



Tecnologías Emergentes Aplicadas: Innovación, Seguridad y Educación Digital desde la Ingeniería en Tecnologías de la Información



Ing. Marcos Orellana Parra, PhD
Ing. Mayra Tigre Sánchez, Mgtr.
Ing. Stalin Jara Obregón, Mgtr.
Ing. Cristian Toledo Vásquez, Mgtr.
Ing. Gina Araujo Santacruz, Mgtr.
Lcdo. Wilfrido Rodríguez Quinteros, Mgtr.
Ing. Thalia Alvarado Ortega, Mgtr.



Tecnologías Emergentes Aplicadas: Innovación, Seguridad y Educación Digital desde la Ingeniería en Tecnologías de la Información

Ing. Marcos Orellana Parra, PhD
Ing. Mayra Tigre Sánchez, Mgtr.
Ing. Stalin Jara Obregón, Mgtr.
Ing. Cristian Toledo Vásquez, Mgtr.
Ing. Gina Araujo Santacruz, Mgtr.
Lcdo. Wilfrido Rodríguez Quinteros, Mgtr.
Ing. Thalia Alvarado Ortega, Mgtr.

ISBN: 978-9942-53-201-5

Primera edición, 2026



© Autores

Ing. Marcos Orellana Parra, PhD

Ing. Mayra Tigre Sánchez, Mgtr.

Ing. Stalin Jara Obregón, Mgtr.

Ing. Cristian Toledo Vásquez, Mgtr.

Ing. Gina Araujo Santacruz, Mgtr.

Lcdo. Wilfrido Rodríguez Quinteros, Mgtr.

Ing. Thalia Alvarado Ortega, Mgtr.

© Editorial Grupo Compás, 2026

Guayaquil, Ecuador

www.grupocompas.com

<http://repositorio.grupocompas.com>

Primera edición, 2026

Esta obra ha sido sometida a un proceso de evaluación bajo el sistema de arbitraje doble ciego (double-blind peer review), garantizando el anonimato tanto de los autores como de los evaluadores externos. El dictamen favorable certifica que el contenido cumple con los más altos estándares de rigor científico, calidad editorial y originalidad exigidos por la comunidad académica internacional para su indexación y reconocimiento científico.

ISBN: 978-9942-53-201-5

DOI: 10.31876/9789942532015

Distribución online

Acceso abierto



Cita

Orellana, M. et. Al (2026). *Tecnologías Emergentes Aplicadas: Innovación, Seguridad y Educación Digital desde la Ingeniería en Tecnologías de la Información*. Editorial Grupo Compás.

Índice

Índice.....	2
Prólogo.....	5
Monitoreo de la calidad del aire en entornos educativos mediante un sistema IoT de bajo costo: una propuesta desde la transformación digital.....	8
Introducción.....	8
Marco teórico	9
Elementos que constituyen el sistema	13
Componentes electrónicos.....	13
Software	13
Integración del sensor GP2Y1010AU0F	14
Conexión del sensor GP2Y1010AU0F	14
Conexión del DHT11	16
Comparación con niveles de referencia de PM _{2.5}	20
Conclusiones.....	23
Referencias bibliográficas	24
Análisis experimental de parámetros eléctricos en circuitos de corriente continua para un sistema de control de acceso automatizado: Estudio de caso en la Unidad Educativa "Nela Martínez Espinosa"	28
Introducción.....	28
Fundamentación teórica	31
Dispositivo electrónico para control de acceso.....	33
Características de los circuitos de Corriente Continua en sistemas de control de acceso.....	33
Roles funcionales de los parámetros eléctricos habilitantes en el diseño y operación del sistema.....	35

Aplicación: Unidad Educativa "Nela Martínez Espinosa"	36
Características del contexto.....	38
Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	38
Procedimiento metodológico	39
Implementación del sistema	40
Evaluación funcional del sistema implementado.....	41
Análisis consolidado de resultados	42
Conclusiones.....	48
Referencias Bibliográficas	50
 La influencia del uso del teléfono celular en la concentración y el rendimiento académico de los estudiantes de bachillerato de la Unidad Educativa presidente Jaime Roldós, La Troncal – Ecuador.....	 52
Introducción.....	52
Referencial teórico	53
Diseño de investigación	56
Conclusiones.....	63
Referencias bibliográficas	64
 La evolución del Marketing de Gamificación aplicado a la educación y la formación Profesional Online	 66
Introducción.....	66
Conclusiones.....	77
Referencias Bibliográficas	78
 Sistema embebido de bajo costo para la detección de somnolencia en conductores mediante sensores inerciales: diseño y validación de una gorra inteligente.	 81
Introducción.....	81
Planteamiento del problema y justificación.....	82
Somnolencia como factor de riesgo vial	82

Sistemas embebidos y Arduino	83
Sensor MPU6050	85
Enfoques tecnológicos en la detección de somnolencia	87
Estado del arte	88
Componentes del sistema	89
Conexiones eléctricas detalladas	91
Conexión del sensor MPU6050	91
Conexión del buzzer	92
Conexión del módulo láser.....	92
Alimentación del sistema.....	93
Distribución de alimentación en la protoboard.....	94
Esquema circuital (diagrama de conexiones)	94
Algoritmo de funcionamiento.....	96
Integración física en la gorra (diseño final)	97
Consideraciones de seguridad y rendimiento.....	99
Metodología de validación.....	101
Limitaciones del estudio	104
Implicaciones educativas y sociales.....	105
Conclusiones.....	106
Trabajos futuros	107
Referencias Bibliográficas	108

Prólogo

Hablar de Tecnologías de la Información suele llevarnos, casi de inmediato, a pensar en computadoras de gran capacidad, sistemas complejos, inteligencia artificial o dispositivos que cambian con una rapidez difícil de seguir; quienes trabajamos en esta área sabemos, sin embargo, que la tecnología cobra valor cuando deja de ser una novedad y comienza a resolver un problema concreto, puede tratarse de mejorar la seguridad de una institución, conocer la calidad del aire de un aula, prevenir un accidente o ayudar a un estudiante a relacionarse de otra manera con los recursos digitales que utiliza todos los días.

Este libro recoge cinco trabajos desarrollados desde esa mirada, no se presentan aquí tecnologías lejanas ni soluciones reservadas para grandes empresas, los capítulos muestran experiencias que parten de necesidades reconocibles y que emplean recursos disponibles, componentes de bajo costo y conocimientos propios de la Ingeniería en Tecnologías de la Información, en todos los casos existe una pregunta previa: ¿qué se puede hacer, desde la ingeniería, frente a una situación que afecta a las personas o a su entorno?

La obra reúne temas que, a primera vista, podrían parecer distantes entre sí: monitoreo ambiental, control de acceso, uso del teléfono celular, gamificación educativa y seguridad vial; no obstante, todos se relacionan con una misma preocupación: aplicar la tecnología con criterio y comprobar que aquello que se diseña tenga utilidad fuera del laboratorio.

El primer capítulo presenta un sistema de Internet de las Cosas para monitorear la calidad del aire en espacios educativos, la propuesta utiliza dispositivos de bajo costo para obtener información sobre las condiciones ambientales de un lugar donde estudiantes y docentes permanecen durante varias horas, contar con estos datos permite observar lo que normalmente pasa inadvertido y facilita la toma de decisiones dentro de la institución. Un sensor, por sencillo que parezca, puede advertir que un espacio necesita mayor ventilación o que determinadas condiciones merecen seguimiento.

A continuación, se estudia el comportamiento eléctrico de un sistema automatizado de control de acceso, en este tipo de proyectos no basta

con conectar componentes y comprobar que una puerta se abre, es necesario medir tensiones, corrientes y resistencias; revisar la respuesta de los dispositivos y verificar que el conjunto trabaje de manera estable. La seguridad de una institución depende, muchas veces, de detalles que no son visibles para el usuario, pero que deben ser atendidos durante el diseño y la instalación. El tercer capítulo se ocupa de una situación frecuente en las aulas: el uso constante del teléfono celular y su relación con la concentración y el rendimiento académico.

El estudio no parte de la idea de prohibir el dispositivo ni de considerarlo responsable de todos los problemas de aprendizaje; el teléfono forma parte de la vida cotidiana y también puede ser útil para investigar, comunicarse o acceder a recursos educativos, la dificultad aparece cuando su uso interrumpe de manera continua la atención; basta una notificación, un mensaje o la revisión rápida de una red social para perder el hilo de una clase o abandonar una tarea que requiere concentración. Comprender estos hábitos es más útil que condenarlos sin análisis.

Otro de los trabajos examina la gamificación aplicada al marketing educativo y a la formación profesional en línea. Las instituciones han incorporado retos, recompensas, niveles, insignias y otras dinámicas para mantener la participación de los estudiantes en los entornos virtuales, estos recursos pueden mejorar la experiencia de aprendizaje, pero su uso exige cuidado, una actividad no se vuelve formativa solo por incluir puntos o premios; debe responder a un propósito pedagógico y guardar relación con los conocimientos que se pretende desarrollar.

El último capítulo presenta el diseño y la validación de un sistema embebido para detectar signos de somnolencia en conductores. El proyecto combina electrónica, programación y procesamiento de señales para atender una situación que puede terminar en un accidente. En la carretera, unos pocos segundos de distracción o cansancio son suficientes para cambiar el rumbo de un viaje; por esa razón, una alerta emitida a tiempo puede tener una utilidad mucho mayor que la aparente sencillez del dispositivo.

Cada capítulo conserva su propia metodología, sus procedimientos y sus resultados, no se pretende presentar estas soluciones como productos terminados ni como respuestas definitivas; son experiencias de

investigación aplicada que permiten probar ideas, reconocer limitaciones y abrir nuevas posibilidades de trabajo. Ese proceso: diseñar, medir, equivocarse, corregir y volver a probar, forma parte de la ingeniería tanto como el conocimiento teórico.

Desde la docencia universitaria hemos comprobado que los estudiantes comprenden mejor la tecnología cuando tienen la oportunidad de relacionarla con una necesidad del entorno. Un circuito deja de ser únicamente un conjunto de conexiones cuando controla el acceso a una puerta; un sensor adquiere otra dimensión cuando registra las condiciones del aula; un programa cobra sentido cuando puede prevenir un riesgo, allí comienza la verdadera formación profesional: cuando el conocimiento aprendido se pone a prueba frente a la realidad.

Las experiencias reunidas en esta obra también recuerdan que ninguna solución tecnológica es neutral, todo sistema responde a una decisión, afecta a determinados usuarios y produce consecuencias que deben ser consideradas; por ello, formar ingenieros no consiste únicamente en enseñarles a programar, diseñar redes o integrar dispositivos. También implica desarrollar la capacidad de observar el entorno, escuchar a las personas y asumir responsabilidad por aquello que se crea.

Esperamos que estas páginas resulten útiles para estudiantes, docentes y profesionales interesados en la investigación tecnológica aplicada, algunas propuestas podrán mejorarse, adaptarse a otros escenarios o servir como punto de partida para nuevos trabajos, esa posibilidad justifica el esfuerzo compartido de quienes participaron en este libro: demostrar que la Ingeniería en Tecnologías de la Información puede aportar soluciones concretas cuando se trabaja con disciplina, curiosidad y conocimiento del contexto.

Los autores

Monitoreo de la calidad del aire en entornos educativos mediante un sistema IoT de bajo costo: una propuesta desde la transformación digital

Marcos Alejandro Orellana Hinojosa

Unidad Educativa Nela Martínez Espinosa. La Troncal, Ecuador
ORCID: 0009-0000-7742-8900

Carmen Marisol Galeas Lema

Unidad Educativa Nela Martínez Espinosa. La Troncal, Ecuador
ORCID: 0009-0003-3364-7759

Marcos Giovanni Orellana Parra

Universidad Católica de Cuenca. La Troncal, Ecuador
ORCID: 0000-0003-2976-316X
morellanap@ucacue.edu.ec

Ana Gabriela Hinojosa Caballero

Universidad Católica de Cuenca. La Troncal, Ecuador
ORCID: 0000-0001-6885-0384
aghinojosac@ucacue.edu.ec

Introducción

La contaminación atmosférica constituye uno de los principales desafíos ambientales y de salud pública a nivel global, con impactos especialmente críticos en zonas urbanas, industriales y agroindustriales. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2021), la exposición prolongada al material particulado fino ($PM_{2.5}$) está asociada con aproximadamente 7 millones de muertes prematuras al año en todo el mundo, afectando de manera desproporcionada a poblaciones vulnerables, entre ellas niñas, niños y adolescentes en entornos escolares, debido a su mayor susceptibilidad fisiológica y al tiempo prolongado que permanecen expuestos tanto en espacios abiertos como en ambientes cerrados con ventilación limitada.

En este contexto, el presente estudio de caso aborda el diseño, implementación y validación de un sistema de monitoreo de calidad del aire de bajo costo en la Unidad Educativa "Nela Martínez Espinosa", ubicada en el cantón La Troncal, provincia del Cañar. Esta zona se

caracteriza por ser uno de los núcleos agroindustriales más activos de la región, con una economía históricamente sustentada en el cultivo y procesamiento de caña de azúcar. En consecuencia, prácticas como la quema pre cosecha —aunque regulada— y las emisiones derivadas de los ingenios azucareros constituyen fuentes recurrentes de contaminantes atmosféricos, incluyendo partículas finas ($PM_{2.5}$), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO_2), amoníaco (NH_3) y compuestos orgánicos volátiles (COV).

El sistema propuesto integra sensores de bajo costo, específicamente el sensor óptico GP2Y1010AU0F para la medición de $PM_{2.5}$ y el sensor MQ-135 para la detección de gases (CO_2 , NH_3 , CO, entre otros), conectados a una plataforma basada en Arduino (ESP32) con conectividad Wi-Fi. Los datos se transmiten cada cinco minutos a la plataforma en la nube Ubidots, donde son almacenados, procesados y visualizados mediante un dashboard de acceso restringido. Esto permite el monitoreo en tiempo real, el análisis de tendencias y la generación de alertas tempranas ante niveles críticos de contaminación. Asimismo, el dispositivo ha sido sometido a pruebas de funcionalidad y validación cruzada mediante mediciones cualitativas y comparativas, lo que ha permitido confirmar su sensibilidad para detectar variaciones significativas en la concentración de contaminantes atmosféricos relevantes.

Marco teórico

La contaminación atmosférica representa uno de los mayores riesgos ambientales para la salud humana a nivel global. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2021), la exposición a contaminantes del aire, tanto en ambientes exteriores como interiores, causa entre 4 y 9 millones de muertes anuales en el mundo. Entre los contaminantes más críticos se encuentran el material particulado (PM), el ozono (O_3), el dióxido de nitrógeno (NO_2), el dióxido de azufre (SO_2) y el monóxido de carbono (CO).

El material particulado constituye uno de los componentes más peligrosos debido a su capacidad de penetración en el organismo. Se clasifica según su tamaño aerodinámico en PM_{10} ($\leq 10 \mu m$) y $PM_{2.5}$ ($\leq 2,5 \mu m$), siendo este último el más crítico. Estas partículas pueden ingresar profundamente en el sistema respiratorio, alcanzar los alvéolos pulmonares e incluso incorporarse al torrente sanguíneo, desencadenando procesos inflamatorios sistémicos (Flood-Garibay et al., 2020; Brauer et al., 2021).

Esta inflamación explica su relación con múltiples enfermedades crónicas. La evidencia científica ha vinculado la exposición a $PM_{2.5}$ con enfermedades cardiovasculares, respiratorias y metabólicas, así como con trastornos neurodegenerativos y de salud mental (Gómez-Delgado et al., 2025; Shi et al., 2020; Wei et al., 2022).

La quema de biomasa agrícola, especialmente en cultivos de caña de azúcar, constituye una fuente significativa de contaminación atmosférica. Esta práctica libera material particulado, compuestos orgánicos volátiles (COV), carbono negro y otros contaminantes derivados de la combustión incompleta.

En La Troncal, se ha evidenciado una relación directa entre la quema de cañaverales y el incremento del material particulado sedimentable (MPS), con concentraciones promedio de $1,30 \text{ mg/cm}^2$ durante la zafra (Crespo Cabrera, 2022). Aunque estos valores no superan los límites nacionales, su correlación con la actividad agrícola evidencia un impacto ambiental relevante.

No obstante, el MPS actúa como un indicador indirecto. Desde la perspectiva de salud pública, resulta más relevante el análisis de $PM_{2.5}$, para el cual la OMS (2021) establece un límite anual de $5 \text{ } \mu\text{g/m}^3$. Esto sugiere que, durante los periodos de quema, es probable que los niveles reales de contaminación superen estándares internacionales, evidenciando la necesidad de monitoreo continuo.

La Troncal es uno de los principales centros agroindustriales del Ecuador, caracterizado por la presencia del ingenio azucarero COAZUCAR. Esta actividad genera múltiples fuentes de contaminación.

Las quemas precosecha constituyen una fuente importante de material particulado fino. Por su parte, el procesamiento industrial genera emisiones constantes, incluyendo gases de combustión, compuestos orgánicos volátiles y subproductos de fermentación.

Durante la producción de alcohol, se liberan CO_2 y vapores de etanol, mientras que la descomposición de residuos orgánicos genera gases como sulfuro de hidrógeno (H_2S) y mercaptanos, responsables de olores intensos y efectos nocivos en la salud.

El monitoreo ambiental de bajo costo ha permitido democratizar el acceso a datos de calidad del aire. Plataformas como Arduino y ESP32 facilitan la integración de sensores y la transmisión de datos en tiempo real.

El sensor GP2Y1010AU0F utiliza dispersión láser para medir $PM_{2.5}$ y PM_{10} , mientras que el sensor MQ-135 detecta múltiples gases mediante cambios en la conductividad eléctrica de un semiconductor.

A continuación, se presentan sus características técnicas:

Tabla 1

Características técnicas del sensor MQ-135

Parámetro	Descripción
Gases detectados	Amoníaco (NH_3), sulfuro de hidrógeno (H_2S), benceno, alcohol, dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x) y compuestos orgánicos volátiles (COV).
Principio de operación	Semiconductor de óxido metálico (MOS). Variación de la resistencia eléctrica.
Tensión de alimentación	5 V DC
Consumo de energía	Aproximadamente 150 mA (durante el calentamiento)
Salidas	Analógica: señal de voltaje variable. Digital: salida TTL (umbral fijo).
Tiempo de calentamiento	1 a 10 minutos
Dimensiones (aprox.)	80 mm × 60 mm × 20 mm
Vida útil	Varios años (dependiendo de las condiciones de uso)

Nota. Elaboración propia a partir de documentación técnica.

Es importante destacar que el sensor MQ-135 presenta limitaciones en términos de selectividad y precisión, por lo que requiere procesos de

calibración y compensación ambiental para obtener mediciones confiables.

El uso de plataformas IoT permite la transmisión, almacenamiento y visualización de datos en tiempo real. Protocolos como MQTT facilitan la comunicación eficiente entre dispositivos.

Arquitecturas basadas en EMQX, InfluxDB y Grafana permiten desarrollar sistemas escalables, mientras que plataformas como Ubidots ofrecen soluciones accesibles en la nube para la visualización mediante dashboards interactivos.

Diversos estudios han demostrado que la exposición a emisiones derivadas de la quema de caña incrementa la morbilidad respiratoria y cardiovascular. Se han documentado aumentos en síntomas respiratorios, inflamación sistémica y afectaciones pulmonares, especialmente en poblaciones vulnerables.

El crecimiento urbano no planificado en La Troncal ha incrementado la proximidad entre zonas habitacionales y áreas agrícolas, aumentando la exposición a contaminantes.

Las fuentes móviles, incluyendo transporte pesado y mototaxis, contribuyen significativamente a la contaminación. Su interacción con fuentes industriales genera efectos sinérgicos que incrementan la toxicidad del aire.

Aunque Ecuador cuenta con normativa ambiental (TULSMA), existen limitaciones en su implementación, especialmente en ciudades intermedias donde no existen sistemas de monitoreo continuo.

La presente investigación es de tipo aplicada y experimental, ya que se orienta a la solución de un problema real relacionado con la calidad del aire mediante el diseño, construcción e implementación de un prototipo electrónico de monitoreo ambiental. Este enfoque permite evaluar el comportamiento del sistema en condiciones reales de operación.

El estudio adopta un enfoque cuantitativo, basado en la medición de variables ambientales expresadas en valores numéricos, tales como la concentración estimada de partículas en suspensión, la temperatura

ambiente y la humedad relativa. Estas variables permiten analizar el desempeño del sistema y evaluar la calidad del aire de manera objetiva.

El sistema desarrollado corresponde a un sistema electrónico de monitoreo ambiental de bajo costo, basado en el uso de sensores integrados a un microcontrolador Arduino UNO R4 WiFi. Este diseño permite la adquisición, procesamiento y transmisión de datos ambientales en tiempo real.

Elementos que constituyen el sistema

- Sensor de partículas GP2Y1010AU0F
- Sensor de temperatura y humedad DHT11
- Microcontrolador Arduino UNO R4 WiFi
- Componentes electrónicos auxiliares (resistencia y condensador)
- Plataforma de visualización (monitor serial y dashboard IoT)

Componentes electrónicos

- Sensor de partículas GP2Y1010AU0F
- Sensor de temperatura y humedad DHT11
- Arduino UNO R4 WiFi
- Resistencia de 150 Ω
- Condensador electrolítico de 220 μF
- Protoboard
- Cables de conexión (jumper)

Software

- Arduino IDE
- Librerías para el sensor DHT11

- Plataforma IoT Ubidots

El sensor GP2Y1010AU0F opera mediante el principio de dispersión de luz infrarroja. Internamente, cuenta con un diodo emisor infrarrojo (IRED) y un fototransistor dispuesto de forma diagonal dentro de una cámara de medición.

Cuando partículas de polvo o humo atraviesan esta cámara, la luz emitida se dispersa y es captada por el fototransistor, generando una señal eléctrica proporcional a la concentración de partículas en suspensión. Esta señal se expresa como un voltaje analógico que aumenta en función de la densidad de partículas presentes en el aire (Sharp Corporation, 2006).

El sensor funciona mediante pulsos controlados del LED infrarrojo, con una duración aproximada de 0,32 ms dentro de un ciclo de 10 ms, lo que optimiza el consumo energético y mejora la estabilidad de la medición.

Integración del sensor GP2Y1010AU0F

El microcontrolador Arduino UNO R4 WiFi cumple las siguientes funciones:

- Generar el pulso de activación del LED infrarrojo
- Leer la señal analógica del sensor
- Convertir la señal a voltaje
- Estimar la concentración de partículas

Para mejorar la estabilidad del sistema, se incorporó un condensador de 220 μ F y una resistencia de 150 Ω , lo que reduce interferencias y mejora la calidad de las lecturas.

Conexión del sensor GP2Y1010AU0F

La conexión del sensor se realizó conforme a especificaciones técnicas del fabricante.

