualizada de los resultados, se identifican las siguientes limitaciones inherentes al diseño metodológico de la investigación:

La experimentación y la validación del sistema IoT se llevaron a cabo exclusivamente en una única aula universitaria piloto. Aunque los resultados son estadísticamente significativos para ese entorno, la capacidad de generalización a otras aulas con diferentes orientaciones, materiales de construcción, o cargas de uso debe

ser tomada con precaución.

El estudio se basó en la recopilación de datos durante un período corto de 15 días antes de la intervención y 15 días después. Un período de medición más extenso ejemplo semestral o anual permitiría una mejor captura de la variabilidad estacional y de la demanda energética real a largo plazo.

Si bien se controlaron variables internas como la carga horaria de 8-10 horas de clase y la ocupación de 25 estudiantes, no se registró ni se controló directamente la temperatura ambiente externa durante los períodos de prueba. Esto constituye una limitación metodológica, ya que las variaciones climáticas tienen un impacto directo en el consumo del sistema de climatización.

4. Conclusiones

Se implementó en un aula universitaria un sistema IoT basado en el ESP32 y la plataforma Ubidots STEM en la nube para controlar la eficiencia de consumo del sistema de iluminación y climatización. Se realiza una evaluación empírica mediante la comparación de mediciones eléctricas en dos períodos de 15 días consecutivos. Durante la operación sin IoT, el consumo total fue de 53,3 kWh en iluminación y 123,4 kWh en climatización. Posteriormente, con el sistema IoT activo, estos valores se redujeron a 44,6 kWh y 95,9 kWh, respectivamente, evidenciando una disminución relativa del 16,32 % y 22,29 % en cada subsistema, considerando que el kWh para instituciones públicas en Ecuador es de \$ 0,087 se logra un ahorro económico de \$ 3,15 en un período de 15 días.

El comportamiento del sistema validó su capacidad para responder en tiempo real en condiciones ambientales y patrones de uso, disminuyendo la carga energética sin afectar el confort del entorno académico. Se concluye que el sistema IoT desarrollado, con un coste total de \$103 dólares lo que constituye una solución viable, escalable y de bajo costo para la gestión energética en infraestructuras académicas.

Se recomienda su extensión a múltiples aulas, incorporación de nuevas variables (como CO₂ o luz natural) y evaluación en períodos prolongados, así como la exploración de modelos de inteligencia artificial para optimizar aún más la toma de decisiones automatizadas.

Declaración de disponibilidad de datos

Los datos incluidos en este artículo se han recopilado de diversas fuentes, entre ellas Scopus, IEEE Xplore, Web of Science (WoS), ACM y Springer. Estos están disponibles tanto en el artículo principal como en el material complementario y se han citado para garantizar la transparencia y la reproductibilidad de los resultados.

Declaración sobre el uso de IA generativa y tecnologías asistidas por IA en el proceso de redacción

El manuscrito no contiene una declaración específica sobre el uso de herramientas de inteligencia artificial durante su elaboración. La autoría y responsabilidad del contenido corresponden íntegramente a los autores.

Declaración de contribución de los autores CRedit

Richard Javier Delgado Mera: Conceptualización, investigación, redacción, metodología, análisis estadístico de resultados. **Bremnen Véliz Noboa:** Conceptualización, redacción - revisión.

Declaración de conflictos de intereses

Los autores declaran que no tiene ningún interés financiero ni relación personal que pudiera influir en el trabajo descrito en este artículo.