Asignación de pines:

- VCC $\rightarrow$ 5 V del Arduino
- S-GND $\rightarrow$ GND

- Vo → Entrada analógica (A0)
- LED → Pin digital (ej. D7) con resistencia de 150 Ω
- V-LED → 5 V
- LED-GND → GND
- Condensador de 220 μF entre V-LED y GND

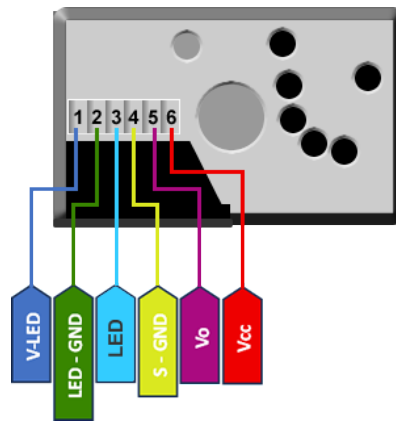


Figura 1
Asignación de pines del sensor GP2Y1010AU0F
Nota. Elaboración propia.

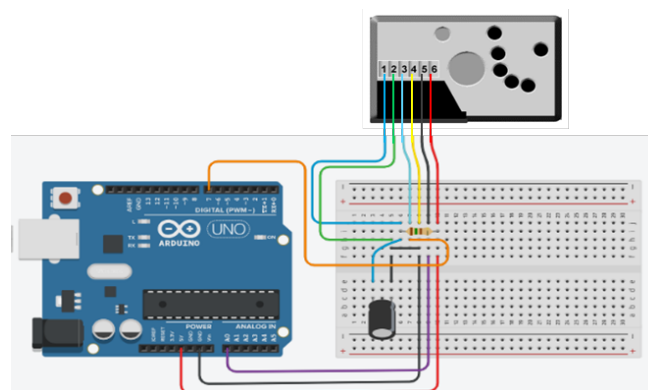


Figura 2
Diagrama de conexión sensor GP2Y1010AU0F con ARDUINO
Nota. Elaboración propia.

La lectura del voltaje se realiza inmediatamente después del pulso del LED, momento en el cual la señal es más estable, mejorando la precisión de la medición.

El sensor DHT11 fue incorporado para medir temperatura y humedad relativa, variables que influyen directamente en la calidad del aire y en el comportamiento del sensor de partículas.

Conexión del DHT11

- VCC $\rightarrow$ 5 V
- GND $\rightarrow$ GND
- DATA $\rightarrow$ Pin digital (ej. D2)

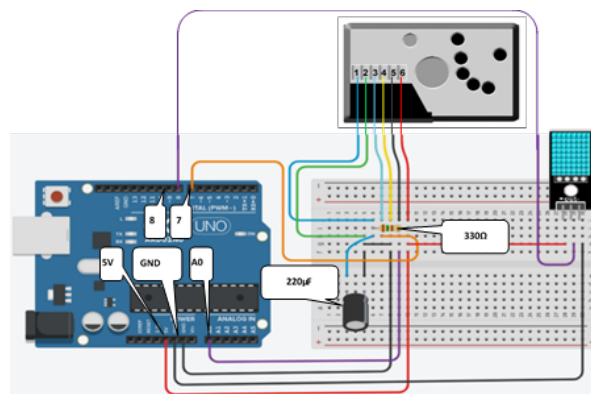


Figura 3

Diagrama de conexión sistema completo, incluye sensor de Temperatura y Humedad DHT11

Nota. Elaboración propia.

El sensor utiliza comunicación digital de un solo hilo y requiere un intervalo mínimo de lectura de 1 segundo para garantizar estabilidad.

El sistema opera mediante un algoritmo cíclico.

1. Inicialización del sistema
2. Configuración de pines y conexión WiFi
3. Lectura de temperatura y humedad
4. Activación del sensor de partículas

5. Lectura de voltaje
6. Conversión a concentración de partículas
7. Almacenamiento y visualización de datos
8. Repetición del ciclo

Este proceso permite el monitoreo continuo en tiempo real.

La transmisión de datos se realiza mediante Wi-Fi utilizando el protocolo MQTT, seleccionado por su eficiencia en entornos IoT.

Las variables transmitidas incluyen:

- Concentración de partículas
- Pico de partículas
- Voltaje del sensor
- Voltaje base

Los datos son enviados a la plataforma Ubidots para su almacenamiento y análisis.

La visualización se realiza mediante un dashboard en Ubidots, que incluye:

- Gráficos de líneas (evolución temporal)
- Indicadores tipo gauge
- Widgets numéricos

Esto permite interpretar el comportamiento del sistema y analizar la relación entre variables.

Consideraciones metodológicas

- Las mediciones del sensor de partículas son estimaciones dependientes de calibración.
- La humedad relativa influye en las lecturas, por lo que se integra el DHT11.

- El sistema corresponde a un prototipo educativo escalable.

Durante el periodo de monitoreo, la concentración estimada de partículas en suspensión presentó valores comprendidos entre 2 y 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, con picos puntuales cercanos a 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, seguidos de descensos progresivos hasta valores próximos a 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

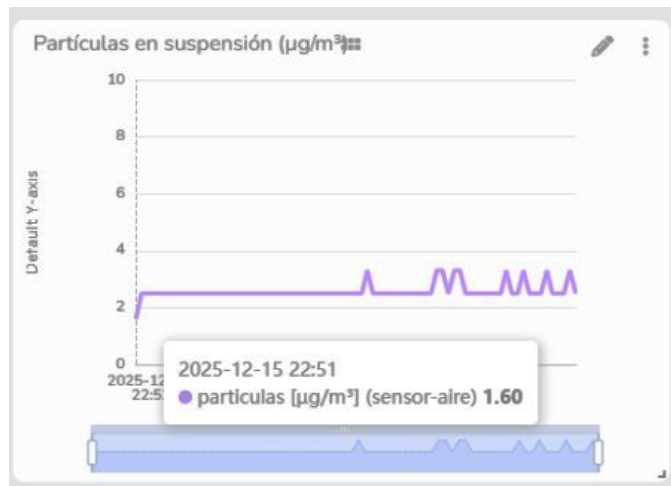


Figura 4

Evolución temporal de la concentración estimada de partículas en suspensión ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) registrada por el sistema IoT.

Nota. Elaboración propia.

El comportamiento observado evidencia una variación dinámica pero controlada, sin incrementos abruptos ni sostenidos que sugieran episodios de contaminación significativa. La tendencia descendente registrada en determinados intervalos puede atribuirse a procesos naturales de dispersión de partículas en el ambiente. Por su parte, los incrementos puntuales al final del registro podrían estar relacionados con perturbaciones locales del aire o acumulaciones momentáneas de micro-partículas.

El voltaje de salida del sensor GP2Y1010AU0F se mantuvo en un rango aproximado de 0.27 V a 0.29 V, evidenciando una relación directa con las variaciones observadas en la concentración estimada de partículas.

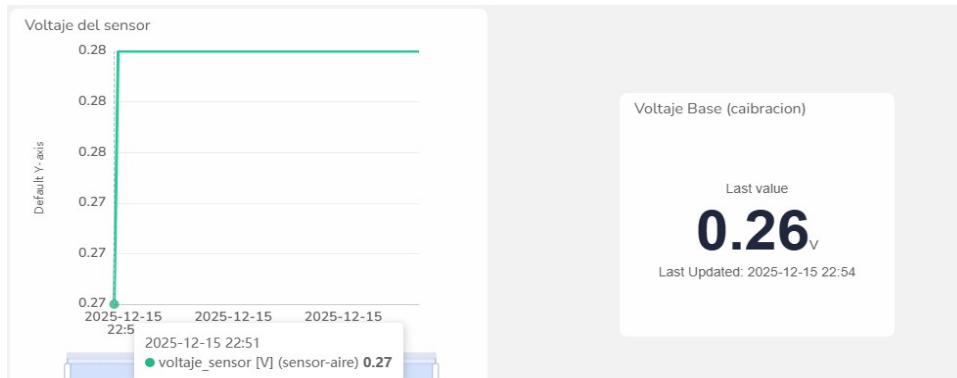


Figura 5
Comportamiento del voltaje de salida del sensor GP2Y1010AU0F y voltaje base de calibración.
Nota. Elaboración propia

Se observa que los incrementos en el voltaje del sensor coinciden temporalmente con aumentos en la concentración de partículas, lo que confirma la coherencia entre la señal eléctrica y la variable ambiental medida.

El voltaje base de calibración, establecido en 0.26 V, permaneció constante durante todo el periodo de monitoreo, lo que evidencia la estabilidad del sistema y la adecuada configuración del proceso de calibración.

Durante el periodo de medición, la temperatura ambiente se mantuvo alrededor de 28 °C, mientras que la humedad relativa alcanzó valores elevados cercanos al 75%.

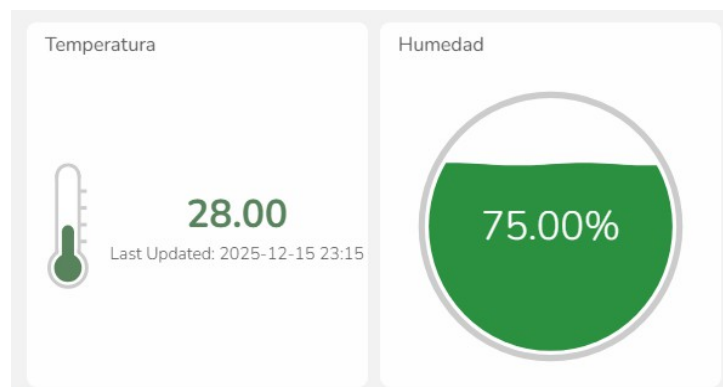


Figura 6
Valores de temperatura ambiente (°C) y humedad relativa (%) registrados durante el monitoreo.
Nota. Elaboración propia.

Estas condiciones ambientales resultan relevantes para la interpretación de los datos, ya que una alta humedad relativa puede influir en la respuesta de los sensores ópticos, incrementando la dispersión de la luz infrarroja y generando posibles sobreestimaciones en la medición de partículas.

No obstante, a pesar de estas condiciones, los niveles de partículas registrados se mantuvieron en rangos bajos, lo que sugiere que el ambiente monitoreado presentó una calidad de aire favorable durante el periodo de estudio.

Los resultados obtenidos permiten establecer una relación coherente entre las variables medidas y el comportamiento del sistema, lo que será analizado en profundidad en la sección de discusión.

Comparación con niveles de referencia de $PM_{2.5}$

Para contextualizar los valores obtenidos, se emplearon niveles de referencia de concentración de material particulado fino ($PM_{2.5}$) ampliamente utilizados en estudios de calidad del aire:

Tabla 2

Niveles de referencia de calidad del aire basados en $PM_{2.5}$

Nivel de calidad del aire	Referencia ($PM_{2.5}$ real)
Aire muy limpio (interior)	0 – 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Aire urbano normal	10 – 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Contaminación moderada	25 – 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Contaminación alta	> 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Nota. Adaptado de estándares de calidad del aire utilizados en estudios ambientales.

Los valores estimados por el sistema desarrollado se ubicaron consistentemente dentro del rango correspondiente a aire muy limpio (0–

5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), lo que indica que, durante el periodo de monitoreo, el entorno evaluado no presentó niveles significativos de contaminación atmosférica.

Es importante señalar que estos rangos corresponden a mediciones certificadas de $\text{PM}_{2.5}$; sin embargo, su uso en este estudio permite establecer una referencia comparativa válida, facilitando la interpretación de los datos obtenidos mediante sensores de bajo costo.

La coherencia observada entre el voltaje del sensor, la estimación de partículas y su representación en el dashboard en tiempo real constituye un indicador sólido del correcto funcionamiento del sistema.

Los picos leves registrados no alcanzan niveles asociados a condiciones de aire urbano normal o contaminación moderada, lo que sugiere que las variaciones detectadas corresponden a fluctuaciones naturales del entorno, más que a la presencia de fuentes significativas de emisión contaminante.

Este comportamiento es consistente con el principio de funcionamiento del sensor GP2Y1010AU0F y con lo reportado en la literatura sobre sensores ópticos de bajo costo, los cuales presentan alta sensibilidad a cambios relativos en la concentración de partículas, pero limitaciones en la precisión absoluta.

La humedad relativa elevada ($\approx 75\%$) representa un factor crítico en la interpretación de los resultados. Diversos estudios han demostrado que la presencia de humedad puede generar una sobreestimación en la concentración de partículas debido a la absorción de agua por partículas higroscópicas, lo que incrementa la dispersión de la luz en sensores ópticos.

No obstante, a pesar de esta condición, los valores registrados se mantuvieron dentro del rango de aire muy limpio, lo que refuerza la confiabilidad del sistema en condiciones ambientales variables. Este resultado sugiere que el prototipo presenta un comportamiento estable frente a la influencia de la humedad, aunque se recomienda considerar este factor en futuros procesos de calibración.

El sistema desarrollado demuestra ser una herramienta funcional y accesible para el monitoreo ambiental preliminar, especialmente en contextos donde no existen estaciones oficiales de medición.

Entre sus principales alcances destacan:

- Capacidad de monitoreo en tiempo real
- Integración con plataformas IoT
- Bajo costo de implementación
- Facilidad de replicación en entornos educativos

Sin embargo, el sistema presenta limitaciones inherentes al uso de sensores de bajo costo, tales como:

- Dependencia de procesos de calibración
- Sensibilidad a variables ambientales (humedad y temperatura)
- Limitada precisión para mediciones normativas

Estas características coinciden con lo reportado en la literatura, donde los sistemas low-cost son ampliamente reconocidos como herramientas útiles para monitoreo exploratorio, pero no como sustitutos de estaciones certificadas.

Los resultados obtenidos evidencian el potencial de los sistemas IoT de bajo costo como herramientas para la democratización del monitoreo ambiental. En contextos como La Troncal, donde existe limitada infraestructura de monitoreo, este tipo de soluciones permite generar información local relevante para la toma de decisiones.

Asimismo, el sistema contribuye al fortalecimiento de la educación ambiental, al permitir que estudiantes y comunidades comprendan la dinámica de la calidad del aire y su relación con factores ambientales y actividades humanas.

En este sentido, el prototipo desarrollado no solo cumple una función técnica, sino también formativa y social, alineándose con enfoques contemporáneos de ciencia ciudadana y tecnologías accesibles.

Los hallazgos obtenidos permiten comprender el comportamiento del sistema en condiciones reales y evidencian su potencial como herramienta de monitoreo ambiental accesible.

Conclusiones

El presente estudio permitió diseñar, implementar y evaluar un sistema de monitoreo ambiental en tiempo real basado en tecnologías de Internet de las Cosas (IoT), orientado a la estimación de partículas en suspensión y al registro de variables ambientales complementarias como la temperatura y la humedad. Los resultados obtenidos evidencian que el sistema presenta un comportamiento estable y coherente, cumpliendo con el propósito de desarrollar un prototipo funcional para el monitoreo preliminar y educativo de la calidad del aire.

Desde el punto de vista técnico, se logró integrar de manera efectiva el sensor óptico GP2Y1010AU0F con el microcontrolador Arduino UNO R4 WiFi, obteniendo lecturas consistentes del voltaje de salida y una estimación confiable de la concentración relativa de partículas. Este resultado respalda la viabilidad del uso de sensores de bajo costo en aplicaciones académicas y exploratorias de monitoreo ambiental.

La incorporación del sensor DHT11 permitió registrar simultáneamente la temperatura ambiente y la humedad relativa, variables que influyen directamente en la dinámica del material particulado y en la respuesta de los sensores ópticos. Esto aportó mayor contexto al análisis de los datos y permitió interpretar con mayor precisión el comportamiento del sistema.

La implementación de un proceso de calibración basado en un voltaje de referencia, junto con un algoritmo de retención de picos, facilitó la identificación de variaciones puntuales en la concentración de partículas, mejorando el análisis temporal y la comprensión de eventos transitorios en el entorno monitoreado.

En términos de conectividad, la transmisión de datos mediante el protocolo MQTT hacia la plataforma Ubidots se realizó de forma continua y confiable, permitiendo la visualización en tiempo real a través de un dashboard interactivo. Esto evidencia la correcta integración del sistema dentro de un entorno IoT funcional y escalable.

El análisis de los datos mostró que las concentraciones estimadas de partículas en suspensión se mantuvieron dentro del rango correspondiente a aire muy limpio ($0\text{--}5\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$), de acuerdo con niveles de referencia de $\text{PM}_{2.5}$. Este comportamiento sugiere que, durante el periodo de

monitoreo, no se registraron episodios relevantes de contaminación en el entorno evaluado.

La coherencia observada entre el voltaje del sensor, la estimación de partículas y las condiciones ambientales registradas confirma el funcionamiento integral del sistema. En este sentido, el prototipo desarrollado se configura como una herramienta útil para el monitoreo ambiental preliminar y como apoyo en procesos de enseñanza-aprendizaje en el ámbito de la ingeniería y las tecnologías IoT.

Referencias bibliográficas

- Aguero, D. (2025, abril 21). *Sensor MQ135: Guía y uso del sensor MQ-135. Mi Arduino*. <https://todoarduino.click/sensor-mq135/>
- Alimo, P., Lartey-Young, G., Agyeman, S., Akintunde, T., Kyere-Gyeabour, E., Krampah, F., & Afolabi, O. (2024). Spatial distribution and policy implications of the exhaust emissions of two-stroke motorcycle taxis: A case study of southwestern state in Nigeria. *Journal of the Nigerian Society of Physical Sciences*, 6(2). <https://doi.org/10.46481/jnsps.2024.1898>
- Antolín-Cañada, D., Pérez-Cebolla, F. J., Eneriz, D., Calvo, B., & Medrano, N. (2024). Remote low-cost differential isolated probe for voltage measurements. *Applied Sciences*. <https://doi.org/10.3390/app14020589>
- AQI. (2025). *Índice de calidad del aire (ICA) en tiempo real*. <https://www.aqi.in/es>
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (1992). *Toxicological profile for methyl mercaptan*. <https://wwwn.cdc.gov/TSP/ToxProfiles/ToxProfiles.aspx?id=224&tid=40>
- Brauer, M., Casadei, B., Harrin, R. A., Kovacs, R., & Sliwa, K. (2021). Taking a stand against air pollution—The impact on cardiovascular disease. *JACC*, 77(13), 1684–1687. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2020.12.003>

- Carrasco Fuentes, T. (2024). *Construcción e implementación de dispositivos de monitoreo PM2.5 de bajo costo*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Chavez, M. C., Vázquez, L., Hernández García, Y., Toquinto Manjarrez, F. Y., Williams, E., Vázquez Gálvez, F. A., & Li, W.-W. (2021). *Low-cost air sensor study in the Paso del Norte*. Texas Commission on Environmental Quality.
- Crespo Cabrera, D. S. (2022). *Concentración del material particulado sedimentable en la zona urbana de La Troncal* (Trabajo de titulación). Universidad de Especialidades Espíritu Santo.
- Domenech-López, F., Lorenzo-Acosta, Y., Lorenzo-Izquierdo, M., & Esquivel-Baró, L. (2011). Diagnóstico preliminar de las emisiones gaseosas en la industria azucarera. *ICIDCA*, 45(3), 30–37.
- EMQX Docs. (2024). *What is EMQX?*
<https://docs.emqx.com/en/emqx/v5.1/>
- Flood-Garibay, J. A., Méndez-Rojas, M. Á., & Pérez-Cortés, E. J. (2020). Sistema inmune respiratorio y contaminación aérea. *Revista Médica del IMSS*, 57(3).
- Gómez-Delgado, F., Raya-Cruz, M., Romero-Cabrera, J. L., & Pérez-Martínez, P. (2025). Contaminación ambiental y salud cardiovascular. *Clínica e Investigación en Arteriosclerosis*.
<https://doi.org/10.1016/j.arteri.2025.500802>
- González Chavarría, J. (2024). *Descubriendo el aire que respiramos: Arduino y MQ-135*. Tecneu.
- Guerbaoui, M., El Faiz, S., Ed-Dahhak, A., Lachhab, A., Benhala, B., Bakziz, Z., & Selmani, A. (2025). From data to decisions: IoT environmental monitoring. *E3S Web of Conferences*.
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202560100008>
- Hayashi Granja, F. M. (2022). *Análisis del nivel de contaminación atmosférica por motocicletas en Quito* (Tesis). UIDE.

- ICSC. (2018). *International chemical safety cards*.
<https://chemicalsafety.ilo.org/>
- INEC. (2024). *Proyecciones poblacionales del Ecuador*.
<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/>
- Isaac. (2024). *MQ-135: sensor de calidad del aire*. HWLibre.
- Kelly, K. E., et al. (2017). Evaluation of a low-cost particulate matter sensor. *Environmental Pollution*, 221, 491–500.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.12.039>
- MakerGuides. (2024). *Dust sensor GP2Y1010AU0F with Arduino*.
<https://www.makerguides.com/>
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2023). *Política Nacional de Movilidad Urbana Sostenible del Ecuador (2023–2030)*.
- Moscoso-Vanegas, D. L., et al. (2019). Efecto fitotóxico del material particulado. *Iteckne*, 16(1).
<https://doi.org/10.15332/iteckne.v16i1.2157>
- Nowell, H. K., et al. (2022). Impacts of sugarcane fires on air quality. *Environmental Health Perspectives*, 130(8).
<https://doi.org/10.1289/EHP9957>
- OMS. (2021). *WHO global air quality guidelines*. World Health Organization.
- Rojas, F., Pacsi-Valdivia, S., & Sánchez-Ccoyll, O. (2022). Influencia meteorológica en PM2.5. *Información Tecnológica*.
<https://doi.org/10.4067/S0718-07642022000300223>
- Roncal-Jiménez, C., et al. (2024). Sugarcane ash and kidney disease. *American Journal of Physiology*.
<https://doi.org/10.1152/ajprenal.00251.2023>
- Sabando Fajardo, E. G., & Noboa Vásquez, D. R. (2020). *Quema de caña y síntomas respiratorios*. Universidad de Guayaquil.
- Saikia, R. R. (2023). *IoT integration with EMQX and InfluxDB*. CloudThat.

- Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2024). *Normativa de emisiones vehiculares*.
- Shi, L., et al. (2020). Air pollution and neurological disorders. *The Lancet Planetary Health*, 4(12).
- Stem, A. D., et al. (2024). Health burden of sugarcane burning. *Inhalation Toxicology*. <https://doi.org/10.1080/08958378.2024.2316875>
- Trevisan, I. B., et al. (2019). Burnt sugarcane and respiratory symptoms. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*.
- TULSMA. (2017). *Norma de calidad del aire ambiente*. Ecuador.
- Ubidots. (2025). *Plataforma IoT*. <https://es.ubidots.com/platform>
- Wei, F., et al. (2022). Air pollution and depression. *Science of The Total Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.1499>
- Yitshak Sade, M., et al. (2023). Air pollution and diabetes risk. *Environmental Pollution*. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121056>

Análisis experimental de parámetros eléctricos en circuitos de corriente continua para un sistema de control de acceso automatizado: Estudio de caso en la Unidad Educativa "Nela Martínez Espinosa"

Axel Geovanny Campoverde Rivera

Unidad Educativa Nela Martínez Espinosa, La Troncal, Ecuador

Flor María Argudo Toral

Unidad Educativa Nela Martínez Espinosa
La Troncal, Ecuador flormat65@gmail.com

Cristian Alfonso Toledo Vásquez

Universidad Católica de Cuenca. La Troncal, Ecuador
ORCID: 0000-0003-2976-316X, morellanap@ucacue.edu.ec

Marcos Giovanny Orellana Parra

Universidad Católica de Cuenca. La Troncal, Ecuador
ORCID: 0000-0003-2976-316X, morellanap@ucacue.edu.ec

Introducción

La incorporación de sistemas automatizados de control de acceso en instituciones educativas responde a una necesidad cada vez más visible: regular el ingreso de personas, proteger las instalaciones y ofrecer condiciones más seguras para estudiantes, docentes y personal administrativo. Estos sistemas integran sensores, unidades de procesamiento, dispositivos de conmutación y actuadores cuya operación depende de una alimentación eléctrica estable. La corriente continua constituye la base de funcionamiento de buena parte de estos componentes, desde los microcontroladores y lectores de autenticación hasta los mecanismos que accionan la apertura y el cierre de las puertas (Rodríguez R. A., 2024).

En la Unidad Educativa "Nela Martínez Espinosa", la instalación de un sistema electrónico para automatizar la apertura de puertas constituye una mejora en el control del acceso a la institución; no obstante, la presencia física de los equipos no es suficiente para garantizar el funcionamiento confiable, para ello es necesario comprobar que la fuente de alimentación, los conductores, el controlador, los sensores, el módulo de relé y el

actuador trabajen dentro de los rangos previstos. Una caída de tensión, una conexión deficiente o una demanda de corriente superior a la capacidad de la fuente de poder pueden provocar respuestas erróneas, apertura o cierre incompletos o interrupciones del servicio.

Los circuitos de corriente continua están constituidos por la interconexión de componentes que cumplen funciones específicas para el funcionamiento óptimo del equipo esto es conducción, almacenamiento, regulación, conmutación y protección, dentro de estos elementos se encuentran resistencias, condensadores, inductores, diodos, transistores u otros cuya selección y disposición determinan el comportamiento global del sistema (Braga, 2019). El análisis de la tensión, la corriente y la resistencia permite verificar la correspondencia entre el diseño teórico y el funcionamiento real del circuito, estudio sujeto a los principios establecidos en La Ley de Ohm, expresada mediante la relación ($V=R/I$), así como las leyes de Kirchhoff, vinculadas a la conservación de la carga y la energía, parámetros que proporcionan los criterios para interpretar las mediciones y localizar posibles fallos (Gallegos & Bravo, 2023).

La caracterización eléctrica adquiere especial relevancia durante la activación del sistema electrónico para apertura o cierre; esto cuanto, es aquí donde se puede experimentar el mayor consumo de corriente; es necesario entonces, medir la caída de tensión en distintos puntos, analizar el consumo de corriente de los sensores y del actuador, comprobar la resistencia de los conductores y observar la estabilidad de la fuente de poder para determinar si los componentes trabajan de manera correcta, este procedimiento facilita también la identificación de conexiones incorrectas, pérdidas eléctricas, sobrecargas u otras condiciones que, con el tiempo podrían reducir la vida útil de los dispositivos.

La comprensión de estos parámetros resulta necesaria para el diseño, la implementación y el mantenimiento de sistemas electrónicos confiables y eficientes (Manya, 2024). En una institución educativa, donde una falla puede impedir el acceso autorizado o poner en riesgo el control de quien ingresa o sale de la misma, se convierte imperiosa la verificación experimental como una medida preventiva para anticiparse a los fallos del sistema.

Automatizar el sistema de acceso responde también a cambios en la gestión de la seguridad institucional, el control de quien ingresa o sale deja

de efectuarse de manera mecánico-manual con lo que se reduce la intervención directa del ser humano, además de permitir una mayor eficiencia en el flujo de personas. Su adopción se relaciona con la búsqueda de soluciones capaces de combinar seguridad, rapidez y comodidad de uso (Rodríguez L. A., 2024). Sin embargo, estos beneficios dependen de que la tecnología se integre adecuadamente en las prácticas cotidianas de la institución y de que sus usuarios conozcan el procedimiento de operación.

La aceptación del sistema no está determinada únicamente por su desempeño técnico, en la actualidad la tecnología forma parte de la vida contemporánea y ha modificado las expectativas respecto de la seguridad, la eficiencia y la calidad de los servicios institucionales (Brinkmann, 2024; Pino, 2020). A pesar de ello, la incorporación de nuevos dispositivos puede generar resistencia, dudas o dificultades de adaptación, por esta razón, es necesaria la evaluación del sistema desde el punto de vista eléctrico así como también desde la percepción de quienes interactúan con él.

Elementos del lugar de instalación como las condiciones físicas y ambientales pueden incidir también en el desempeño del circuito: la humedad, el polvo, la temperatura, la longitud del cableado y la disposición de los espacios afectan la resistencia de los conductores, la estabilidad de las conexiones y la durabilidad de los componentes, es por ello que deben examinarse estos factores durante la instalación y el mantenimiento, dado que un diseño en el plano teórico puede mostrar limitaciones cuando se enfrenta a las condiciones reales del entorno.

Desde esta perspectiva, el presente estudio analiza experimentalmente los principales parámetros eléctricos del sistema de control de acceso implementado en la Unidad Educativa “Nela Martínez Espinosa”, se estudia la tensión en distintos puntos del circuito, la corriente demandada durante los estados de reposo y activación, la resistencia de conductores y conexiones, la potencia consumida y la estabilidad de la fuente de alimentación. Estos resultados se comparan con los valores nominales y se complementan con una evaluación funcional dirigida a conocer la percepción de los usuarios sobre la seguridad, la fiabilidad, la facilidad de uso y el tiempo de respuesta.

La investigación busca establecer si el sistema instalado trabaja de manera correcta y si sus componentes mantienen una relación eléctrica adecuada

con las exigencias del control de acceso, más allá de describir una instalación, pretende aportar evidencia técnica sobre el comportamiento y señalar los ajustes necesarios para sostener un servicio seguro, eficiente y continuo.

Fundamentación teórica

Corriente Continua (CC). - La corriente continua (CC) es la carga eléctrica que viaja solo en la misma dirección a través de un conductor, a diferencia de la corriente alterna (CA), la magnitud de la corriente para CC puede ser la misma o diferente, pero su polaridad no cambia (Garrido, 2024). La CC es la fuente principal de energía en el desarrollo de sistemas electrónicos, proporcionando una fuente de energía estable y predecible para la mayoría de los componentes activos y pasivos.

Circuito Eléctrico. - El circuito eléctrico es un circuito con un camino cerrado para transportar electrones (Seippel, 2021). Contiene una fuente de energía (batería/fuente de alimentación CC), conductores (cables) y componentes que consumen o controlan esas fuerzas (resistencias, condensadores, inductores, interruptores). Un circuito puede ser simple o complejo, y su análisis se realiza para determinar la interacción de las corrientes, voltajes y resistencias dentro del circuito. (Gómez, 2024).

Parámetros Eléctricos. - Las magnitudes físicas que describen el comportamiento de la electricidad en un circuito se conocen como parámetros eléctricos, en los circuitos de CC, los parámetros clave incluyen:

Voltaje (V). - El voltaje, también llamado diferencia de potencial o fuerza electromotriz (FEM), mide la "presión" que empuja los electrones a través de un circuito, también se conoce como la cantidad de energía potencial por unidad de carga, su unidad de medida es el Voltio [V]. (Floyd, 2007). Matemáticamente se calcula a través de la ecuación:

$$V = \frac{W}{Q}$$

Donde:

V = voltaje en voltios [V].

W = energía en julios [J].

Q = carga eléctrica en coulomb [C].

Corriente (I). - La corriente eléctrica se define como el flujo de carga eléctrica a través de un medio conductor. Su unidad de medida es el amperio (A), Un amperio es la cantidad de corriente que existe cuando cierto número de electrones, cuya carga total es de un coulomb (1 C), pasa por un área de sección transversal dada en un segundo (1 s). (Floyd, 2007). Matemáticamente se expresa como:

$$I = \frac{Q}{t}$$

Donde:

I = corriente en amperes [A]

Q = carga en coulomb [C]

t = tiempo en segundos [s]

Resistencia (R). - La resistencia se encuentra presente en todos los materiales que tienen capacidad de conducir corriente eléctrica, y se define como la oposición al paso de la corriente, esta resistencia depende del tipo de material. (Floyd, 2007). Su unidad de medida es el ohmio [Ω].

Ley de Ohm. - Establece que, para una corriente constante en un circuito, su intensidad es directamente proporcional a la f.e.m. total aplicada al circuito (Voltaje) e inversamente proporcional a la resistencia total del mismo. (Cevallos, 1996) Matemáticamente se expresa como:

$$I = \frac{V}{R}$$

Donde:

I = corriente en amperes [A]

V = voltaje en voltios [V]

R = resistencia en ohmios [Ω]

Potencia (P). - La potencia eléctrica es la tasa de transferencia de energía eléctrica en un circuito eléctrico, su unidad de medida es el vatio [W]. Se calcula utilizando las fórmulas:

$$P = V \times I$$

$$P = I^2 \times R$$

$$P = \frac{V^2}{R}$$

Donde:

P = potencia en vatios o watts [W]

V = voltaje en voltios [V]

I = corriente en amperes [A]

R = resistencia en ohmios [Ω]

Dispositivo electrónico para control de acceso

Un sistema de control de acceso electrónico es cualquier dispositivo y software que se utiliza para controlar y limitar el acceso a un área específica. Estos sistemas suelen estar constituidos por lectores de credenciales con tarjetas magnéticas, reconocimiento de huella dactilar o facial, además de una unidad de control central y elementos de actuación como electroimanes, motores, solenoides, y similares que activan un pestillo que brinda o niega acceso, estos dispositivos operan con energía de corriente continua (CC).

Características de los circuitos de Corriente Continua en sistemas de control de acceso.

Los sistemas de control de acceso que operan con corriente continua, tienen una gama de características únicas que son importantes considerar para su diseño y operación:

Estabilidad y Fiabilidad. - La corriente continua (CC) garantiza un suministro de energía confiable, esencial para asegurar el funcionamiento ininterrumpido de los componentes críticos en el sistema de control de acceso, cualquier volatilidad en la energía suministrada puede provocar errores de lectura, fallos en la comunicación o mal funcionamiento de los

actuadores; en este contexto, la estabilidad y la fiabilidad del sistema dependen directamente de la correcta polaridad de la alimentación, ya que todos los elementos del sistema operan según esta condición. Una ubicación incorrecta de los polos puede impedir el funcionamiento de los dispositivos o, en algunos casos, causar daños irreversibles, afectando el adecuado desempeño del sistema; por ello, la polaridad debe estar debidamente identificada, especialmente porque componentes como diodos, transistores, capacitores y otros requieren una conexión precisa para operar de manera eficiente y garantizar la fiabilidad del conjunto.

Bajo voltaje en componentes electrónicos. - La mayoría de los componentes electrónicos que se utilizan en sistemas de control de acceso (microcontroladores, sensores, lectores) funcionan con voltajes de corriente continua relativamente bajos (3.3[V], 5[V], 12[V], 24[V]), particularidad que no solo minimiza el riesgo de descarga eléctrica, sino que también contribuye directamente a la estabilidad y fiabilidad del sistema, al reducir el estrés térmico y las exigencias sobre los aislamientos; además, los dispositivos actuales que funcionan con estos niveles de voltaje suelen ser de tamaño reducido y con una gran robustez operativa, lo que refuerza su desempeño en entornos exigentes y facilita su integración en diseños compactos sin comprometer la fiabilidad del conjunto.

Conversión de energía. - Todo sistema electrónico requiere una fuente de alimentación primaria, que normalmente es de corriente alterna (AC), en el caso de este estudio, dicha fuente corresponde a la red eléctrica nacional de Ecuador, cuya tensión de suministro es de 110 [V]; no obstante, para la operación adecuada de los sistemas electrónicos, es necesario emplear convertidores de energía AC a CC, con el fin de alcanzar los niveles de tensión adecuados y garantizar la estabilidad energética requerida por los componentes. Esta conversión no solo asegura una alimentación limpia y regulada, sino que también constituye la base para mantener la fiabilidad del sistema en condiciones normales de operación; así mismo, se contempla la incorporación de elementos de respaldo, como baterías (CC), que permiten la continuidad del servicio ante fallos o interrupciones del suministro principal, reforzando así la fiabilidad global del conjunto y minimizando los riesgos operativos.

Consumo de energía. - El consumo energético constituye un factor crítico en un sistema de control de acceso, particularmente cuando opera con

baterías de respaldo; en estas condiciones, resulta imprescindible analizar los parámetros eléctricos del conjunto para determinar el consumo total de energía, lo que permitirá dimensionar de forma adecuada tanto la fuente de alimentación como la batería auxiliar. Un cálculo preciso del consumo no solo asegura la estabilidad del suministro durante periodos prolongados, sino que también contribuye directamente a la fiabilidad del sistema, al evitar caídas de tensión, sobrecargas o interrupciones inesperadas que puedan comprometer la operatividad de los componentes críticos; de esta manera, se garantiza un respaldo energético eficiente y acorde con las exigencias reales del sistema.

Roles funcionales de los parámetros eléctricos habilitantes en el diseño y operación del sistema

El análisis experimental de los parámetros eléctricos desempeña funciones esenciales en el diseño, implementación y mantenimiento del sistema de control de acceso, ya que permite garantizar tanto la estabilidad operativa como la fiabilidad a largo plazo del conjunto; a continuación, se detallan sus principales roles:

a) Dimensionamiento de componentes. - Con un conocimiento preciso de los valores de voltaje y corriente requeridos entre los distintos elementos del sistema (microcontrolador, relé, electroimán, sensor, etc.), es posible seleccionar componentes adecuados que sean capaces de soportar las cargas eléctricas sin sobrecalentarse ni fallar, asegurando así la fiabilidad del hardware en condiciones reales de operación.

b) Optimización del consumo energético. - La energía consumida por cada subsistema y por el sistema en su conjunto puede calcularse midiendo corriente y voltaje en diversos puntos del circuito. Esta información resulta clave para identificar componentes de alto consumo que puedan ser reemplazados por alternativas más eficientes, así como para dimensionar correctamente las fuentes de alimentación y las baterías de respaldo, contribuyendo directamente a la estabilidad del suministro energético.

c) Detección y diagnóstico de fallas. - Cuando las lecturas de voltaje, corriente o resistencia no son coherentes con los valores esperados, es posible detectar fallas en el circuito, tales como cortocircuitos, circuitos abiertos, componentes defectuosos o conexiones incorrectas, un

diagnóstico temprano de estas anomalías refuerza la fiabilidad del sistema al prevenir interrupciones no planificadas.

d) Seguridad eléctrica. - El monitoreo continuo de los parámetros eléctricos ayuda a garantizar que el sistema opere dentro de los límites de seguridad establecidos, previniendo sobrecargas, sobrecalentamientos y riesgos de incendio o daños a los equipos; al mismo tiempo, permite determinar los fusibles y protectores de sobrecorriente más adecuados según los parámetros de rendimiento, asegurando la estabilidad del sistema ante eventuales perturbaciones.

e) Calibración y ajuste del sistema. - En ciertos escenarios, es necesario ajustar los parámetros eléctricos para asegurar un comportamiento correcto del sistema; por ejemplo, el voltaje de alimentación de un sensor puede requerir un ajuste fino para que sus lecturas sean precisas, o la corriente de un motor podría controlarse para regular la velocidad o la fuerza al accionar una puerta. Estos ajustes periódicos garantizan la fiabilidad funcional del sistema en el tiempo.

f) Verificación del cumplimiento de especificaciones. - Mediante un análisis experimental riguroso, se examinan las condiciones operativas para que el sistema de control de acceso electrónico cumpla con las especificaciones de diseño, tanto en términos de consumo energético en puntos críticos como en niveles de voltaje, corriente y rendimiento general. Esta verificación constituye el paso inicial para la validación del prototipo y su posterior implementación definitiva, sentando las bases de la estabilidad del sistema final.

Aplicación: Unidad Educativa "Nela Martínez Espinosa"

En el contexto particular de la Unidad Educativa "Nela Martínez Espinosa", el análisis experimental de los parámetros eléctricos del sistema de control de acceso para la entrada automatizada de la puerta permitirá:

a) Determinar los requisitos energéticos durante la operación continua, considerando todos los elementos involucrados: lector de credenciales, unidad de control, actuador de puerta y sensores adicionales.

b) Evaluar el diseño existente desde una perspectiva de eficiencia energética, proponiendo soluciones orientadas a reducir el consumo, lo

cual resulta especialmente relevante en instituciones educativas que buscan optimizar el uso de recursos.

c) Identificar posibles zonas de falla en el circuito de corriente continua que puedan impactar la fiabilidad del sistema de control de acceso y, por ende, la seguridad de los estudiantes y el personal.

d) Verificar la compatibilidad entre los diversos componentes electrónicos, comprobando los niveles de voltaje y midiendo tensiones y corrientes en cada elemento para asegurar su correcta interoperabilidad.

e) Ajustar la respuesta del actuador de la puerta, adaptando los parámetros eléctricos para lograr una apertura y cierre suaves y efectivos, sin sobrecargar motores o solenoides.

Con todo ello, se busca diseñar un sistema eléctrico y de seguridad robusto y seguro, que ofrezca estabilidad operativa y la fiabilidad necesaria para un entorno educativo exigente, minimizando riesgos y garantizando la continuidad del servicio.

El estudio se enmarcó dentro de un enfoque cuantitativo de tipo experimental, se buscó manipular variables independientes (parámetros eléctricos como voltaje y corriente) para observar sus efectos sobre variables dependientes (funcionamiento del sistema de control de acceso y apertura de puertas). La naturaleza experimental permitió establecer relaciones de causa y efecto entre los parámetros eléctricos y el rendimiento del sistema, lo cual resulta ideal para la validación de diseños electrónicos y la optimización de su funcionamiento en condiciones controladas, garantizando así la estabilidad y fiabilidad requeridas.

El problema central abordado fue la necesidad de optimizar el rendimiento y la fiabilidad del sistema electrónico de control de acceso para la apertura automatizada de puertas en la Unidad Educativa "Nela Martínez Espinosa", esto implicó la identificación y el análisis de los parámetros eléctricos críticos que influyen en su operación, tales como la estabilidad del voltaje, el consumo de corriente de los componentes (sensores, microcontrolador, actuadores) y la respuesta del sistema ante variaciones en la alimentación eléctrica; se buscó comprender cómo estas variables afectaban la velocidad de apertura, la precisión del reconocimiento y la durabilidad de

los componentes, con el fin de garantizar un desempeño consistente en el tiempo.

Características del contexto

El contexto del estudio fue la Unidad Educativa "Nela Martínez Espinosa", una institución educativa con necesidades específicas de seguridad y control de acceso, el sistema se implementó en un entorno real, lo que implicó considerar factores como las fluctuaciones de la red eléctrica local, las condiciones ambientales (temperatura, humedad) que podrían afectar los componentes electrónicos, y el uso diario por parte de estudiantes y personal. La integración del sistema en la infraestructura existente de la unidad educativa fue un aspecto clave a considerar, así como la interacción con los usuarios finales, todo ello con miras a preservar la estabilidad operativa y la fiabilidad del sistema en condiciones reales de funcionamiento.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos, se emplearon técnicas de medición directa y observación sistemática, los instrumentos utilizados incluyeron:

- **Multímetros digitales de precisión:** Para medir voltaje (V) y corriente (A) en diferentes puntos del circuito de corriente continua. Se utilizaron multímetros con una precisión de al menos 0.1 % para asegurar la exactitud de las lecturas.
- **Osciloscopios digitales:** Para visualizar las formas de onda de voltaje y corriente, identificar ruido, picos y caídas, y analizar la estabilidad de la señal, se emplearon osciloscopios con anchos de banda adecuados para las frecuencias de operación del sistema.
- **Fuentes de alimentación reguladas:** Para proporcionar voltajes y corrientes controlados y estables al sistema durante las pruebas experimentales, permitiendo simular diferentes escenarios de operación y evaluar la robustez del sistema frente a variaciones.
- **Sensores de temperatura y humedad:** Para monitorear las condiciones ambientales en el entorno de operación del sistema, dado que estos factores pueden influir en el rendimiento de los componentes electrónicos y, por ende, en la fiabilidad del conjunto.

- **Cronómetros:** Para medir los tiempos de respuesta del sistema, como el tiempo de apertura de la puerta desde la activación del control de acceso.
- **Software de adquisición de datos:** Para registrar y analizar grandes volúmenes de datos de manera automatizada, facilitando la identificación de tendencias y anomalías que pudieran comprometer la estabilidad del sistema.
- **Listas de verificación y hojas de registro:** Para documentar sistemáticamente las observaciones cualitativas y cuantitativas durante las pruebas, incluyendo el comportamiento del sistema bajo diferentes condiciones y la ocurrencia de fallas o errores.

Se realizaron mediciones en puntos clave del circuito, como la entrada de alimentación, la salida del regulador de voltaje, los pines de alimentación del microcontrolador y los actuadores de la puerta, los datos se registraron antes, durante y después de la activación del sistema de control de acceso para capturar su comportamiento dinámico y evaluar la fiabilidad de su respuesta en cada etapa.

Procedimiento metodológico

Fase 1: Diseño experimental

Se definieron las variables independientes (voltaje de entrada, corriente de carga) y dependientes (tiempo de respuesta, consumo de energía, estabilidad operativa), se establecieron los rangos de variación para las variables independientes y los criterios de éxito para las variables dependientes, asegurando que estos últimos estuvieran alineados con los requisitos de fiabilidad del sistema.

Fase 2: Montaje y calibración

Se ensambló el sistema electrónico de control de acceso y se calibraron todos los instrumentos de medición para garantizar su precisión y repetibilidad, condición indispensable para obtener resultados confiables que respalden la estabilidad de las conclusiones.

Fase 3: Pruebas y recolección de datos

Se realizaron pruebas sistemáticas variando los parámetros eléctricos según el diseño experimental, se registraron las mediciones de voltaje, corriente, tiempos de respuesta y observaciones cualitativas, documentando cualquier desviación que pudiera afectar la fiabilidad del sistema.

Fase 4: Análisis de datos

Los datos recolectados se analizaron utilizando herramientas estadísticas para identificar correlaciones, tendencias y desviaciones, se emplearon gráficos y tablas para visualizar los resultados y facilitar su interpretación; se calculó la media, la desviación estándar y se realizaron análisis de regresión para comprender la relación entre las variables, con el fin de establecer criterios que aseguren la estabilidad y fiabilidad del sistema en condiciones operativas reales.

Implementación del sistema

La implementación experimental del sistema de control de acceso se realizó aplicando una fuente de alimentación de 12 V CC, y se procedió a medir la tensión en tres puntos críticos del circuito: a la entrada de la fuente, en la alimentación del microcontrolador y en el actuador (motor). Los resultados obtenidos se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 3. Mediciones de tensión en puntos críticos del circuito

Punto de medición	Tensión teórica (V)	Tensión medida (V)	Diferencia (%)
Fuente de entrada	12.00	11.95	0.4 %
Microcontrolador	5.00	4.96	0.8 %
Actuador (motor)	12.00	11.88	1.0 %

Fuente: Elaboración propia a partir de mediciones experimentales.