5. Referencias

- Anchundia-Santana, J. I., Sánchez-Cano, J. E., García-Quilachamin, W., & Santana-Mantuano, E. I. (2021). Validation of An Instrument to Know the Use of Smart Devices in Air Conditioners and Their Improvement in Energy Efficiency: Case Study in Ecuador. *International Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE)*, 17(04), 133-144. <https://doi.org/10.3991/ijoe.v17i04.21117>
- Bustamante-Limones, A., Rodriguez-Borges, C., & Pérez-Rodríguez, J. A. (2024). Evaluación del uso de gemelos digitales en los sistemas de producción. *AiBi Revista de Investigación, Administración e Ingeniería*, 12(3), 195-204. <https://revistas.udes.edu.co/abip/article/view/4382>
- Eliş, B., Çar, E., Kasap, N., Sarı, A. İ., & Rovshenov, A. (2024). Development of IoT-Based Smart Home Automation System with Open-Sourced Components. *2024 International Conference on Electrical, Computer and Energy Technologies (ICECET)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICECET61485.2024.10698150>
- Franco, A., Crisostomi, E., Leccese, F., Mugnani, A., & Suin, S. (2025). Energy Savings in University Buildings: The Potential Role of Smart Monitoring and IoT Technologies. *Sustainability*, 17(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/su17010111>
- Guillén, V. A. M., Pérez-Rodríguez, J. A., & Rodríguez-Borges, C. G. (2025). Análisis de metodologías empleadas en los sistemas de gestión energética y sus indicadores. *Revista Científica FINIBUS-Ingeniería, Industria y Arquitectura*, 8(15), 103-111. <https://publicacionescd.uleam.edu.ec/index.php/finibus/article/view/966>
- Gupta, A., Gupta, P., & Chhabra, J. (2015). IoT based power efficient system design using automation for classrooms. *2015 Third International Conference on Image Information Processing (ICIIP)*, 285-289. <https://doi.org/10.1109/ICIIP2015.7414782>
- Hernández Sampieri, R., & Fernandez-Collado, C. F. (2014). *Metodología de la investigación* (P. Baptista Lucio, Ed.; Sexta edición). McGraw-Hill Education.
- Kalamaras, S. D., Tsitsimpikou, M.-A., Tzenos, C. A., Lithourgidis, A. A., Pitsikoglou, D. S., & Kotsopoulos, T. A. (2025). A Low-Cost IoT System Based on the ESP32 Microcontroller for Efficient Monitoring of a Pilot Anaerobic Biogas Reactor. *Applied Sciences*, 15(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/app15010034>
- Katsoulis, S., Koulouras, G., & Christakis, I. (2024). Energy-Efficient Data Acquisition and Control System using both LoRaWAN and Wi-Fi Communication for Smart Classrooms. *2024 13th International Conference on Modern Circuits and Systems Technologies (MOCAST)*, 1-4. <https://doi.org/10.1109/MOCAST61810.2024.10615862>
- Noruwana, N. C., Owolawi, P. A., & Mapayi, T. (2020). Interactive IoT-based Speech-Controlled Home Automation System. *2020 2nd International Multidisciplinary Information Technology and Engineering Conference (IMITEC)*, 1-8. <https://doi.org/10.1109/IMITEC50163.2020.9334081>
- Pico, G., Marques, P., Loor Castillo, G. A., Llosas Albuerne, Y., & Guamán Segarra, J. C. (2017). Empleo de la teoría multiagentes en la gerencia del trabajo inmóvil en la UTM. *Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología: RIEMAT*, 2(2), 33. <https://doi.org/10.33936/riemat.v2i2.1142>
- Sabo, A., Ozovehe Hamza, & Yakubu. (2024). (PDF) Development and Implementation of an ESP32 IOT-Based Smart Grid for Enhanced Energy Efficiency and Management. *ResearchGate*. [https://doi.org/10.59324/ejtas.2024.2\(3\).43](https://doi.org/10.59324/ejtas.2024.2(3).43)
- Srun, C., Seven, S., Ny, V., & Sokreaksa, I. (2024). (PDF) Efficient Energy Usage Monitoring System with ESP32 Technology. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.1109/GTSD62346.2024.10675127>
- Waluyo, A., Widura, A., Hadiatna, F., & Fikri, R. S. (2023). IoT-Based Air Conditioning Control System for Energy Saving. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 13(1), 8-16. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.13.1.17152>
- Wang, H., & Dang, Z. (2025). Energy consumption assessment of Internet of Things (IoT) based on machine

- learning approach. *Signal, Image and Video Processing*, 19(5), 1-23. <https://doi.org/10.1007/s11760-025-03947-6>
- Yu, Y., Jiang, H., & Guan, T. (2024). An Intelligent Power Management System for Energy Saving. *2024 IEEE 4th International Conference on Electronic Communications, Internet of Things and Big Data (ICEIB)*, 695-700. <https://doi.org/10.1109/ICEIB61477.2024.10602691>
- Zaluzhnyi, M., Nazarova, O., Krysan, Y., & Pyrozhok, A. (2023). Laboratory Stand for Studying the Automated Air Temperature Monitoring System Using IoT Technologies. *2023 IEEE 5th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES)*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/MEES61502.2023.10402525>