Durante las pruebas, se observó que la tensión se mantenía estable en la mayor parte del circuito, con variaciones mínimas en los nodos de conexión atribuibles principalmente a la resistencia inherente de los conductores y a

las caídas de tensión en los elementos intermedios, las diferencias porcentuales registradas (inferiores al 1 % en todos los casos) evidencian un comportamiento altamente consistente con los valores teóricos, lo que confirma que el sistema mantiene una alimentación eléctrica estable, condición indispensable para garantizar el correcto funcionamiento del control de acceso.

El estudio de caso analizó experimentalmente los parámetros eléctricos en circuitos de corriente continua para el sistema electrónico de control de acceso en la Unidad Educativa "Nela Martínez Espinosa". Se evaluaron voltajes, corrientes y resistencias con el propósito de optimizar el rendimiento y la fiabilidad del sistema de apertura automatizada de puertas, los hallazgos obtenidos permitieron identificar puntos críticos (como las conexiones del actuador y los reguladores de tensión) y proponer mejoras orientadas a la eficiencia energética y a la estabilidad operativa del conjunto.

Se midieron las caídas de tensión en diferentes secciones del circuito, las corrientes de operación de los actuadores y sensores, así como las resistencias internas de los conductores y dispositivos electrónicos, estos datos resultaron cruciales para comprender el comportamiento del sistema bajo diversas condiciones de carga y para asegurar su correcto funcionamiento a largo plazo. La baja dispersión de las mediciones respecto a los valores nominales refuerza la fiabilidad del diseño implementado y valida la idoneidad de los componentes seleccionados para el entorno educativo.

Los resultados experimentales demuestran que el sistema de control de acceso presenta una estabilidad tensional adecuada y un nivel de fiabilidad suficiente para operar de manera continua y segura en la Unidad Educativa "Nela Martínez Espinosa", cumpliendo así con los requisitos de seguridad y eficiencia planteados en el estudio.

Evaluación funcional del sistema implementado

Como parte de los resultados obtenidos, se aplicó una encuesta dirigida a recabar información sobre la efectividad, la fiabilidad y la usabilidad percibidas del sistema de control de acceso implementado en la Unidad Educativa "Nela Martínez Espinosa", así como para identificar posibles áreas de mejora, el público objetivo estuvo compuesto por 21

encuestados, incluyendo directivos (n=3), personal docente (n=15) y guardias de seguridad (n=3), seleccionados para representar las diversas perspectivas de las personas que interactúan directamente con el sistema o que se ven afectadas por su operación.

La encuesta constó de siete preguntas, cada una con tres opciones de respuesta, diseñadas para obtener retroalimentación específica sobre distintos aspectos de la implementación y el impacto del sistema en el entorno educativo, los resultados consolidados se presentan en la Tabla 2.

Tabla 4. Resultados consolidados de la encuesta de percepción del sistema de control de acceso.

N.º	Pregunta	Sí / Óptimo	Parcial / Podría mejorar	No / Insuficiente
1	¿El sistema ha mejorado la seguridad?	71,43 %	23,81 %	4,76 %
2	¿El tiempo de respuesta es adecuado?	57,14 %	38,10 %	4,76 %
3	¿El sistema ha facilitado el trabajo diario?	61,90 %	33,33 %	4,76 %
4	¿Ha presentado dificultades en el uso del sistema?	14,29 %	28,57 %	57,14 %
5	¿La capacitación recibida fue suficiente?	66,67 %	23,81 %	9,52 %
6	¿Recomendaría la implementación de este sistema en otras instituciones?	76,19 %	19,05 %	4,76 %
7	En general, ¿considera que el sistema es confiable?	80,95 %	14,29 %	4,76 %

Fuente: Elaboración propia a partir de encuestas aplicadas a la comunidad educativa.

Análisis consolidado de resultados

Los resultados obtenidos reflejan una percepción mayoritariamente positiva hacia el sistema implementado; en particular, el 71,43 % de los

encuestados considera que la seguridad ha mejorado significativamente, lo que valida uno de los objetivos principales del proyecto y refuerza la fiabilidad del sistema como herramienta de control de acceso en el entorno educativo; además el 80,95 % califica el sistema como confiable, lo que evidencia una alta aceptación y respalda la estabilidad operativa percibida por los usuarios.

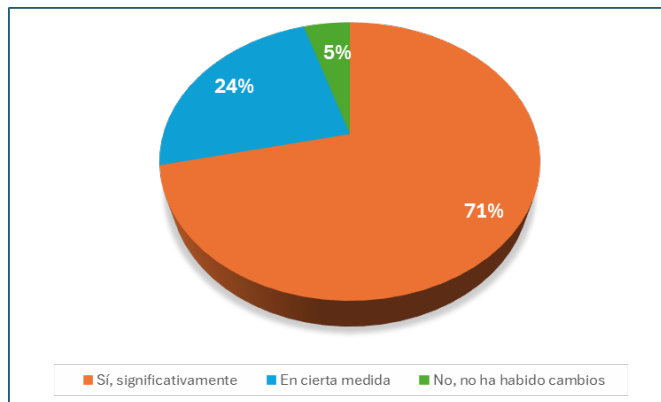
En cuanto al tiempo de respuesta, el 57,14 % lo califica como óptimo, mientras que un 38,10 % opina que podría ser más rápido, este último dato sugiere una oportunidad de mejora orientada a optimizar la estabilidad operativa mediante ajustes en los actuadores o en la lógica de control, sin comprometer la seguridad.

Respecto a la facilitación del trabajo diario, el 61,90 % de los encuestados afirma que el sistema ha agilizado sus actividades, mientras que un 33,33 % indica que no ha tenido impacto significativo y solo un 4,76 % reporta que lo ha dificultado, estos resultados indican una buena aceptación general.

En relación con las dificultades de uso, el 57,14 % manifiesta no haber presentado problemas significativos, mientras que el 28,57 % reporta dificultades ocasionales, lo que sugiere la necesidad de reforzar la capacitación y simplificar ciertos aspectos de la interfaz; precisamente, el 66,67 % de los encuestados considera que la capacitación recibida fue suficiente, aunque un 23,81 % la califica como parcialmente adecuada, lo que abre una línea de acción para fortalecer los procesos de inducción y entrenamiento continuo.

El 76,19 % de los encuestados recomendaría la implementación de este sistema en otras instituciones, lo que constituye un indicador sólido de aceptación global y respalda la fiabilidad del sistema como solución transferible a contextos similares.

Figura. 7. Percepción de mejora de seguridad



Nota: El gráfico muestra que el 71,43 % de los encuestados percibe una mejora significativa en la seguridad, lo que respalda la fiabilidad del sistema implementado.

Los hallazgos de la encuesta complementan el análisis técnico con una visión centrada en el usuario, destacando que la estabilidad operativa y la fiabilidad percibida son factores determinantes para la aceptación y el éxito del sistema en la Unidad Educativa "Nela Martínez Espinosa". Las áreas de mejora identificadas (principalmente en tiempos de respuesta, dificultades ocasionales de uso y capacitación) constituyen insumos valiosos para futuras iteraciones del diseño y para fortalecer el mantenimiento preventivo, asegurando así la continuidad y robustez del sistema a largo plazo.

En conjunto, los resultados técnicos y las percepciones de los usuarios confirman que el sistema de control de acceso cumple con los requisitos de estabilidad y fiabilidad establecidos, proporcionando un entorno más seguro y eficiente para la comunidad educativa.

El análisis de los resultados obtenidos a través de las siete preguntas de la encuesta reveló información clave sobre la percepción y efectividad del sistema de control de acceso de puertas automatizadas en la Unidad Educativa "Nela Martínez Espinosa"; a continuación, se discuten los hallazgos más relevantes en relación con los objetivos del estudio y el marco teórico planteado.

Pregunta 1: Percepción de mejora de la seguridad. Una mayoría significativa de los encuestados (71,43 %) indicó que el sistema automatizado de control de acceso había mejorado notablemente la seguridad de la unidad educativa, este hallazgo sugiere un fuerte impacto positivo en la percepción de seguridad institucional, en consonancia con el objetivo principal de implementar dicho sistema. Los directivos y guardias, en particular, mostraron un alto consenso en este punto, lo cual era esperable dados sus roles en la supervisión y protección del entorno escolar; desde la perspectiva técnica, esta percepción favorable se relaciona directamente con la estabilidad operativa del circuito de CC, que garantiza la activación consistente de los actuadores y la correcta lectura de los sensores, aspectos que han sido verificados experimentalmente en este estudio.

Pregunta 2: Calificación de fiabilidad del sistema. La fiabilidad del sistema fue generalmente bien considerada, con un 61,90 % de los encuestados calificándolo como "muy confiable", este resultado indica que el análisis experimental de los parámetros eléctricos en circuitos de CC contribuyó positivamente a un funcionamiento estable y consistente de las puertas automatizadas; no obstante, el 33,33 % lo consideró "moderadamente confiable", lo que sugiere que, si bien el desempeño general es bueno, podrían haber existido problemas menores o inconsistencias ocasionales (como variaciones en la tensión de alimentación o retardos en la respuesta de los actuadores) que impidieron una calificación unánime de "muy confiable", estas observaciones refuerzan la necesidad de mantener un monitoreo continuo de los parámetros eléctricos para preservar la fiabilidad del sistema en el tiempo.

Pregunta 3: Dificultades en el uso del sistema. Más de la mitad de los encuestados (52,38 %) no experimentaron dificultades al usar el sistema de control de acceso, lo que sugiere una interfaz relativamente intuitiva o una fase de capacitación inicial exitosa; sin embargo, el 38,10 % experimentó dificultades ocasionalmente y el 9,52 % frecuentemente, destacando áreas donde las mejoras en la interfaz de usuario o la capacitación adicional podrían ser beneficiosas. Si bien este aspecto no está directamente vinculado con los parámetros eléctricos, una operación inestable o fluctuaciones en la alimentación podrían haber contribuido a comportamientos erráticos que afectaron la experiencia del usuario; por ello, garantizar la estabilidad del suministro eléctrico constituye un

requisito indispensable para minimizar los inconvenientes operativos reportados.

Pregunta 4: Adecuación del tiempo de respuesta. El 57,14 % de los encuestados consideró que el tiempo de respuesta del sistema para la apertura de puertas era óptimo, este dato indica que los parámetros eléctricos estaban bien ajustados para garantizar un funcionamiento eficiente, lo que valida las mediciones experimentales realizadas; no obstante, un porcentaje considerable (38,10 %) opinó que podría ser más rápido, lo que sugiere que, si bien el desempeño es aceptable, se desearía un acceso aún más ágil, posiblemente en zonas de alto tránsito o durante horas pico; desde la perspectiva eléctrica, la reducción del tiempo de respuesta podría lograrse mediante la optimización de la corriente suministrada a los actuadores o la disminución de la resistencia en los conductores críticos, siempre que se mantenga la estabilidad del sistema y no se comprometa la fiabilidad de los componentes.

Pregunta 5: Facilitación del trabajo diario. El 61,90 % de los encuestados percibió que la implementación del sistema facilitó el trabajo diario, este resultado positivo sugiere que el sistema automatizado de control de acceso contribuyó a la eficiencia operativa y redujo las tareas manuales relacionadas con la gestión de puertas, un porcentaje menor (33,33 %) consideró que no tuvo impacto significativo, y un mínimo del 4,76 % indicó que lo dificultó, lo que podría atribuirse a dificultades iniciales de adaptación o a interrupciones específicas del flujo de trabajo; la fiabilidad del sistema en términos de consistencia operativa es un factor clave para que los usuarios perciban una mejora real en sus actividades cotidianas.

Pregunta 6: Satisfacción con la capacitación. La satisfacción con la información o capacitación recibida fue bastante heterogénea. Mientras que el 42,86 % se mostró "muy satisfecho", un grupo ligeramente mayor (47,62 %) se declaró "parcialmente satisfecho"; esto indica que, si bien la capacitación fue en general adecuada, existía margen de mejora en cuanto a exhaustividad, claridad y accesibilidad de la información, especialmente para el 9,52 % que se mostró "insatisfecho", aunque este aspecto es de carácter formativo, una capacitación insuficiente podría llevar a un uso inadecuado del sistema, lo que a su vez podría generar condiciones operativas que afecten la estabilidad eléctrica (por ejemplo, sobrecargas

por mal uso de los actuadores) y, por ende, la fiabilidad general del sistema.

Pregunta 7: Recomendación del sistema. Una amplia mayoría de los encuestados (66,67 %) recomendaría definitivamente la implementación de este tipo de sistema en otras unidades educativas, este alto nivel de respaldo resalta la recepción positiva general y los beneficios percibidos del sistema de control de acceso automatizado, el 28,57 % restante lo recomendaría con reservas o sugiriendo mejoras, lo que indica que, si bien el concepto es sólido, ciertas optimizaciones (particularmente en tiempos de respuesta y capacitación) podrían hacerlo aún más atractivo para una adopción más amplia; la fiabilidad demostrada por el sistema, respaldada por las mediciones experimentales y la percepción de los usuarios, constituye el principal argumento para su replicabilidad en contextos similares.

Interpretación integradora. Los resultados de la encuesta complementan el análisis técnico y confirman que el sistema de control de acceso implementado en la Unidad Educativa "Nela Martínez Espinosa" cumple satisfactoriamente con los requisitos de estabilidad operativa y fiabilidad funcional planteados en los objetivos del estudio, la mayoría de los encuestados percibe mejoras en seguridad, eficiencia y confiabilidad, lo que valida las decisiones de diseño y la metodología experimental empleada.

No obstante, las áreas de mejora identificadas (como la optimización del tiempo de respuesta, la reducción de dificultades ocasionales de uso y el fortalecimiento de la capacitación) constituyen insumos valiosos para futuras iteraciones del sistema; desde la perspectiva eléctrica, estas mejoras deberán implementarse sin comprometer la estabilidad de la fuente de alimentación ni la fiabilidad de los componentes, manteniendo el equilibrio entre rendimiento y seguridad que exige un entorno educativo.

La integración de los hallazgos experimentales y las percepciones de los usuarios proporciona una visión holística del desempeño del sistema, demostrando que el análisis riguroso de los parámetros eléctricos en circuitos de CC es un pilar fundamental para garantizar soluciones tecnológicas robustas, seguras y duraderas en el ámbito institucional.

Conclusiones

El estudio de caso sobre el análisis experimental de parámetros eléctricos en circuitos de corriente continua para un sistema electrónico de control de acceso de apertura automatizada de puertas en la Unidad Educativa "Nela Martínez Espinosa" ha permitido cumplir satisfactoriamente con los objetivos planteados.

A través de un enfoque metodológico riguroso, se logró identificar y caracterizar los parámetros eléctricos críticos (tensión, corriente, resistencia y potencia) que influyen directamente en el rendimiento y la fiabilidad del sistema, estableciendo las bases empíricas necesarias para su optimización.

Durante el proceso experimental, se interpretaron los datos recopilados de las mediciones realizadas en puntos clave del circuito, lo que permitió establecer relaciones claras entre la tensión, la corriente y la resistencia en los diferentes componentes del sistema de control de acceso, se observó que las variaciones en la fuente de alimentación de corriente continua impactaban directamente en la velocidad de respuesta del mecanismo de apertura de la puerta, así como en la estabilidad de los sensores de proximidad y en la consistencia de las lecturas del microcontrolador, las mediciones realizadas confirmaron que los parámetros eléctricos se mantuvieron dentro de los rangos operativos esperados, con diferencias porcentuales inferiores al 1 % respecto a los valores teóricos, lo que valida la correcta selección y dimensionamiento de los componentes del sistema.

Se identificaron pequeñas fluctuaciones en la corriente durante momentos de mayor demanda operativa, lo que sugiere la necesidad de revisar periódicamente la fuente de alimentación o ajustar la configuración de los actuadores para garantizar una estabilidad aún más robusta en condiciones de carga máxima; estas observaciones, aunque no comprometen la operatividad general del sistema, constituyen oportunidades de mejora orientadas a preservar la fiabilidad a largo plazo y a extender la vida útil de los componentes electrónicos.

El alcance del estudio se centró en el análisis de los circuitos de control y potencia del sistema de acceso, excluyendo deliberadamente aspectos de programación o diseño mecánico detallados, que quedan fuera del objeto de esta investigación.

Una limitación identificada fue la disponibilidad de equipos de medición de alta precisión para el monitoreo continuo de microfluctuaciones, lo que podría haber proporcionado una visión más granular de ciertos fenómenos transitorios, como picos de corriente durante la conmutación de los actuadores o variaciones de tensión inducidas por interferencias electromagnéticas; sin embargo, los instrumentos utilizados (multímetros digitales con precisión del 0,1 % y osciloscopios digitales) resultaron suficientes para los fines del estudio y permitieron obtener datos confiables y representativos.

El tiempo dedicado a la fase experimental y de análisis fue de aproximadamente tres semanas, período que permitió una recopilación exhaustiva de datos, su procesamiento estadístico y la elaboración de conclusiones fundamentadas, este cronograma resultó adecuado para alcanzar los objetivos planteados, aunque se reconoce que un período de monitoreo prolongado podría aportar información adicional sobre el comportamiento del sistema en diferentes condiciones estacionales o ante variaciones más extremas de la red eléctrica.

El estudio ha proporcionado una base sólida para futuras optimizaciones del sistema de control de acceso, asegurando un funcionamiento más eficiente y seguro de la apertura automatizada de puertas en la institución educativa, los resultados experimentales confirmaron la viabilidad técnica del sistema implementado, demostrando que los parámetros eléctricos medidos se encontraban dentro de los rangos operativos esperados y que el sistema operaba de manera estable en condiciones normales de uso.

Las encuestas de percepción aplicadas a la comunidad educativa complementaron el análisis técnico, evidenciando que la fiabilidad operativa y la estabilidad del sistema son factores determinantes para la aceptación y satisfacción de los usuarios, los hallazgos obtenidos (tanto en el plano experimental como en el perceptivo) constituyen insumos valiosos para:

- Optimizar el diseño de futuras iteraciones del sistema, incorporando mejoras en la fuente de alimentación y en la selección de actuadores más eficientes.
- Establecer protocolos de mantenimiento preventivo basados en el monitoreo periódico de los parámetros eléctricos críticos.

- Reforzar los programas de capacitación del personal, asegurando un uso adecuado del sistema que no comprometa su estabilidad operativa.
- Transferir la experiencia adquirida a otras instituciones educativas con necesidades similares de control de acceso.

El análisis experimental de los parámetros eléctricos en circuitos de corriente continua ha demostrado ser una herramienta indispensable para garantizar la estabilidad y fiabilidad de sistemas electrónicos de control de acceso en entornos educativos, la integración de mediciones precisas, análisis estadístico y retroalimentación de los usuarios ha permitido validar el diseño implementado, identificar áreas de mejora y sentar las bases para un mantenimiento proactivo que asegure la continuidad operativa del sistema.

El estudio confirma que un enfoque riguroso y sistemático en el análisis de parámetros eléctricos contribuye significativamente a la creación de soluciones tecnológicas robustas, seguras y duraderas, alineadas con las exigencias de seguridad y eficiencia que demanda una institución educativa comprometida con el bienestar de su comunidad.

Referencias Bibliográficas

- Braga, N. C. (2019). El Circuito Integrado 555 Mágico. Editora Newton C. Braga.
- Brinkmann, S. (2024). Culturas del diagnóstico: Una aproximación cultural a la patologización de la vida moderna (Vol. 2102). Ned Ediciones.
- Cevallos, J. (1996). Hablemos de Electricidad. Escuela Politécnica Nacional.
- Floyd, T. L. (2007). Principios de circuitos eléctricos (8.^a ed.). Pearson Educación.
- Gallegos, L., & Bravo, R. (2023). Enseñando ley de Ohm y circuitos con circuitsapp.
- Garrido, J. A. (2024). Interfaz de comunicación para el control de una máquina en corriente alterna y corriente directa. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

- Gómez, N. M. (2024). Desarrollo de la argumentación a partir de un andamiaje metacognitivo en la resolución de problemas en los circuitos eléctricos básicos.
- Manya, D. M. (2024). Diseño y construcción de un módulo de control automático para la detección de fallas eléctricas en el laboratorio de mantenimiento correctivo de la Facultad de Mecánica.
- Pino, F. J. (2020). Cuarta revolución industrial, automatización y digitalización: una visión desde la periferia de la Unión Europea en tiempos de pandemia. Instituto Complutense de Estudios Internacionales (ICEI).
- Rodríguez, L. A. (2024). Impacto de la automatización laboral en los derechos del trabajador: estrategias para proteger y promover el derecho al empleo, la seguridad en el trabajo y la igualdad de oportunidades de los trabajadores afectados por la igualdad de oportunidades de lo.
- Rodríguez, R. A. (2024). Prototipado rápido de control no lineal aplicado a convertidores conmutados de corriente continua de orden cuadrático.
- Seippel, R. G. (2021). Fundamentos de electricidad. Reverté.

La influencia del uso del teléfono celular en la concentración y el rendimiento académico de los estudiantes de bachillerato de la Unidad Educativa presidente Jaime Roldós, La Troncal – Ecuador.

Jorge Alfredo Naula Orellana

Unidad Educativa Presidente Jaime Roldós
La Troncal, Ecuador

Wimper Iskandar González Vera

Unidad Educativa Presidente Jaime Roldós La Troncal, Ecuador
ORCID: 0009-0001-4228-4115

Mayra Alejandra Tigre Sánchez

Universidad Católica de Cuenca. La Troncal, Ecuador
ORCID: 0000-0003-2018-7362 mayra.tigre@ucacue.edu.ec

Luis Stalin Jara Obregón

Universidad Católica de Cuenca. La Troncal, Ecuador
ORCID: 0000-0003-4958-5698 lsjaraob@ucacue.edu.ec

Introducción

En los últimos años, el uso del teléfono celular se ha convertido en un elemento cotidiano en la vida de los adolescentes, transformando su manera de comunicarse, aprender e interactuar con el entorno educativo. Aunque estos dispositivos pueden servir como herramientas de apoyo para actividades escolares, diversos estudios advierten que su uso excesivo o inadecuado puede generar efectos negativos en la concentración y en el rendimiento académico de los estudiantes. Según (Amez & Baert, 2020), la constante exposición al smartphone incrementa los niveles de distracción y disminuye la capacidad de los jóvenes para mantener la atención en tareas que requieren esfuerzo cognitivo sostenido, lo que repercute directamente en su desempeño escolar.

Este fenómeno se ha vuelto especialmente visible en instituciones educativas donde los estudiantes utilizan su teléfono celular durante clases, recreos e incluso dentro de actividades académicas. (Ward, Duke, Gneezy, & Bos, 2016) demostraron que la sola presencia del dispositivo, aun cuando no se está utilizando, reduce la disponibilidad cognitiva y afecta

procesos mentales como la memoria de trabajo y el procesamiento de la información, elementos fundamentales para un aprendizaje efectivo.

En el contexto juvenil actual, las redes sociales, los videojuegos móviles y las aplicaciones de mensajería instantánea se han convertido en fuentes constantes de distracción, lo cual ha generado preocupación entre docentes, directivos y familias. Estudios recientes, como el de (Torres, Rosa, & Hernandez, 2024) evidencian que el uso problemático del teléfono inteligente está asociado con calificaciones más bajas, reducción del tiempo dedicado al estudio y mayores dificultades para mantener la atención durante actividades pedagógicas.

Dado este panorama, surge la necesidad de analizar de manera rigurosa cómo el uso del teléfono celular influye en la concentración y el rendimiento académico de los estudiantes de bachillerato de la Unidad Educativa Presidente Jaime Roldós, ubicada en el cantón La Troncal. Comprender esta relación permitirá identificar patrones, prácticas digitales y comportamientos que afectan el proceso de aprendizaje, así como proponer estrategias orientadas a promover un uso responsable y equilibrado de la tecnología dentro del entorno escolar. Este estudio de caso se plantea, entonces, como un aporte significativo para mejorar las condiciones educativas y fortalecer la calidad del desempeño académico en la institución.

Referencial teórico

El uso del teléfono celular entre estudiantes de bachillerato ha generado creciente interés debido a su impacto en la concentración y en el rendimiento académico. Investigaciones recientes muestran que la distracción provocada por notificaciones, redes sociales y multitarea digital afecta directamente la capacidad de atención sostenida de los adolescentes. En un estudio publicado por (CHILE, 2023) se señala que el uso frecuente del celular durante actividades escolares interrumpe los procesos cognitivos y disminuye la calidad del aprendizaje, afectando la memoria de trabajo y la capacidad de enfocarse en una sola tarea.

La evidencia también muestra efectos específicos sobre el rendimiento académico. Según (Sánchez, López, & García, 2023) los adolescentes revisan su teléfono en promedio más de cien veces durante la jornada escolar, lo que crea patrones constantes de interrupción cognitiva. Este

comportamiento reduce la eficiencia en la realización de tareas y puede llevar a calificaciones más bajas, especialmente en áreas que requieren alta concentración como matemáticas o lectura crítica.

En el ámbito científico, American Psychological Association (American Psychological Association, 2023) publica que la multitarea con dispositivos móviles limita el rendimiento académico porque los estudiantes distribuyen su atención entre estímulos digitales y actividades escolares, lo cual afecta la codificación de la información en la memoria. Los estudios reportan que incluso tener el teléfono cerca, aunque no se use activamente, disminuye la capacidad de concentración.

La investigación y el análisis institucional de la Harvard Graduate School of Education (Anderson, 2022) subrayan que la relación de los adolescentes con el teléfono móvil es compleja y multifacética: no se trata solo de prohibir o permitir, sino de comprender por qué los jóvenes recurren a las redes y cómo esa alternancia constante entre tareas escolares y estímulos digitales fragmenta la atención y reduce la profundidad del aprendizaje. En consonancia con nuestros hallazgos locales, este enfoque institucional enfatiza la necesidad de acompañamiento, no solo sanciones sino mediante estrategias educativas que enseñen autorregulación digital, diseñen actividades pedagógicas menos vulnerables a la distracción y promuevan acuerdos entre familias y escuelas para transformar el celular en una herramienta que potencie, en lugar de obstaculizar, el rendimiento académico.

El uso del teléfono celular entre adolescentes se ha intensificado en los últimos años, generando efectos directos en la atención, la concentración y el desempeño académico. Estudios científicos recientes demuestran que el uso constante del smartphone puede interferir significativamente en los procesos cognitivos esenciales para el aprendizaje, como la memoria de trabajo y la atención sostenida. Por ejemplo, (Amez & Baert, 2020) señala que existe una relación negativa entre el uso frecuente del teléfono móvil y el rendimiento académico, debido a que los estudiantes presentan mayor propensión a distracciones y menor capacidad de concentración durante tareas escolares. Esta investigación, publicada en *Computers & Education*, concluye que un incremento en el uso del celular se asocia con una disminución del éxito académico.

Posteriormente, (Ochoa Alcántar, Pompa Ortiz, Lozano Rodríguez, Vázquez García, & Pizá Gutiérrez, 2025) advierte que el uso excesivo del teléfono móvil en el aula reduce el compromiso académico, incrementa la distracción y afecta el clima escolar. El informe global recomienda regular su uso para evitar afectaciones en la atención y el aprendizaje autónomo.

La pertinencia de este estudio en la Unidad Educativa Presidente Jaime Roldós radica en la necesidad de comprender de manera sistemática cómo estos hallazgos internacionales y nacionales se reflejan en la realidad local. Al evidenciar que un grupo importante de estudiantes utiliza el celular durante clases y actividades académicas, se vuelve imprescindible analizar los efectos concretos de esta conducta en su rendimiento escolar. Tal como afirman (Pyhältö, 2025), el uso del celular “fuera de tarea académica” (off-task) se relaciona con una disminución observable en las calificaciones y un mayor nivel de distracción, lo que resalta la urgencia de abordar esta problemática desde un enfoque educativo y preventivo.

El uso del teléfono celular se ha incorporado de forma natural en la vida diaria de los jóvenes, convirtiéndose en una herramienta que utilizan para comunicarse, acceder a información y participar en actividades de entretenimiento. Aunque estos dispositivos pueden servir como apoyo para el aprendizaje, su uso inadecuado dentro del entorno escolar ha generado una preocupación creciente debido a su impacto en la capacidad de concentración de los estudiantes y, en consecuencia, en su rendimiento académico.

En la Unidad Educativa Presidente “Jaime Roldós”, ubicada en La Troncal, se ha evidenciado que un número considerable de estudiantes emplea el teléfono celular durante la jornada educativa, incluso en momentos destinados exclusivamente al desarrollo de actividades pedagógicas. Esta conducta interfiere en la atención que deben mantener durante las clases y puede generar retrasos en la comprensión de los contenidos, así como dificultades para cumplir adecuadamente con las tareas y responsabilidades académicas.

Ante esta situación, resulta necesario identificar, analizar y comprender de manera sistemática cómo el uso del teléfono celular influye en los niveles de concentración de los estudiantes de Bachillerato y cómo esta dinámica repercute en su desempeño escolar. Reconocer los factores que están afectando su proceso de aprendizaje permitirá proponer estrategias y

acciones orientadas a promover un uso responsable de la tecnología, de manera que contribuya al fortalecimiento del rendimiento académico y al adecuado desarrollo estudiantil dentro del plantel.

Diseño de investigación

El presente estudio adopta un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo, orientado a analizar la influencia del uso del teléfono celular en la concentración y el rendimiento académico de los estudiantes de bachillerato de la Unidad Educativa Presidente Jaime Roldós. Este enfoque permite obtener datos numéricos y establecer relaciones entre variables que describen el comportamiento estudiantil en torno al uso del dispositivo móvil, siguiendo las orientaciones metodológicas de la investigación cuantitativa. (Sampieri, 2014)

El estudio se basará en un diseño no experimental y transversal. Se considera no experimental porque no existe manipulación de las variables, sino observación directa en el contexto natural. Del mismo modo, es transversal debido a que la recolección de los datos se realizará en un único momento del año lectivo, permitiendo analizar la situación en un punto específico del tiempo (Creswell & Creswell, 2018).

La población estará constituida por los estudiantes de bachillerato de la Unidad Educativa Presidente Jaime Roldós. Se aplicará un muestreo no probabilístico por conveniencia de $n = 188$ estudiantes, considerando la disponibilidad de los estudiantes para participar voluntariamente. Este tipo de muestreo es común en investigaciones educativas donde el grupo de estudio se selecciona en función del acceso a los participantes y las condiciones del entorno escolar (Otzen & Manterola, 2017).

La información se recopilará mediante un cuestionario estructurado elaborado en Google Forms, que incluirá preguntas cerradas y escalas tipo Likert sobre:

1. Frecuencia de uso del teléfono celular.
2. Momentos de uso dentro del horario escolar.
3. Percepción de concentración durante las clases.
4. Autoevaluación del rendimiento académico.

5. Actividades digitales realizadas en el celular.

Google Forms permite obtener respuestas organizadas y accesibles desde cualquier dispositivo, favoreciendo la participación y el registro automático de los datos.

Las respuestas obtenidas serán exportadas y tabuladas en Microsoft Excel, herramienta que permitirá organizar la información, calcular frecuencias, promedios y elaborar gráficos descriptivos. Posteriormente, se interpretarán los resultados para establecer la relación entre el uso del teléfono celular, la concentración y el rendimiento académico, en coherencia con los objetivos del estudio. El análisis descriptivo permitirá visualizar patrones y tendencias relevantes (Ponce Renova, 2017).

Pregunta 1: ¿Con qué frecuencia utilizas el teléfono celular durante la jornada escolar (desde que entras hasta que sales del colegio)?

En relación con el uso del dispositivo móvil durante la jornada escolar, se observó una tendencia predominante hacia la desestimación de su uso frecuente. El 50% de la muestra total se agrupa en categorías de baja frecuencia, donde la opción "A veces" representa el 19%, seguida de "Casi nunca" (6%) y "Nunca" (3%). Por el contrario, un segmento minoritario del 22% reportó un uso recurrente, distribuido entre "Casi siempre" (14%) y "Siempre" (8%). Estos datos sugieren que la mayoría de los estudiantes mantiene una interacción moderada o nula con el teléfono celular en el entorno educativo.

Pregunta 2: ¿En qué momentos utilizas con mayor frecuencia el teléfono

Respecto a los momentos de mayor frecuencia en el uso del dispositivo móvil, los datos revelan una dispersión significativa entre los tiempos de ocio y las actividades curriculares. El 18% de los estudiantes limita su uso a espacios no lectivos, específicamente durante los recreos (7%) y en los cambios de hora (11%). Sin embargo, destaca que un 24% de la muestra admite utilizar el celular durante procesos de aprendizaje: un 13% lo hace durante las explicaciones del docente y un 11% durante la ejecución de tareas en clase. Finalmente, un 8% de los participantes manifiesta utilizar el dispositivo en cualquier momento de la jornada, sin distinción de la actividad que se esté realizando.

Pregunta 3: ¿Cuál es la actividad que realizas con mayor frecuencia en tu teléfono celular durante el horario de clases?

La pregunta sobre la frecuencia del uso del smartphone en horario lectivo, se identifica una clara prevalencia de las actividades de interacción social. El 22% de los encuestados afirma utilizar el dispositivo primordialmente para acceder a redes sociales, posicionándose como la categoría de mayor frecuencia. En un segundo plano, se sitúa la búsqueda de información académica con un 12%, seguida por el consumo de música o videos (8%) y actividades de juegos o entretenimiento (6%). Una proporción marginal del 2% se atribuye a otras actividades no especificadas. Estos resultados evidencian que el uso recreativo y social supera significativamente al uso con fines pedagógicos.

Pregunta 4: Cuando utilizas el teléfono celular en clase, ¿sientes que te distraes de las explicaciones del docente?

En cuanto a la percepción de interferencia cognitiva, los datos indican que una proporción considerable de los estudiantes reconoce que el uso del smartphone actúa como un factor de distracción frente a las explicaciones del docente. El 25% de la muestra admite sentirse distraído con alta frecuencia, desglosado en un 15% para la opción "Casi siempre" y un 10% para "Siempre". Por otro lado, un 18% reporta una distracción ocasional ("A veces"), mientras que solo una minoría representativa del 7% afirma que el uso del dispositivo "Nunca" (2%) o "Casi nunca" (5%) interfiere con su atención hacia el profesor.

Pregunta 5: ¿Con qué frecuencia interrumpes una actividad escolar (por ejemplo, copiar la clase, resolver ejercicios, leer) para revisar tu teléfono celular?

Respecto a la interrupción de actividades escolares (tales como la toma de apuntes, resolución de ejercicios o lectura) para la consulta del dispositivo móvil, se observa una frecuencia moderada-alta. El 23% de los participantes manifiesta interrumpir sus labores de manera recurrente, distribuyéndose en un 14% para "Casi siempre" y un 9% para "Siempre". Por su parte, el uso ocasional ("A veces") constituye el 18% de las respuestas. En contraste, una minoría del 9% reporta una baja o nula interferencia en sus tareas, con un 6% en "Casi nunca" y un 3% en

"Nunca". Estos indicadores sugieren una presencia constante de interrupciones digitales durante los procesos de aprendizaje activo.

Pregunta 6: ¿Consideras que el uso del teléfono celular durante las clases afecta tu capacidad de concentrarte en lo que estás haciendo?

En relación con la autopercepción de la capacidad de concentración, los datos indican que una parte significativa del estudiantado reconoce un impacto negativo derivado del uso del smartphone. El 24% de los participantes considera que el dispositivo afecta su concentración en niveles altos, distribuidos entre un 15% que percibe "Mucho" impacto y un 9% que señala "Demasiado". Un 15% adicional califica la afectación como "Regular". Por el contrario, un segmento del 11% manifiesta una afectación mínima o nula, con un 8% que reporta "Poco" y un 3% que indica "Nada". Estos resultados sugieren que cerca de una cuarta parte de la muestra identifica una degradación severa de sus procesos atencionales por el uso del móvil.

Pregunta 7: En general, ¿cómo calificas tu nivel de concentración cuando tienes el teléfono celular cerca (sobre la mesa, en la mano o en el bolsillo)?

En relación con la auto calificación del nivel de concentración ante la proximidad física del teléfono móvil (sobre la mesa, en la mano o en el bolsillo), los datos reflejan una tendencia hacia niveles medios y reducidos. La categoría "Regular" es la más frecuente con un 18%, seguida de percepciones de concentración "Baja" (14%) y "Muy baja" (6%). Por el contrario, solo una minoría de los participantes califica su capacidad de focalización como "Buena" (8%) o "Muy buena" (4%) ante la presencia del dispositivo. Estos hallazgos indican que para el 38% de la muestra, la simple cercanía del smartphone se asocia con un desempeño atencional no óptimo.

Pregunta 8: ¿Crees que el uso del teléfono celular durante el horario escolar influye en tus calificaciones?

Finalmente, al consultar sobre la influencia del uso del smartphone en el rendimiento académico (calificaciones), los resultados muestran una percepción de impacto predominantemente negativa. El 21% de los estudiantes identifica que el uso del dispositivo influye en sus notas de manera considerable, desglosado en un 13% bajo la categoría "Bastante"

y un 8% como "Muy negativamente". Por su parte, un 17% de la muestra califica esta influencia como "Moderada". En contraste, una proporción del 12% percibe un impacto reducido o nulo, distribuida en "Muy poco" (7%) y "No influye" (5%). Estos datos sugieren que la mayoría de los encuestados vincula el uso del celular con una posible alteración en sus resultados de aprendizaje.

Pregunta 9: En el último quimestre, ¿cómo describirías tu rendimiento académico general?

En cuanto a la descripción del rendimiento académico general durante el último quimestre, la mayor concentración de respuestas se sitúa en un nivel intermedio. El 23% de los estudiantes califica su desempeño como "Medio", constituyendo el grupo más numeroso de la muestra. Por otro lado, un 14% de los participantes reporta un rendimiento satisfactorio, distribuido entre un nivel "Alto" (11%) y "Muy alto" (3%). En contraste, el 13% de los sujetos percibe su rendimiento en niveles reducidos, identificándolos como "Bajo" (10%) y "Muy bajo" (3%). Estos hallazgos delinean una población estudiantil con un desempeño mayoritariamente promedio.

Pregunta 10: ¿Estarías dispuesto(a) a reducir el uso del teléfono celular en el horario escolar si eso ayudara a mejorar tu concentración y tus calificaciones?

Finalmente, se exploró la predisposición de los estudiantes hacia la modificación de sus hábitos de consumo digital. Los resultados indican una actitud mayoritariamente favorable: el 29% de la muestra manifiesta estar dispuesto a reducir el uso del dispositivo móvil en beneficio de su desempeño académico, desglosado en un 16% que responde "Sí, totalmente" y un 13% que indica "Sí, en parte". Por el contrario, un 10% muestra reticencia o duda, distribuido en un 6% para "Probablemente no" y un 4% para un "No" rotundo. Un 11% de los encuestados se mantiene en una postura neutral ("No estoy seguro/a"), sugiriendo un segmento de la población que requiere mayor sensibilización sobre los beneficios de la desconexión.

El análisis de los resultados obtenidos de los 188 estudiantes encuestados permite comprender de manera más clara cómo se relacionan los patrones de uso del teléfono celular con los niveles de concentración y el

rendimiento académico en la Unidad Educativa Presidente Jaime Roldós. Los datos evidencian tendencias significativas que permiten responder los tres objetivos específicos del estudio y caracterizar el comportamiento digital de los estudiantes dentro del entorno escolar.

En primer lugar, respecto a los patrones de uso del teléfono celular, se observa que la mayoría de estudiantes utiliza su dispositivo con una frecuencia relativamente alta durante la jornada escolar. El 37.2% indicó que lo usa "a veces", el 28.7% "casi siempre" y el 17.0% "siempre", lo que significa que más del 82% hace uso del celular en diferentes momentos del día escolar. Asimismo, los estudiantes reconocen emplearlo no solo en recreos o cambios de hora, sino también durante explicaciones del docente (25.5%), durante la realización de tareas en clase (21.3%) e incluso "en cualquier momento" (16.0%). Esto indica que el uso del celular ha trascendido los espacios permitidos, formando parte de las actividades diarias dentro del aula.

En cuanto a las actividades más frecuentes en el celular, las redes sociales predominan con un 44.7%, seguidas por búsquedas académicas (24.5%) y consumo de música o videos (14.9%). Esto sugiere que, aunque existe un porcentaje que emplea el dispositivo con fines educativos, el uso recreativo prevalece, lo cual podría aumentar el riesgo de distracción y de interrupción de las actividades académicas. Este comportamiento coincide con estudios científicos que señalan que las redes sociales constituyen una de las mayores fuentes de distracción para adolescentes, especialmente durante el horario escolar.

En relación con el segundo objetivo, enfocado en la influencia del uso del celular en la concentración, los resultados muestran claramente que el dispositivo repercute de manera significativa en la capacidad de atención de los estudiantes. El 35.1% reporta que se distrae "a veces", mientras que el 50% (30.9% + 19.1%) manifiesta distraerse "casi siempre" o "siempre" al usar el celular durante la clase. De igual modo, cuando se les preguntó si interrumpen actividades académicas para revisar su teléfono, el 81.9% respondió que lo hace en algún grado, y casi la mitad lo hace con alta frecuencia (28.7% "casi siempre" y 17.0% "siempre"). Este comportamiento confirma que la interrupción cognitiva generada por la celular afecta directamente la continuidad de las actividades escolares.

Cuando se evalúa la percepción del impacto del celular en la concentración, más del 46% de los estudiantes considera que les afecta “mucho” o “demasiado”, y un 30.9% lo percibe como un efecto “regular”. Esto evidencia que el propio estudiantado reconoce que el dispositivo altera su capacidad para mantener el enfoque durante las clases. Igualmente, cuando el celular está cerca, el 27.7% reporta tener “baja” concentración y un 11.7% “muy baja”, lo que sugiere que la sola presencia del dispositivo constituye un distractor significativo.

Respecto al tercer objetivo, relacionado con el rendimiento académico, los resultados reflejan que la mayoría de estudiantes considera que el uso del celular influye en sus calificaciones. El 33% señala que influye de manera “moderada”, el 25.5% que lo hace “bastante”, y un 16% afirma que influye de forma “muy negativa”. Esto implica que tres de cada cuatro estudiantes perciben que el celular afecta su desempeño escolar. Además, al comparar estos resultados con la autoevaluación del rendimiento, se observa que la mayoría se ubica en un nivel “medio” (46.8%) o “bajo/muy bajo” (25.5%), lo que coincide con la valoración del impacto negativo del dispositivo.

Los resultados muestran una coexistencia entre alta disponibilidad del dispositivo y un uso mayoritariamente off-task (recreativo) durante la jornada escolar. Esta combinación explica por qué muchos estudiantes reportan interrupciones frecuentes y una percepción clara de pérdida de concentración: la alternancia entre estímulos digitales y tareas escolares fragmenta la atención y dificulta la continuidad cognitiva necesaria para la codificación y consolidación del aprendizaje. Según el documento: “El análisis de los resultados permite concluir que el uso del teléfono celular constituye un factor que influye de manera significativa en la concentración y el rendimiento académico de los estudiantes de bachillerato de la Unidad Educativa Presidente Jaime Roldós.”

Además, el hallazgo de que “la mayoría de estudiantes emplea su dispositivo móvil durante la jornada escolar, incluso en momentos destinados a actividades pedagógicas” refuerza la idea de que la mera presencia y accesibilidad del teléfono incrementa la probabilidad de distracción.

Conclusiones

El análisis de los resultados permite concluir que el uso del teléfono celular constituye un factor que influye de manera significativa en la concentración y el rendimiento académico de los estudiantes de bachillerato de la Unidad Educativa Presidente Jaime Roldós. Los datos muestran que la mayoría de estudiantes emplea su dispositivo móvil durante la jornada escolar, incluso en momentos destinados a actividades pedagógicas, lo que evidencia una alta prevalencia de uso dentro del aula.

Se concluye que las redes sociales son la actividad más frecuente durante el horario escolar, lo cual confirma que el celular se utiliza principalmente con fines recreativos y no académicos. Este comportamiento incrementa las posibilidades de distracción, interrumpe la continuidad del aprendizaje y afecta la capacidad del estudiante para mantener la atención. La mayoría de los encuestados reconoce que el dispositivo afecta su concentración, ya sea por el uso directo o por la simple presencia del celular cerca durante las clases.

Se concluye que las redes sociales son la actividad más frecuente durante el horario escolar, lo cual confirma que el celular se utiliza principalmente con fines recreativos y no académicos. Este comportamiento incrementa las posibilidades de distracción, interrumpe la continuidad del aprendizaje y afecta la capacidad del estudiante para mantener la atención. La mayoría de los encuestados reconoce que el dispositivo afecta su concentración, ya sea por el uso directo o por la simple presencia del celular cerca durante las clases.

Finalmente, se concluye que los estudiantes están conscientes de esta problemática y muestran disposición a modificar su comportamiento. Un porcentaje importante estaría dispuesto a reducir el uso del celular si esto contribuyera a mejorar su concentración y su rendimiento académico, lo cual abre la posibilidad de implementar estrategias de regulación, sensibilización y acompañamiento educativo dentro de la institución. También es recomendable que los docentes incorporen estrategias pedagógicas que aumenten la motivación y el compromiso de los estudiantes, como metodologías activas o dinámicas participativas que mantengan su interés durante las clases. Estas prácticas pueden contribuir a disminuir la necesidad de recurrir al celular como medio de entretenimiento mientras se desarrollan actividades académicas.

Asimismo, la institución podría implementar espacios de acompañamiento académico y orientación estudiantil que permitan atender a quienes presentan dificultades de concentración o bajo rendimiento, ofreciendo herramientas para fortalecer sus hábitos de estudio y mejorar su desempeño.

Referencias bibliográficas

- Amez, S., & Baert, S. (2020). Smartphone use and academic performance: A literature review. *International Journal of Educational Research*, 103. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijer.2020.101618>
- Anderson, J. (3 de Octubre de 2022). *Harvard Graduate School of Education*. Obtenido de <https://www.gse.harvard.edu/ideas/edcast/22/10/complex-world-teens-and-screens>
- CHILE, U. (25 de Abril de 2023). *UNICEF*. Obtenido de <https://www.unicef.org/chile/comunicados-prensa/se-adelanta-los-89-a%C3%B1os-el-acceso-al-celular-con-internet-y-crece-su-uso-para>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Thousand Oaks: SAGE Publications.
- Kuznekoff, J. H., & Titsworth, S. (2013). The Impact of Mobile Phone Usage on Student Learning. *Communication Education*, 233-252. doi:<https://doi.org/10.1080/03634523.2013.767917>
- Media, C. S. (26 de Septiembre de 2023). *Common Sense Media*. Obtenido de <https://www.commonsensemedia.org/es/articulos/elimina-las-distracciones-ayuda-a-ninos-y-adolescentes-a-manejar-las-notificaciones-del-telefono>
- Ochoa Alcántar, J. M., Pompa Ortiz, L. E., Lozano Rodríguez, A. L., Vázquez García, M. A., & Pizá Gutiérrez, R. I. (2025). Impacto del uso compulsivo del teléfono celular en la atención y el rendimiento

académico de estudiantes de nivel medio superior y superior. *Revista Dilemas Contemporáneos*.
doi:[tps://doi.org/10.46377/dilemas.v12i3.4608](https://doi.org/10.46377/dilemas.v12i3.4608)

Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, 227-232.
doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>

Ponce Renova, H. F. (2017). *ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS con uso de Excel para la Investigación Educativa*. Ciudad de Juárez: Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Pyhältö, K. R. (2025). The relationship between academic achievement and off-task social media and smartphone usage: Evidence from a systematic literature review. *Acta Psychologica*, 260.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2025.105645>

Sampieri, R. H. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: McGrawHillEducation.

Sánchez, M. M., López, A. D., & García, J. A. (2023). Uso problemático del smartphone en estudiantes de formación profesional. *Revista Tecnología, Ciencia y Educación*, 75-92.
doi:<https://doi.org/10.51302/tce.2023.5935>

Torres, R. Y., Rosa, J. R., & Hernandez, J. M. (2024). El Impacto del uso Excesivo del Teléfono Inteligente en el Rendimiento Académico: Una Revisión Sistemática de la Literatura. *Ciencias Sociales y Humanas*, 8(3). doi:https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11724

Ward, A. F., Duke, K., Gneezy, A., & Bos, M. W. (2016). Brain Drain: The Mere Presence of One's Own Smartphone Reduces Available Cognitive Capacity. *Journal of the Association for Consumer Research*, 2(2).

Weir, K. (1 de September de 2023). *American Psychological Association*. Obtenido de <https://www.apa.org/monitor/2023/09/protecting-teens-on-social-media>

La evolución del Marketing de Gamificación aplicado a la educación y la formación Profesional Online

Libia Maribel Rivera Ortega

Universidad Católica de Cuenca. La Troncal, Ecuador

ORCID: 0000-0002-5207-113X

lmriverao@ucacue.edu.ec

Ana Gabriela Hinojosa Caballero

Universidad Católica de Cuenca. La Troncal, Ecuador

ORCID: 0000-0001-6885-0384

aghinojosac@ucacue.edu.ec

Carlos Patricio Orellana Orellana

Universidad Católica de Cuenca. La Troncal, Ecuador

ORCID: 0000-0002-0958-7253

corellanao@ucacue.edu.ec

Génesis Yamilet Cabanilla Santillan

Universidad Católica de Cuenca. La Troncal, Ecuador

genesis.cabanilla@est.ucacue.edu.ec

Introducción

Las organizaciones diseñan actualmente estrategias de marketing incorporando la gamificación, entendida como el uso de elementos propios del juego, con el propósito de mejorar la comunicación, la experiencia del usuario y la fidelización de clientes. Esta técnica busca incrementar la motivación, el compromiso y la retención mediante el uso de recompensas, desafíos y retroalimentación constante (Deterding et al., 2011). La educación superior en modalidad virtual ha adoptado progresivamente la gamificación como una de las opciones más relevantes del marketing educativo, impulsada por la expansión del e-learning y la necesidad de fortalecer la experiencia del estudiante en entornos virtuales.

El mercado mundial de la gamificación alcanzó la cifra de USD 15,43 mil millones en 2024 y para el 2029 la proyección espera cifras superiores a los USD 48 mil millones, con una tasa de crecimiento del

25.85 %; investigaciones recientes del Instituto Tecnológico de Massachusetts exponen que las organizaciones ágiles crecen rápidamente con sus ingresos y sostienen rentabilidades superiores al 30%, en

comparación con las no ágiles (MordorIntelligence, 2023). En el ámbito educativo, las instituciones de educación superior han incorporado estrategias gamificadas para aumentar la participación estudiantil y reducir la deserción académica; este crecimiento se ha visto favorecido por el auge de plataformas interactivas como: duolingo, kahoot! y classcraft, que integran recompensas digitales, insignias y niveles de progreso para fomentar el aprendizaje autónomo y sostenido (Albán et al., 2024).

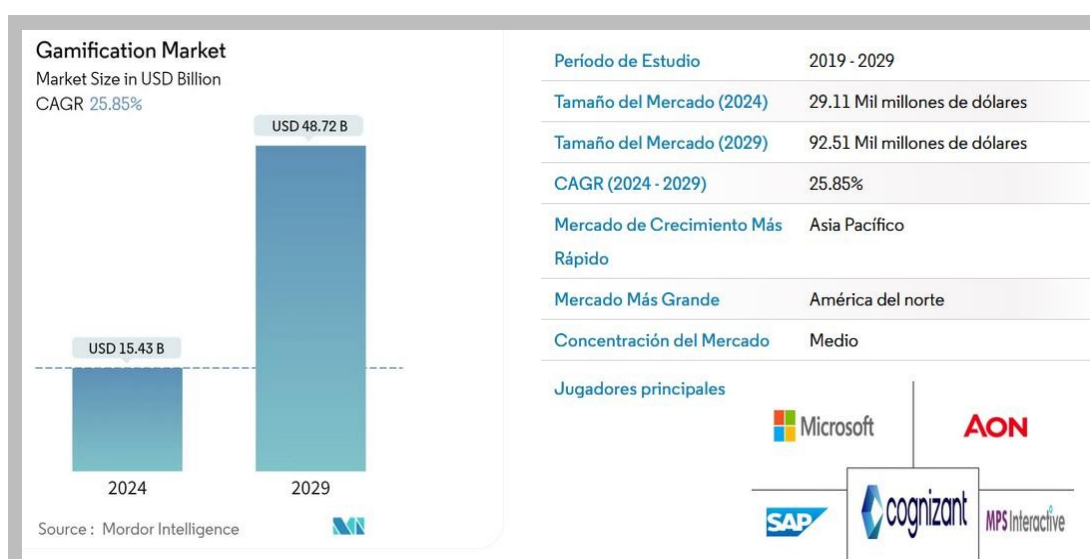


Figura. 8. Tamaño del Mercado de Gamificación
Fuente: <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports>

En el caso ecuatoriano, diversas investigaciones en distintos niveles educativos evidencian que la gamificación no sólo cumple una función pedagógica, sino que también genera efectos positivos de marketing institucional, al contribuir a la atracción de nuevos estudiantes, la promoción de la oferta académica, la mejora de la imagen institucional y la fidelización estudiantil. Por ejemplo, se reportan que, el 47,31 % de los alumnos de educación básica superior manifestaron una alta motivación al utilizar herramientas como socrative; además, el 53,07 % mejoró su comprensión en las asignaturas y el 87,2 % incrementó sus calificaciones. En la educación superior, estudiantes de la carrera de Marketing confirmaron que el uso de recursos gamificados como cerebriti, quizlet y trivinet potencia la motivación, colaboración y la percepción del aprendizaje (Chavez et al., 2025 ; Atiencia & Chicaiza, 2024).

En la provincia del Cañar, la presencia universitaria se concentra en los cantones Azogues, Cañar y La Troncal. La Universidad Católica de Cuenca, a través de sus campus, ha fortalecido en la última década la integración de recursos tecnológicos en sus procesos académicos. Mediante la plataforma entorno virtual de enseñanza y aprendizaje, los docentes complementan las clases presenciales con actividades asincrónicas que han evolucionado desde cuestionarios tradicionales hasta herramientas interactivas impulsadas por inteligencia artificial (IA), como el módulo h5p de moodle.

Aunque la gamificación ha ganado terreno en muchos sectores a nivel mundial, aún no hay investigaciones publicadas en la provincia que exploren su evolución dentro del marketing educativo ni su impacto en la motivación y el aprendizaje en el ámbito universitario; a pesar de su expansión global, su aplicación en la educación superior en Ecuador sigue siendo un área poco desarrollada, la ausencia de estudios que analicen a esta herramienta y su presencia en la transformación del marketing en la educación superior de la provincia del Cañar, subraya la necesidad de investigar sobre la manera que estas estrategias pueden mejorar el interés y el rendimiento de los estudiantes. Este artículo busca abordar ese vacío, con el objetivo de analizar cómo la gamificación aplicada a la educación y la formación profesional online contribuye a mejorar la motivación, el aprendizaje y la fidelización estudiantil, convirtiéndose así en una herramienta estratégica de marketing educativo en la era digital.

La investigación llevada a cabo en este estudio utilizó un enfoque mixto, combinando métodos cualitativos y cuantitativos con el objetivo de obtener una visión más integral del fenómeno bajo estudio (Calle et al., 2020). Se emplearon métodos descriptivos, analíticos y sistémicos, permitiendo una exploración profunda de los datos recogidos desde diversas perspectivas. En la parte cuantitativa, se utilizó la encuesta como herramienta principal de recolección de datos, lo que facilitó la obtención de información numérica sobre las variables relacionadas con el tema. Por otro lado, la técnica cualitativa fue complementada mediante la revisión documental, que permitió obtener un contexto más amplio y detallado sobre los aspectos relevantes del problema de investigación (León et al., 2019).

El estudio se llevó a cabo con estudiantes universitarios de la provincia del Cañar, proporcionando una muestra representativa del contexto educativo

en esta región. El enfoque mixto permitió no solo cuantificar fenómenos y patrones, sino también explorar experiencias y percepciones a través de datos cualitativos, lo que enriqueció la interpretación de los resultados. Este diseño metodológico, que integra la recopilación y análisis de datos tanto numéricos como textuales, ofreció una comprensión más completa del problema investigado, permitiendo una triangulación de la información y una validación más robusta de los hallazgos obtenidos (Erazo & Narváez, 2024).

El muestreo sugerido para estudiantes universitarios de la provincia del Cañar fue el muestreo aleatorio simple. Este método garantizó que cada estudiante de la población tuvo la misma oportunidad de ser seleccionado, lo cual ayudó a obtener una muestra representativa.

La fórmula empleada fue:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q}{e^2 \cdot (N - 1) + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

Donde:

n: fue el tamaño de la muestra que se buscó.

N: fue el tamaño de la población de estudiantes universitarios de las carreras en línea del Cañar.

Z: fue el valor de Z asociado al nivel de confianza.

p: fue la proporción esperada del fenómeno estudiado (probabilidad de éxito).

q: fue la proporción complementaria (1 - p) (probabilidad de fracaso).

e: fue el error máximo aceptable

$$n = \frac{(780) \cdot (1.96)^2 \cdot (0.5) \cdot (0.5)}{(0.08)^2 \cdot (780 - 1) + (1.96)^2 \cdot (0.5) \cdot (0.5)}$$

$$n = \frac{(780) \cdot (0.9604)}{(0.0064) \cdot (779) + (0.9604)}$$

$$n = \frac{779.112}{4.9856 + 0.9604}$$

$$n = \frac{779.112}{5.946}$$

La muestra fue de 126 estudiantes

La relación entre la gamificación y el rendimiento en programas educativos online expresado en la tabla 1, indica cómo la inclusión de aplicaciones en el diseño y la oferta de cursos online influye en el rendimiento académico de los estudiantes, proporcionando un claro panorama sobre la efectividad de la herramienta en el aprendizaje. Esta correlación se examina a través de la percepción de los estudiantes sobre su rendimiento y la integración de gamificación en los cursos online.

Tabla 5. *Relación entre la implementación de la gamificación y el aprendizaje*

Variable	Nivel	Recuentos	Total	Proporción	P
Rendimiento en programas educativos	Neutral	15	126	0.119	< .001
	No mucho	2	126	0.016	< .001
	Sí, algo	52	126	0.413	.061
	Sí, mucho	56	126	0.444	.247
	Sí, mucho, Sí, algo	1	126	0.008	< .001
Implementación de la gamificación	No estoy seguro	14	126	0.111	< .001
	Probablemente no	1	126	0.008	< .001
	Sí, algo	49	126	0.389	.016
	Sí, definitivamente	62	126	0.492	.929

Nota. *Proporciones contrastadas respecto al valor de 0.5, utilizando pruebas de significancia estadística.*

El análisis muestra que los estudiantes con mayor participación en la gamificación tienden a obtener mejores resultados académicos. No todos los niveles alcanzaron significancia estadística, los que tuvieron mayor implicación mostraron una mejora en el rendimiento; con ello se explica

que, la percepción positiva de esta aplicación dinámica en el entorno educativo digital influye favorablemente en el aprendizaje y la participación de los estudiantes; ahora bien, que esto sea así, dependerá de factores como el diseño y la ejecución de las actividades, destacando que una mayor percepción y seguridad en la implementación de la gamificación favorece los resultados académicos. Se observa que tiene el potencial de mejorar la motivación, el rendimiento y la satisfacción de los estudiantes, aunque con variabilidad en su impacto dependiendo de su aplicación.

La tabla 2 relaciona a la motivación educativa online con la participación en cursos que utilizan gamificación. Lo que se trata aquí es, comprender cómo la percepción de los estudiantes sobre su entusiasmo para aprender en entornos educativos online se asocia con su predisposición a participar en cursos que implementan mecánicas dinámicas. Los resultados proporcionan información sobre la efectividad de la gamificación como herramienta de motivación en el aprendizaje digital y su efecto en la participación estudiantil en programas educativos online.

Tabla 6. *Relación entre variables de la investigación.*

Variable	Nivel	Recuentos	Total	Proporción	P
				n	
Motivación educativa	Neutral	12	126	0.095	< .001
	No mucho	4	126	0.032	< .001
	Sí, moderadamente	36	126	0.286	< .001
	Sí, moderadamente, Neutral	1	126	0.008	< .001
	Sí, moderadamente, No mucho	1	126	0.008	< .001
	Sí, significativamente	67	126	0.532	.533
	Sí, significativamente, Sí, moderadamente	5	126	0.040	< .001
Participación estudiantil	No estoy seguro	10	126	0.079	< .001
	Probablemente no	2	126	0.016	< .001
	Sí, definitivamente	49	126	0.389	.016
	Sí, definitivamente,	1	126	0.008	< .001

	Sí, tal vez				
	Sí, tal vez	63	126	0.500	1.000
	Sí, tal vez, No estoy seguro	1	126	0.008	< .001

Nota. *Proporciones contrastadas respecto al valor de 0.5, utilizando pruebas de significancia binomial.*

El análisis revela una conexión significativa entre ambas variables en el sector educativo; aquí los estudiantes indican, cómo perciben una mejora notable en su motivación debido a la gamificación, por ende, están más dispuestos a participar activamente en cursos online que incorporen elementos lúdicos; estos resultados, explican el valor de la herramienta no solo para fomentar un mayor compromiso en el aprendizaje, sino también como una estrategia eficaz de marketing educativo. La capacidad de la gamificación para generar una experiencia atractiva y motivadora tiene el potencial de aumentar la retención de estudiantes y la participación en plataformas educativas, lo que convierte esta herramienta en una estrategia clave para las instituciones educativas que buscan fortalecer su oferta online y atraer a nuevos estudiantes.

Ahora bien, si la gamificación puede o no aumentar la efectividad de los programas de formación profesional online, los resultados revelan que, el 56.3% considera que tiene un impacto positivo en la efectividad de dichos programas; un 36.5% de los encuestados cree que la gamificación puede aumentar la efectividad, aunque de manera moderada; solo un 5.6% de los participantes se mostró indeciso al respecto; y, 1.6% combinó las respuestas afirmativas, destacando un consenso general sobre los beneficios de esta aplicación dinámica en la mejora de la efectividad educativa; estos resultados de la encuesta sugieren que, es una herramienta clave para mejorar la experiencia y los resultados de los programas de formación online, lo que puede ser aprovechado por las instituciones educativas como una estrategia de marketing para atraer a estudiantes interesados en métodos de enseñanza innovadores y efectivos.

Otras de las interrogantes, consistían en conocer si, las recompensas o logros dentro de un entorno gamificado aumentan el interés en continuar con un curso online; la encuesta muestra que, el 46% de los participantes considera que las recompensas siempre incrementan su interés en continuar con el curso, mientras que un 33.3% afirma que esto sucede a

menudo; el 15.9% menciona que el impacto es ocasional, y un 2.4% afirma que ocurre raramente; estos resultados indican que, las recompensas y logros son percibidos como factores motivacionales clave en la experiencia de aprendizaje online, lo que resalta la importancia de integrar elementos gamificados en las plataformas educativas como una estrategia de marketing para aumentar la retención estudiantil y mejorar la experiencia del usuario. A continuación, la figura 9 muestra el comportamiento de los resultados de la variable motivación y aprendizaje.

La interrogante sobre si está familiarizado con la gamificación en plataformas educativas y profesionales online, muestra resultados con un

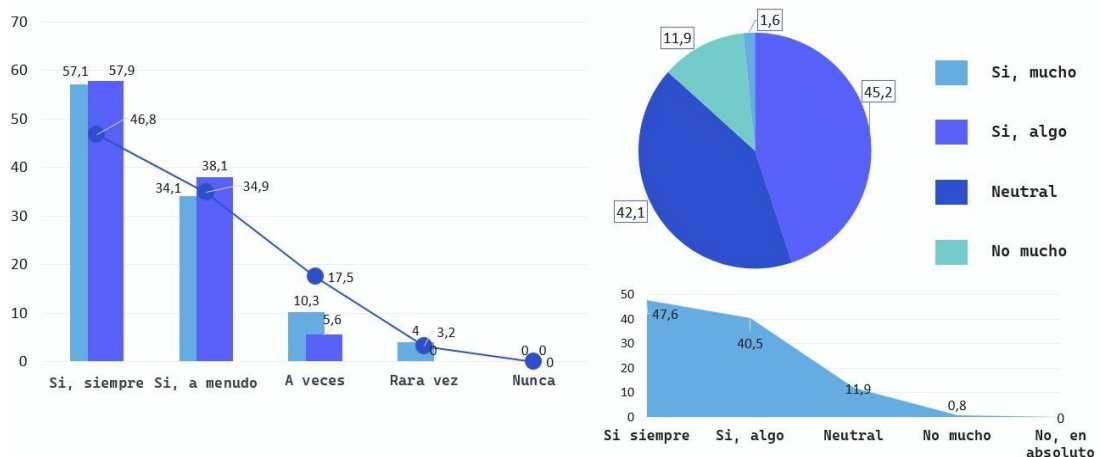


Figura. 9. Dashboards de la motivación y aprendizaje.

Nota. Información de las variables estudiadas en el presente análisis

alto nivel de conocimiento y exposición a entornos dinámicos por parte de los participantes. El 33,3% indicó estar parcialmente adaptado con esta aplicación, el 31,0 % manifestó conocerla en cierto grado, y el 20,6 % aseguró estar completamente acostumbrado con su uso, sumando así un 84,9 % de respuestas que evidencian un nivel de conocimiento medio o alto. Por otro lado, un 7,1% señaló tener poco conocimiento, y un 6,3 % declaró no estar familiarizado.

Desde una perspectiva de marketing educativo, estos resultados muestran una amplia receptividad del público hacia metodologías innovadoras, lo que sugiere que las estrategias de promoción y posicionamiento de plataformas de aprendizaje online pueden apalancarse en la gamificación como valor diferencial. A esto se suma que, el alto grado de familiaridad

implica una oportunidad para fortalecer el branding institucional, al asociar la experiencia de aprendizaje con innovación, motivación y participación activa, factores clave en la fidelización y expansión de los servicios educativos digitales.

Otro cuestionamiento que se investigó, fue el considerar si las plataformas educativas que implementan gamificación logran una mayor retención de estudiantes. Los resultados presentan una percepción alta respecto al impacto de esta aplicación dinámica en la permanencia estudiantil. El 46,8 % afirmó que las plataformas logran una mayor retención, mientras que el 39,7 % consideró que esto ocurre en cierta medida, sumando un 86,5 % de opiniones favorables. Por lo contrario, un 11,9 % se mostró neutral y un 0,8 % opinó que no mucho, lo cual indica un nivel mínimo de escepticismo. Desde una perspectiva de marketing educativo, estos resultados destacan que la gamificación se percibe como un factor de diferenciación estratégica, capaz de incrementar la lealtad y retención de los usuarios en programas de formación online. Este alto grado de aceptación refuerza el valor de implementar estrategias de marketing basadas en la experiencia del usuario, donde los logros, niveles y recompensas no solo fortalecen la motivación académica, sino también la fidelización hacia la marca institucional y su propuesta de valor en el entorno digital. La figura 3 muestra el comportamiento de las respuestas indicadas.

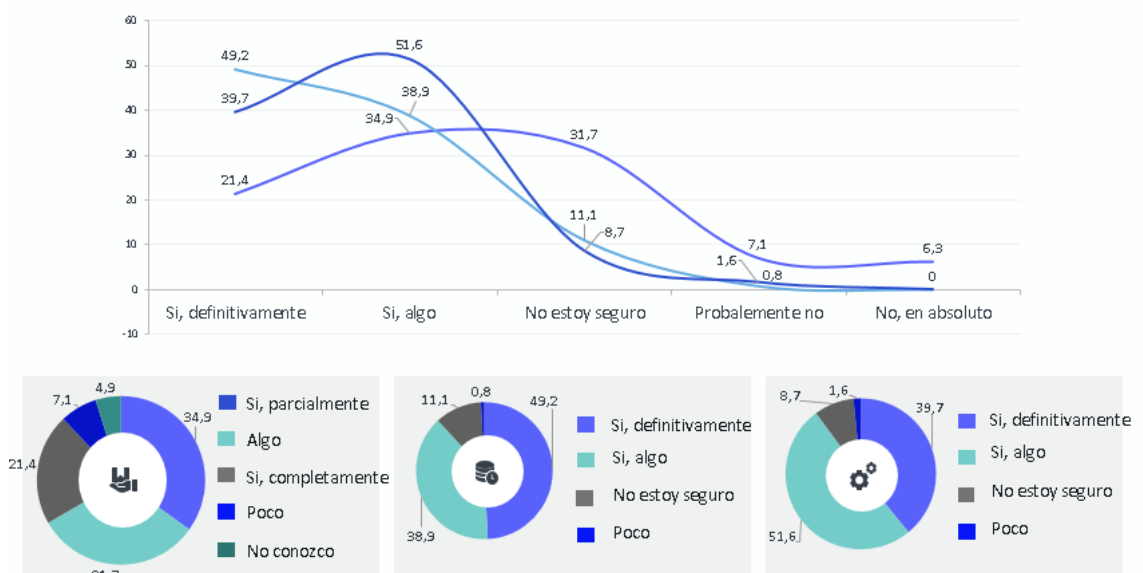


Figura. 10. DashBoards de la gamificación

Nota. Información de las variables estudiadas en el presente análisis

Cuestión 1. ¿De qué manera la gamificación influye en la motivación y el rendimiento académico en comparación con otros contextos educativos de América Latina?

Albán, et al., (2024), investigan sobre el uso de la gamificación en la educación superior y cómo esta mejora tanto la motivación como el aprendizaje de los estudiantes, a través de herramientas como, duolingo, kahoot!, y classcraft, los resultados de su estudio indican que estas aplicaciones tecnológicas, aumentan la participación estudiantil, lo que a su vez mejora su rendimiento académico; la investigación también destaca, cómo fomenta un mayor compromiso de los estudiantes, facilitando su aprendizaje autónomo y sostenido.

En comparación con los resultados de la encuesta, se encuentra una tendencia donde la gamificación contribuye significativamente a la motivación y al rendimiento; pero en esta investigación, la percepción de los estudiantes mostró más variabilidad, en algunos mostrando una mejora considerable en su rendimiento, mientras que en otros presentaron resultados más moderados; esta diferencia podría deberse a la naturaleza específica de las herramientas utilizadas en cada contexto y la diversidad en programas educativos.

Cuestión 2. ¿Cómo se relaciona la gamificación con la fidelización y satisfacción estudiantil en comparación con otras investigaciones regionales?

Atiencia & Chicaiza (2024), abordan en su investigación cómo la gamificación y el marketing digital en la educación superior potencian el aprendizaje y la motivación de los estudiantes; en su estudio, los recursos como quizlet y trivinet aumentan la participación y mejoran la percepción de los estudiantes sobre el aprendizaje, facilitando la colaboración y el trabajo en equipo.

Esta investigación coincide con los hallazgos de la información obtenida de los estudiantes universitarios de la provincia del Cañar, en los que también se observa que la gamificación fomenta la colaboración entre los participantes, pero en la muestra se percibió una mayor influencia en la fidelización estudiantil y la mejora de la satisfacción general, mostrando

que esta herramienta tiene un impacto más fuerte en aquellos estudiantes que ya poseen una predisposición positiva hacia el aprendizaje autónomo, mientras que en otros la influencia fue moderada, todo esto bajo el enfoque individual y no colectivo.

Cuestión 3. ¿Qué papel desempeña el aprendizaje colaborativo en entornos gamificados y cómo se refleja esto en la educación superior online?

Castellanos & Niño (2020), analizan el impacto del aprendizaje colaborativo mediado por gamificación, destacando que las interacciones socioemocionales en un entorno gamificado mejoran la experiencia educativa y la motivación de los estudiantes. En su investigación, observan que estas herramientas facilitan un mayor sentido de pertenencia y colaboración entre los estudiantes, lo que a su vez aumenta su rendimiento y satisfacción.

Este estudio comparte puntos en común con los resultados de la muestra, especialmente en la forma en que la gamificación influye en el aprendizaje colaborativo; en Cañar, se encuentra la fidelización de los estudiantes, siendo sus resultados muy notorios, lo que refleja un enfoque más direccionado al marketing educativo. Los aspectos emocionales del aprendizaje colaborativo son muy relevantes en la investigación de Castellanos y Niño, pero en este estudio, se destacó más el impacto de los elementos dinámicos sobre el rendimiento académico y la retención estudiantil del universitario cañarense.

Cuestión 4. ¿Qué diferencias existen entre el impacto de la gamificación en niveles educativos básicos y superiores?

La gamificación como estrategia didáctica para motivar el aprendizaje, un estudio de Chávez et al., (2025), se centran en la herramienta como un componente para mejorar el desempeño en los estudiantes de educación básica superior; en esta investigación, aplicaciones como socrative son vistas como efectivas para mejorar la comprensión y calificaciones de los estudiantes.

Los resultados son similares a los encontrados en la juventud de la provincia del Cañar, donde también se observa que manejan la gamificación, teniendo con ello un impacto positivo en el rendimiento; una

diferencia clave radica en el contexto educativo, esta investigación se orienta a la educación superior online, lo que puede explicar las diferencias en la percepción de los estudiantes y la manera en que estas herramientas afectan su motivación y aprendizaje.

Cuestión 5. ¿Qué implicaciones tiene la integración de gamificación con tecnologías emergentes en la educación digital del futuro?

Santana & Báez (2025), por su parte, analizan a la gamificación, IA y la realidad virtual en la educación secundaria en la República Dominicana, destacando que mejora la motivación y la participación de los estudiantes; los resultados muestran que, la gamificación es especialmente efectiva cuando se integra con otras tecnologías emergentes, como la IA, lo que también aumenta el rendimiento académico. Estos resultados comparados con los datos obtenidos del presente estudio, se haya una similitud en cuanto a la mejora de la motivación y el rendimiento académico mediante el uso de herramientas gamificadas; sin embargo, en la provincia del Cañar, fue percibida como una herramienta más centrada en fidelizar a los estudiantes y mejorar su experiencia en cursos online; mientras que, en el estudio de Santana y Báez se destaca más la combinación con tecnologías emergentes.

Conclusiones

La gamificación en la educación online influye en el rendimiento académico; ya que, los estudiantes que participaron activamente en actividades dinámicas mostraron mayor desempeño y satisfacción, esta relación confirma el valor estratégico como herramienta de aprendizaje y marketing educativo digital.

La motivación y la participación estudiantil aumentan en cursos que integran mecánicas lúdicas; es decir, los estudiantes perciben la gamificación como un elemento que estimula su interés y compromiso, convirtiéndola en un medio eficaz para fortalecer la fidelización y permanencia dentro de los programas de educación virtual.

La percepción de la gamificación como estrategia pedagógica y de marketing, refuerza la idea de que su implementación incrementa la efectividad de los programas de formación profesional online; mientras que, los entornos gamificados se consolidan como espacios que promueven la autonomía, la colaboración y la satisfacción del estudiante.

Las recompensas, logros e insignias digitales son los principales factores de motivación, generando una experiencia positiva que incentiva la continuidad en los cursos; desde la óptica del marketing educativo, estas dinámicas fortalecen el engagement y consolidan la identidad institucional basada en innovación y experiencia del usuario.

La familiaridad de los estudiantes con la gamificación y su permanencia en esta metodología educativa, confirman la implementación de esta herramienta como estrategia de diferenciación en la educación digital; así también, integrar al diseño curricular representa una oportunidad para fidelizar, atraer y mantener a nuevos segmentos de estudiantes online.

Agradecimientos

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Universidad Católica de Cuenca, por su compromiso con la formación académica y el impulso constante a la investigación aplicada. A la Unidad de Posgrado y al Programa de Maestría en Marketing con mención en E-commerce y Marketing Digital, por brindar un espacio académico de excelencia, orientado a la innovación, la reflexión crítica y el desarrollo profesional. Mi gratitud se extiende a los docentes del programa, quienes, a través de sus guías, asesorías, provisión de recursos y herramientas metodológicas, contribuyeron significativamente a la elaboración y fortalecimiento de este trabajo de investigación. Su acompañamiento académico y humano ha sido esencial para alcanzar los objetivos propuestos y consolidar una visión integral del marketing digital y su aplicación en la educación contemporánea.

Referencias Bibliográficas

- Alarcón, V., & Tejero, B. (2025). Gamificación como técnica de aprendizaje en el área de las Ciencias Formales [Gamification as a learning technique in the área of Formal Sciences]. *European Public & Social Innovation Review*, 10, 1-17. doi:<https://doi.org/10.31637/epsir-2025-1847>
- Albán, J., Oña, A., Manobanda, E., & Cocha, M. (2024). El uso de la gamificación en la educación superior para mejorar el aprendizaje y la motivación. *Reincisol*, 3(6), 778-805. doi:[https://doi.org/10.59282/reincisol.V3\(6\)778-805](https://doi.org/10.59282/reincisol.V3(6)778-805)

- Atiencia, H., & Chicaiza, P. (2024). Recursos de gamificación y marketing digital en la educación superior. Universidad Técnica de Ambato. doi:<https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/4da850f8-0cbf-4bca-9eeb-845b8b49b7a8/content>
- Calle, K., Erazo, J., & Narváez, C. (2020). Marketing digital y estrategias online en el sector de fabricación de muebles de madera. Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía, 339–369. doi:<https://doi.org/10.35381/r.k.v5i10.698>
- Cano, L., & Ángel, I. (2023). Perspectivas de Los Estudiantes Sobre Las Experiencias de Aprendizaje En Un Curso Virtual Y Un MOOC. American Journal of Distance Education, 37(2), 133-150. doi:<https://doi.org/10.1080/08923647.2023.2202596>
- Castellanos, J. C., & Niño, S. A. (2020). Aprendizaje colaborativo en línea, una aproximación empírica al discurso socioemocional de los estudiantes. Revista Electrónica de Investigación Educativa, 22(e-20), 1-12. doi:<https://doi.org/10.24320/redie.2020.22.e20.2329>
- Chavez, C., Jara, L., Santamaría, T., & Pérez, H. (2025). Gamificación como estrategia didáctica para motivar el aprendizaje en los estudiantes de Básica Superior. Revista Minerva, 6(10), 35-59. doi:<https://doi.org/10.53591/minerva.v6i10.2029>
- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness: Defining "gamification." . Academic MindTrek Conference. doi:<https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>
- Erazo, J., & Narváez, C. (2024). SABERES. Coro: Fondo Editorial Fundación Koinonía. doi:<https://doi.org/10.35381/978-980-7792-62-2>
- Garmen, P., Rodríguez, C., García, P., & San-Pedro, J. (2019). Inteligencias múltiples y videojuegos: Evaluación e intervención con software TOI. Revista Científica de Educomunicación, 58, 95-104. doi:<https://doi.org/10.3916/C58-2019-09>
- Lafarga, P., Soler, R., Del Barrio, L., & Cáceres, M. (2024). Una revisión sistemática sobre la comunicación en la gamificación educativa: nuevos enfoques de investigación. IJERI: International Journal of

Educational Research and Innovation, 21, 1-16.
doi:<https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/93566/5-8878.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

León González, V. J., Erazo Álvarez, J. C., Narváez Zurita, C. I., & Solís Muñoz, J. B. (2019). Marketing mix de servicios de valor agregado de última milla. Valor y trascendencia de las 4 P. Visionario Digital, 3(2), 145-172. doi:<https://doi.org/10.33262/visionariodigital.v3i2.2.628>

Martínez, A. (2025). Análisis de las diferencias en los niveles de motivación en el proceso de aprendizaje: una comparativa entre estudiantes universitarios jóvenes y sénior según género. *European Public & Social Innovation Review*, 10, 1-15. doi:<https://doi.org/10.31637/epsir-2025-1330>

MordorIntelligence. (5 de 12 de 2023).
https://www.mordorintelligence.com. Obtenido de
<https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/gamification-market#:~:text=El%20mercado%20de%20la%20gamificaci%C3%B3n%20est%C3%A1%20experimentando%20un,aprendizaje%20basado%20en%20juegos%20y%20el%20dise%C3%B1o%20de%20los%20jugadores>.
Adico.

Santana, E., & Báez, K. (2025). Inteligencia artificial, gamificación y realidad virtual en la educación secundaria dominicana: un análisis descriptivo. *EDUTEC. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 92, 196-215. doi:<https://doi.org/10.21556/edutec.2025.92.3833>

Yang, L., Ibrahim, A., Tan, W., & Wang, Y. (2025). Exploring the synergy: outdoor adventure education, self-efficacy, and learning motivation within the framework of outcome-based education. *Salud, Ciencia y Tecnología - Serie de Conferencias*, 4(1286).
doi:<https://doi.org/10.56294/sctconf20251286>

Sistema embebido de bajo costo para la detección de somnolencia en conductores mediante sensores inerciales: diseño y validación de una gorra inteligente.

Jennifer Karolan Uruchima Matute

Universidad Católica de Cuenca. La Troncal, Ecuador
ORCID: 0009-0003-6900-1845
jennifer.uruchima@est.ucacue.edu.ec

Marco Antonio Cabrera Sanchez

Universidad Católica de Cuenca. La Troncal, Ecuador
ORCID: 0009-0004-1123-6382
marco.cabrera@est.ucacue.edu.ec

Marcos Giovanny Orellana Parra

Universidad Católica de Cuenca. La Troncal, Ecuador
ORCID: 0000-0003-2976-316X
morellanap@ucacue.edu.ec

Gina Paulina Araujo Santacruz

Universidad Católica de Cuenca. La Troncal, Ecuador
ORCID: 0009-0002-4552-9787
gina.araujo@uacue.edu.ec

Introducción

La seguridad vial continúa siendo una problemática de gran impacto a nivel global. De acuerdo con Garcés (2015), los accidentes de tránsito provocan más de 1.3 millones de muertes anualmente, siendo la fatiga y la somnolencia factores determinantes en una proporción significativa de estos eventos. A diferencia de otras condiciones como el consumo de alcohol, la somnolencia es un fenómeno silencioso, difícil de detectar y de rápida aparición, lo que incrementa su peligrosidad.

En particular, los conductores de transporte de larga distancia constituyen un grupo altamente vulnerable, debido a jornadas extensas, condiciones de trabajo exigentes y limitadas pausas de descanso. Esta situación ha motivado el desarrollo de soluciones tecnológicas orientadas a la detección temprana de estados de fatiga.

En este marco, el presente trabajo propone una alternativa basada en sistemas embebidos de bajo costo, específicamente una gorra inteligente

capaz de detectar inclinaciones anómalas de la cabeza mediante sensores inerciales. Este enfoque busca equilibrar funcionalidad, accesibilidad y facilidad de implementación, especialmente en contextos educativos y de recursos limitados.

Planteamiento del problema y justificación

La somnolencia al volante representa un riesgo crítico debido a la disminución progresiva de la atención, el tiempo de reacción y la capacidad de toma de decisiones. Según Garcés (2015), estos efectos pueden desencadenar pérdida total del control del vehículo en cuestión de segundos.

Si bien existen sistemas avanzados de detección basados en visión artificial o análisis biométrico, estos suelen requerir infraestructura costosa, limitando su acceso en entornos con restricciones económicas. En este sentido, surge la necesidad de desarrollar soluciones tecnológicas accesibles que permitan mitigar este riesgo.

El presente proyecto responde a esta necesidad mediante el diseño de un dispositivo portátil, económico y funcional, basado en la plataforma Arduino UNO y el sensor MPU6050. Su implementación busca no solo contribuir a la seguridad vial, sino también fomentar el aprendizaje práctico en áreas como electrónica, programación y sistemas embebidos.

Somnolencia como factor de riesgo vial

La somnolencia constituye un estado fisiológico caracterizado por la disminución del nivel de alerta y de la capacidad de respuesta del individuo. Este fenómeno, cuando se presenta durante la conducción de vehículos, afecta directamente las funciones cognitivas y motoras del conductor, incrementando de manera significativa la probabilidad de sufrir un accidente de tránsito.

De acuerdo con lo señalado por Roehrs, Carskadon, Dement y Roth (2017), la somnolencia diurna se define como la tendencia de una persona a quedarse dormida; es decir, la propensión al sueño o la facilidad para transitar desde la vigilia hacia el sueño. En términos complementarios, Cluydts, De Valck, Verstraeten y Theys (2002) sostienen que la somnolencia representa un estado intermedio entre la vigilia plena y el sueño, en el cual se deterioran progresivamente los mecanismos atencionales y los tiempos

de reacción. Las causas de la somnolencia excesiva pueden clasificarse en primarias o secundarias. Entre las primeras, también denominadas de origen central, se incluyen trastornos como la narcolepsia, la hipersomnia idiopática y otras hipersomnias primarias poco frecuentes, entre ellas el síndrome de Kleine-Levin.

Por otro lado, las causas secundarias abarcan dos grandes grupos. El primero está constituido por trastornos que ocurren durante el sueño o que se relacionan directamente con este; entre ellos se encuentran los trastornos respiratorios —siendo el más conocido el síndrome de apnea-hipopnea del sueño—, las conductas que inducen privación de sueño (como el trabajo nocturno), otras alteraciones del sueño (por ejemplo, el *jet lag* o cualquier interrupción del ritmo circadiano), el síndrome de piernas inquietas y el movimiento periódico de las extremidades. El segundo grupo engloba diversas condiciones médicas, tales como traumatismos encefálicos, accidentes cerebrovasculares, cáncer, enfermedades inflamatorias, encefalitis, trastornos neurodegenerativos o psiquiátricos —especialmente la depresión—, así como los efectos secundarios de ciertos fármacos, como las benzodiazepinas (Roehrs et al., 2017; Cluydts et al., 2002).

En el contexto específico de la conducción vehicular, la somnolencia se ha identificado como una de las causas principales de accidentes de tránsito a nivel mundial, comparable en magnitud a la conducción bajo los efectos del alcohol (Garcés, 2015). Este hecho justifica la necesidad de desarrollar sistemas tecnológicos accesibles que permitan detectar oportunamente los episodios de somnolencia y alertar al conductor antes de que ocurra un incidente.

Sistemas embebidos y Arduino

Los sistemas embebidos constituyen soluciones tecnológicas diseñadas para realizar funciones específicas dentro de un sistema mayor. En el marco del presente estudio, la plataforma Arduino UNO se presenta como una alternativa de hardware libre ampliamente utilizada en prototipado rápido, debido a su bajo costo y facilidad de uso.

Para comprender el concepto de sistema embebido, resulta necesario partir de las definiciones propuestas por distintos autores en el ámbito de la computación y la electrónica. En términos generales, cuando las

personas aluden a un sistema embebido, suelen hacerlo para referirse a aquel sistema de cómputo que permanece "escondido" dentro de un producto o dispositivo, sin que el usuario lo perciba directamente como una computadora convencional (Wolf, 2008). Esta noción se complementa con la visión de Morton (2000), quien sostiene que un sistema embebido es cualquier dispositivo que incorpora un computador programable, pero que, por su diseño y función, no constituye un computador de propósito general. En la misma línea, Simon (1999) añade que se trata de un sistema electrónico dotado de un microprocesador o microcontrolador, aunque en la práctica cotidiana difícilmente se le identifique como un computador. En conjunto, estas perspectivas permiten contextualizar los sistemas embebidos como componentes tecnológicos discretos, integrados en objetos de uso diario —como electrodomésticos, automóviles o dispositivos médicos— cuya función principal no es la computación generalista, sino la ejecución de tareas específicas de manera eficiente, autónoma y, en muchos casos, imperceptible para el usuario final.

Dentro del amplio universo de los sistemas embebidos, Arduino se ha consolidado como una de las plataformas más accesibles y representativas para el aprendizaje y la creación de prototipos. Arduino es una placa controladora que permite manejar tanto sensores como motores o ledes, entre muchos otros componentes electrónicos (Forma Roboti-k, 2018). Existen múltiples versiones de estas placas, desde las más pequeñas, como el modelo Nano o el Micro, hasta las más potentes, como el Arduino Mega, sin olvidar el Arduino Uno, el modelo más utilizado hasta la fecha. Todas ellas pueden programarse a través del lenguaje C y del entorno de desarrollo propio de Arduino. Su reducido tamaño y su bajo consumo las convierten en la herramienta ideal para iniciarse en el mundo de la electrónica, la programación y la robótica (Forma Roboti-k, 2018).

Las controladoras Arduino son capaces de gestionar señales tanto analógicas como digitales, tanto de entrada como de salida, admitiendo un gran número de componentes. El componente principal de Arduino es su microcontrolador Atmel AVR de ocho bits, presente en la mayoría de los modelos, el cual puede ser programado en lenguaje de alto nivel. Este microcontrolador es el encargado de realizar los procesos lógicos y matemáticos, además de gestionar el resto de los componentes externos (Forma Roboti-k, 2018). En este sentido, Arduino ejemplifica a la perfección la noción de sistema embebido: un dispositivo que incorpora un

computador programable (un microcontrolador) pero que no se concibe como un ordenador de propósito general, tal como señalan Morton (2000) y Simon (1999). Además, al igual que otros sistemas embebidos, Arduino permanece frecuentemente "escondido" dentro de productos o dispositivos sin que el usuario lo perciba como una computadora convencional (Wolf, 2008).

El entorno de programación de Arduino (IDE) es una aplicación de licencia *open source* que se puede obtener de forma gratuita a través del sitio web oficial. Este software, caracterizado por su sencillez, permite introducir código en las placas controladoras mediante un cable USB conectado al ordenador. La estructura básica de un programa en Arduino se fundamenta en dos funciones imprescindibles: la función ``setup()``, encargada de configurar las conexiones de entrada y salida, y la función ``loop()``, que ejecuta el código de forma cíclica hasta la desconexión de la placa (Forma Roboti-k, 2018). De este modo, Arduino no solo democratiza el acceso a la electrónica programable, sino que también materializa los principios fundamentales de los sistemas embebidos: autonomía, eficiencia y ejecución de tareas específicas en contextos cotidianos.

Sensor MPU6050

El MPU6050 es un sensor inercial que combina en un único componente un acelerómetro de tres ejes y un giroscopio de tres ejes, permitiendo medir movimientos lineales y angulares, así como ángulos de inclinación (roll, pitch y yaw). Este dispositivo resulta fundamental en el presente estudio, ya que constituye el elemento central para la detección de movimientos anómalos de la cabeza asociados a episodios de somnolencia.

Dentro del ámbito de los sistemas embebidos y la medición inercial, el sensor MPU6050 se presenta como un dispositivo de gran relevancia debido a su versatilidad y bajo costo. Este sensor integra, como se ha señalado, un giroscopio de tres ejes y un acelerómetro de tres ejes, lo que permite medir simultáneamente la velocidad angular y la aceleración lineal de un objeto en movimiento (Yudhana, Rahmawan, & Negara, 2018). En términos prácticos, el MPU6050 constituye una unidad de medición inercial (IMU, por sus siglas en inglés) que resulta especialmente útil para analizar el movimiento o la ubicación de una persona en entornos cerrados, donde

otras tecnologías de localización pueden resultar ineficaces (Sultan, Zani, Azuani, Ibrahim, & Yusop, 2022).

El funcionamiento del MPU6050 se fundamenta en la tecnología microelectromecánica (MEMS), que permite fabricar componentes compactos, ligeros, de bajo consumo energético y con tiempos de inicio rápidos (Sultan et al., 2022). Estas características lo convierten en una herramienta idónea para aplicaciones que requieren seguimiento de movimiento humano, tales como guantes inteligentes para traducción de lenguaje de señas, control de prótesis, realidad virtual o sistemas de localización de equipos de rescate (Sultan et al., 2022; Yudhana et al., 2018). En el contexto de la detección de somnolencia, el MPU6050 puede colocarse estratégicamente en una gorra inteligente para registrar los movimientos de cabeceo (pitch) y balanceo (roll) característicos de la pérdida del tono muscular durante los episodios de microsueño.

Sin embargo, las mediciones obtenidas directamente del MPU6050 no son perfectamente precisas debido a la presencia de ruido y desviaciones en la señal. Entre los principales errores que afectan a este sensor se encuentran el ruido de medición (ruido blanco, ruido *flicker*, caminata aleatoria angular) y la inestabilidad de la polarización (*bias instability*), que provoca que la salida del sensor se desvíe gradualmente de su valor real aunque el dispositivo permanezca estático (Sultan et al., 2022). En concreto, el giroscopio mide la velocidad angular, mientras que el acelerómetro detecta la fuerza gravitacional; ambos están sujetos a perturbaciones que distorsionan los datos brutos. Por ejemplo, cuando el sensor está estacionario, el giroscopio únicamente debería medir la velocidad angular de la Tierra, pero en la práctica las lecturas aparecen contaminadas por ruido de naturaleza gaussiana (Sultan et al., 2022).

Para superar estas limitaciones y mejorar la precisión de las mediciones, se emplean filtros que combinan las señales del acelerómetro y del giroscopio. Uno de los métodos más eficaces y computacionalmente ligeros es el filtro complementario (*complementary filter*). Este filtro aprovecha que el acelerómetro introduce ruido de alta frecuencia, mientras que el giroscopio presenta deriva a baja frecuencia; al combinar ambos mediante un filtro paso bajo y un filtro paso alto, se obtiene una señal más estable y precisa (Sultan et al., 2022). La ecuación característica de este filtro cumple que la suma de la respuesta paso bajo y paso alto es igual a la unidad, lo que permite mantener la integridad de la señal sin introducir

retardos significativos. Como resultado, se ha demostrado que la aplicación del filtro complementario sobre las lecturas del MPU6050 puede alcanzar una precisión de aproximadamente ± 1.5 grados, mejorando la exactitud de la medición inercial superior al 95% en comparación con los datos brutos sin filtrar (Sultan et al., 2022).

La integración del MPU6050 con microcontroladores como Arduino Nano o ESP8266 NodeMCU permite leer los datos del sensor a través del protocolo I2C y transmitirlos de forma inalámbrica a plataformas IoT, facilitando la visualización en tiempo real de los ángulos de inclinación desde dispositivos móviles (Sultan et al., 2022). Esta capacidad de comunicación inalámbrica resulta especialmente valiosa en el sistema propuesto, ya que permite alertar al conductor sin necesidad de cables que puedan interferir con la conducción.

Enfoques tecnológicos en la detección de somnolencia

Los sistemas de detección de somnolencia desarrollados hasta la fecha pueden clasificarse en tres grandes categorías, según la tecnología empleada y el tipo de variable fisiológica o conductual que monitorean.

En primer lugar, los ****sistemas basados en visión artificial**** constituyen uno de los enfoques más extendidos. Estos sistemas utilizan cámaras para capturar el rostro del conductor y algoritmos de procesamiento de imágenes para identificar indicadores como el parpadeo, la frecuencia de cierre de los párpados (PERCLOS), la mirada perdida o el bostezo. Vargas (2024) reporta una precisión del 99% utilizando modelos de reconocimiento facial como DLIB, mientras que León León, Jara Carbajal y Rodríguez Lazo (2023) emplean redes neuronales para detectar microsueños en tiempo real. Por su parte, Lema Pilco (2025) y Arpasi Chura (2025) han desarrollado aplicaciones de inteligencia artificial para la detección de somnolencia a partir de imágenes, obteniendo resultados prometedores. Asimismo, Baiza Lovato (2020) y Revelo Rosero (2019) demuestran la viabilidad de sistemas basados en visión artificial, destacando su accesibilidad. Sin embargo, estos enfoques requieren recursos computacionales elevados, una iluminación adecuada y una posición fija de la cámara, lo que limita su implementación en vehículos de gama baja o en condiciones de conducción nocturna (Leyva Meza & Núñez Liñan, 2024).

En segundo lugar, los ****sistemas biométricos**** —especialmente aquellos basados en electroencefalografía (EEG)— ofrecen una alta fiabilidad al medir directamente la actividad eléctrica cerebral asociada a los estados de vigilia y somnolencia. Garcés (2015) analiza el uso de EEG en la detección de somnolencia, evidenciando su precisión diagnóstica. No obstante, estos sistemas presentan limitaciones prácticas significativas para su uso en dispositivos portátiles y no invasivos, ya que requieren electrodos colocados sobre el cuero cabelludo, lo que resulta incómodo para el conductor y dificulta su adopción masiva.

En tercer lugar, los ****sistemas basados en sensores físicos**** —como sensores inerciales (acelerómetros y giroscopios), sensores de contacto en el volante o sensores de presión en el asiento— ofrecen una alternativa de menor costo y mayor facilidad de implementación. Estos sistemas detectan cambios en la postura del conductor, movimientos bruscos de la cabeza o pérdida del tono muscular, fenómenos que preceden o acompañan a los episodios de somnolencia. Estudios como los de Baiza Lovato (2020) y Revelo Rosero (2019) respaldan la viabilidad de este enfoque, destacando su accesibilidad y su idoneidad para soluciones embebidas de bajo costo.

Si bien los sistemas basados en visión artificial y EEG ofrecen alta precisión, su complejidad y costo justifican la exploración de alternativas basadas en sensores inerciales. La tendencia actual apunta hacia soluciones híbridas que equilibren precisión, costo, portabilidad y facilidad de uso, siendo precisamente esta la dirección que orienta el diseño de la gorra inteligente propuesta en el presente estudio.

Estado del arte

La literatura científica evidencia una evolución significativa en las tecnologías de detección de somnolencia durante las últimas dos décadas. En el ámbito de la visión artificial, los avances han sido notables. Vargas (2024) reporta una precisión del 99% utilizando modelos de reconocimiento facial como DLIB, mientras que León León, Jara Carbajal y Rodríguez Lazo (2023) emplean redes neuronales convolucionales para detectar microsueños en tiempo real. Arpasi Chura (2025) y Lema Pilco (2025) han aplicado inteligencia artificial al análisis de imágenes de conductores, obteniendo niveles de sensibilidad superiores al 90%. Leyva Meza y Núñez Liñan (2024) desarrollaron un sistema híbrido que combina

visión artificial y sensores físicos, alcanzando una precisión del 94% en condiciones controladas.

Sin embargo, estos enfoques requieren recursos computacionales elevados (cámaras de alta resolución, unidades de procesamiento gráfico o computadoras de a bordo), lo que incrementa significativamente el costo del sistema y limita su adopción en vehículos particulares de gama baja o en flotas de transporte con presupuestos restringidos.

En contraste, los estudios orientados a sistemas basados en sensores físicos demuestran la viabilidad de alternativas de bajo costo. Baiza Lovato (2020) implementó un prototipo basado en sensores de inclinación colocados en una gorra, logrando una tasa de detección del 85% en condiciones simuladas. Revelo Rosero (2019) desarrolló una alarma de somnolencia utilizando un acelerómetro MPU6050, reportando una respuesta efectiva ante movimientos bruscos de la cabeza asociados al cabeceo (microsueño). Estos trabajos confirman que los sensores inerciales, adecuadamente procesados mediante filtros complementarios, pueden constituir la base de sistemas confiables, portátiles y de muy bajo costo.

Por otra parte, Garcés (2015) analiza el uso de electroencefalografía (EEG), evidenciando una alta fiabilidad (superior al 95% en entornos clínicos), aunque con limitaciones prácticas para su uso en dispositivos portátiles debido a la incomodidad de los electrodos y la necesidad de procesamiento complejo de señales cerebrales.

La tendencia actual apunta hacia soluciones híbridas que equilibren precisión, costo y portabilidad. El presente estudio se inscribe en esta línea, proponiendo un sistema embebido de bajo costo basado exclusivamente en sensores inerciales (MPU6050) integrados en una gorra inteligente, que permite una detección no invasiva, discreta y asequible, sin renunciar a niveles de precisión aceptables para su implementación en entornos reales de conducción.

Componentes del sistema

El sistema propuesto se fundamenta en la integración de los siguientes componentes electrónicos, seleccionados por su bajo costo, disponibilidad en el mercado local y adecuación al propósito de detección de somnolencia en conductores:

Tabla 7. Componentes electrónicos utilizados en el sistema embebido para la detección de somnolencia

Componente	Especificación técnica	Función en el sistema
Arduino UNO	Microcontrolador ATmega328P, 5V, 14 pines digitales, 6 entradas analógicas	Unidad de control central: lectura del sensor MPU6050, procesamiento de datos mediante filtro complementario y activación de las alertas sonora y visual
Sensor MPU6050	Acelerómetro de 3 ejes + Giroscopio de 3 ejes, comunicación I2C (protocolo SDA/SCL)	Detección en tiempo real de los ángulos de inclinación de la cabeza (pitch: inclinación adelante-atrás; roll: inclinación lateral izquierda-derecha)
Buzzer (pasivo)	5V, rango de frecuencia 1-4 kHz, compatible con PWM	Emisión de alerta sonora intermitente ante la detección de un episodio de somnolencia
Módulo láser KY-008	Láser rojo de 5V, 5mW de potencia, compatible con señal digital	Proyección de una alerta visual sobre el parabrisas o el salpicadero del vehículo, dentro del campo visual del conductor
Batería de 9V	Batería alcalina o recargable de 9V, con conector de clip	Alimentación portátil del sistema, conectada al conector DC del Arduino o al pin Vin
Protoboard (placa de pruebas)	830 puntos de conexión (opcional, solo para prototipado)	Facilitar las conexiones temporales durante la fase de pruebas y depuración del circuito
Cables Dupont	Macho-hembra y hembra-hembra	Interconexión entre el Arduino, la protoboard y los componentes periféricos

Conexiones eléctricas detalladas

A continuación, se describen las conexiones específicas entre cada componente y el Arduino UNO. Es fundamental realizar todas las conexiones con el sistema apagado para evitar cortocircuitos o daños en los componentes.

Conexión del sensor MPU6050

El MPU6050 se comunica mediante el protocolo I2C, que utiliza únicamente dos líneas de datos además de la alimentación y tierra. Esta conexión es directa (no requiere resistencias adicionales)

Tabla 8. Configuración de conexiones del sensor MPU6050 con Arduino UNO

Pin del MPU6050	Conexión al Arduino UNO	Color de cable sugerido	Observaciones
VCC	3.3V o 5V	Rojo	Se recomienda 3.3V para mayor estabilidad de la señal; ambos voltajes son aceptados por el sensor
GND	GND (cualquier pin, ej. GND)	Negro	Tierra común con todos los componentes del sistema
SCL (Serial Clock)	A5	Amarillo o Verde	Línea de reloj del bus I2C
SDA (Serial Data)	A4	Azul	Línea de datos del bus I2C

Algunos módulos comerciales MPU6050 incluyen pines adicionales (XDA, XCL, AD0, INT). Para el funcionamiento básico de este proyecto, no es necesario conectar estos pines. El pin INT (interrupción) podría utilizarse en versiones avanzadas para activar alertas ante cambios bruscos de orientación, pero se ha optado por una lectura continua por simplicidad.

Conexión del buzzer

El buzzer emite la alerta sonora cuando el sistema detecta una inclinación de la cabeza superior al umbral establecido durante el tiempo configurado:

Tabla 9. Configuración de conexión del módulo buzzer

Pin del Buzzer	Conexión al Arduino UNO	Color de cable sugerido	Observaciones
Positivo (+) (ánodo)	Pin digital 9	Rojo o Naranja	Se utiliza un pin con capacidad PWM (9, 10 u 11) para generar tonos variables mediante la función tone()
Negativo (-) (cátodo)	GND	Negro	Conectar a cualquier tierra común del sistema

Si se utiliza un buzzer pasivo (el más común en prototipado, requiere señal PWM para generar sonido), la conexión es la descrita. Si se emplea un buzzer activo (incluye un oscilador interno), el positivo también va al pin digital 9 y el negativo a GND, pero solo emitirá un tono fijo (no se podrá modificar la frecuencia).

Conexión del módulo láser

El módulo láser KY-008 incluye una resistencia limitadora de corriente integrada, por lo que se puede conectar directamente sin componentes adicionales:

Tabla 10. Configuración de conexión del módulo láser KY-008

Pin del Módulo Láser	Conexión al Arduino UNO	Color de cable sugerido	Observaciones

VCC (o VCC)	Pin digital 8	Rojo	La alimentación del láser se toma directamente del pin de salida digital
GND (o -)	GND	Negro	Tierra común

Si se utiliza un diodo láser suelto (sin módulo PCB): se debe conectar el ánodo (terminal más largo) al pin digital 8 a través de una resistencia de 220Ω y el cátodo (terminal más corto) a GND. No conectar nunca un diodo láser directamente a 5V sin resistencia, ya que se quemará instantáneamente.

Alimentación del sistema

El sistema se alimenta mediante una batería portátil de 9V conectada al Arduino UNO, que a su vez distribuye la energía a los demás componentes:

Tabla 11. Esquema de alimentación eléctrica del sistema

Componente	Conexión	Observaciones
Batería 9V	Conector de clip a barril DC del Arduino (jack de 2.1mm, centro positivo)	El Arduino UNO incorpora un regulador de voltaje (LM1117) que convierte los 9V de entrada en 5V estables para alimentar el microcontrolador y los periféricos
Alternativa (si no se dispone del conector DC)	Pin Vin al positivo de la batería; pin GND al negativo de la batería	Misma funcionalidad; asegurarse de no invertir la polaridad

No invertir la polaridad de la batería. El positivo de la batería (cable rojo) debe ir al centro del conector DC o al pin Vin. El negativo (cable negro) a cualquier pin GND. La inversión de polaridad puede dañar irreversiblemente el Arduino y los componentes conectados.

Distribución de alimentación en la protoboard

Para facilitar las conexiones durante la fase de pruebas, se recomienda utilizar una protoboard y distribuir la alimentación a través de los rieles laterales:

Tabla 12. *Distribución de alimentación en la protoboard para el prototipo*

Conexión	Procedimiento
Riel positivo (rojo)	Conectar un cable rojo desde el pin 5V del Arduino a la línea roja de la protoboard
Riel negativo (azul)	Conectar un cable negro desde el pin GND del Arduino a la línea azul de la protoboard
Alimentación del buzzer	Conectar el pin positivo del buzzer al pin digital 9; el negativo al riel azul (GND)
Alimentación del láser	Conectar el pin VCC del láser al pin digital 8; el GND al riel azul

Esquema circuital (diagrama de conexiones)

A continuación, se presenta un esquema circuital que representa la disposición de los componentes y las conexiones.

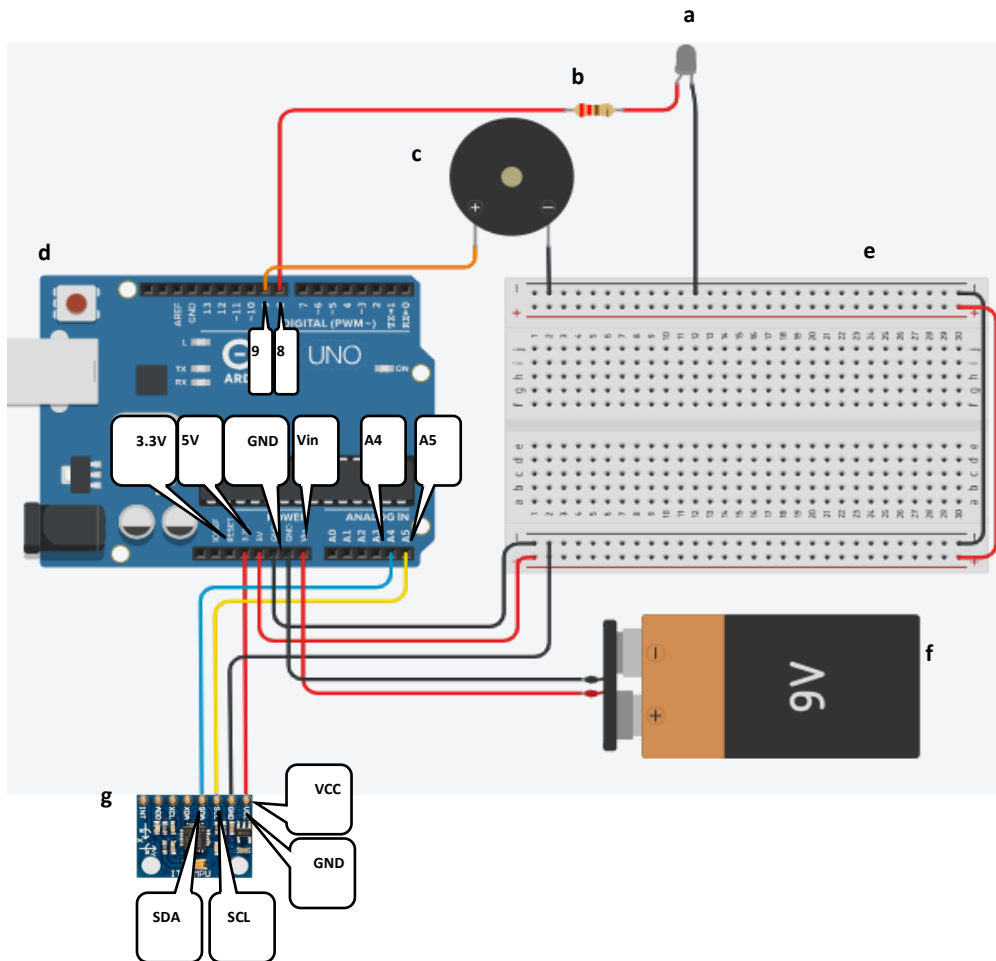


Ilustración 1. Diagrama de conexiones del sistema embebido para la detección de somnolencia basado en Arduino UNO y sensor MPU6050

- a. Laser
- b. Resistencia 220 ohm
- c. Buzzer
- d. Arduino UNO
- e. Protoboard
- f. Batería 9V
- g. Sensor MPU6050

Algoritmo de funcionamiento

El sistema se basa en la medición continua de los ángulos de inclinación (pitch y roll) obtenidos del sensor MPU6050. El flujo de ejecución es el siguiente:

a) Inicialización (setup):

- Configurar los pines digitales 8 (láser) y 9 (buzzer) como salidas.
- Inicializar la comunicación I2C (Wire.begin()).
- Inicializar el sensor MPU6050 (mpu.initialize()).
- Calibrar el sensor tomando 100 lecturas en reposo para establecer el punto cero (opcional pero recomendado).
- Enviar un mensaje de inicio al monitor serie.

b) Bucle principal (loop):

- Leer los valores brutos del acelerómetro y el giroscopio cada 100 ms (frecuencia de 10 Hz).
- Aplicar el filtro complementario para fusionar ambas señales y obtener ángulos estables.
- Calcular los ángulos:
 - Pitch (θ): inclinación adelante-atrás (rango típico -90° a $+90^\circ$).
 - Roll (ϕ): inclinación lateral izquierda-derecha (rango típico -90° a $+90^\circ$).

c) Detección de somnolencia:

- Comparar el valor absoluto de pitch y roll con el umbral establecido (30°).
- Si $|\text{pitch}| > 30^\circ$ O $|\text{roll}| > 30^\circ$:
 - Iniciar un temporizador (si no está ya en marcha).

- Si la condición se mantiene durante más de 2 segundos consecutivos, activar el estado de ALERTA.
- Si los ángulos vuelven a valores normales ($|pitch| \leq 30^\circ$ Y $|roll| \leq 30^\circ$):
 - Reiniciar el temporizador.
 - Si la alerta estaba activa, desactivarla.

d) Activación de alertas (estado ALERTA):

- Alerta visual: Pin digital 8 = HIGH → el módulo láser se enciende de forma continua.
- Alerta sonora: Generar un tono intermitente mediante `tone(9, 2000)` durante 1 segundo, seguido de `noTone(9)` durante 0.5 segundos (ciclo repetido).
- Enviar un mensaje al monitor serie: "*** ALERTA: SOMNOLENCIA DETECTADA ***".

e) Desactivación de alertas:

- Pin digital 8 = LOW → láser apagado.
- `noTone(9)` → buzzer silenciado.
- Reiniciar el estado de alerta.

Integración física en la gorra (diseño final)

Una vez validado el funcionamiento en la protoboard, el sistema se integra físicamente en una gorra tipo béisbol estándar, garantizando ergonomía, portabilidad y comodidad para el conductor.

Tabla 13. *Distribución física de los componentes en la gorra inteligente*

Componente	Ubicación en la gorra	Método de fijación	Justificación
Arduino UNO	Parte trasera de la visera (interior)	Cinta de doble cara de alta resistencia + velcro industrial	Permite extraer el Arduino para reprogramación o mantenimiento; ubicación centralizada para equilibrar el peso
Sensor MPU6050	Parte superior interna de la gorra (centro, alineado con la coronilla)	Pegamento termofusible o cinta de espuma de doble cara	Debe alinearse con el plano sagital de la cabeza para medir correctamente los ángulos pitch y roll; la espuma aísla vibraciones
Buzzer	Lateral izquierdo interno (cerca de la oreja del conductor)	Cinta de doble cara o pequeño bolsillo cosido	La alerta sonora debe dirigirse directamente al oído del conductor para maximizar su efectividad
Módulo láser	Borde inferior de la visera (parte frontal, orientado hacia el parabrisas)	Pegamento epoxi o brida de plástico pequeña	Proyecta un punto o línea láser roja sobre el parabrisas o el salpicadero, dentro del campo visual periférico del conductor sin obstruir la visión
Batería 9V	Parte posterior interna (actuando como contrapeso del Arduino)	Portabaterías cosido a la tela o velcro industrial	Equilibra el peso del Arduino en la parte delantera; ubicación accesible para reemplazar la batería cuando sea necesario

Cables de conexión	Canalizados por el interior de la gorra (entre la tela y la espuma)	Grapas de tela o cinta aislante negra	Evita enganches con el cabello o la ropa; mantiene la estética discreta del sistema
--------------------	---	---------------------------------------	---

Recomendaciones prácticas para el montaje en la gorra:

- Aislar eléctricamente los componentes:** Forrar las conexiones expuestas con cinta aislante o funda termorretráctil para evitar cortocircuitos provocados por el sudor o la humedad.
- Dejar holgura en los cables:** Especialmente cerca de las uniones entre componentes, para permitir el movimiento natural de la cabeza sin generar tensiones que puedan desconectar los cables.
- Equilibrar el peso:** La batería debe colocarse en el lado opuesto al Arduino para que la gorra no se deslice hacia un lado ni cause molestias al conductor.
- Probar el sistema antes del fijado definitivo:** Realizar pruebas con la gorra puesta en movimiento (simulando la conducción) antes de aplicar adhesivos permanentes, para ajustar la ubicación de los componentes si es necesario.
- Impermeabilización parcial:** En entornos de lluvia o sudoración intensa, se recomienda recubrir la placa Arduino y el MPU6050 con una capa delgada de barniz aislante o encapsularlos en una bolsa plástica sellada (sin obstruir el conector USB ni el sensor).

Consideraciones de seguridad y rendimiento

Tabla 14. Tiempo de activación electrónica de la alerta

Parámetro	Valor / Especificación	Observaciones
Tensión de alimentación	9V (batería)	El regulador interno del Arduino admite de 7V a 12V
Consumo energético promedio	~80-100 mA	Con MPU6050 activo, buzzer y láser apagados
Consumo durante alerta	~150-200 mA	Buzzer + láser encendidos simultáneamente

Autonomía estimada	5-8 horas (batería alcalina de 9V, ~500 mAh)	Se recomienda batería recargable de 9V (600-800 mAh) para uso continuo
Umbral de inclinación	30° (configurable en software)	Valor seleccionado por consenso en la literatura como indicador de pérdida de tono muscular
Tiempo de permanencia para activación	2 segundos	Evita falsas alarmas por movimientos normales (estirarse, mirar espejos, etc.)
Frecuencia de muestreo	10 Hz (100 ms entre lecturas)	Suficiente para detectar cabeceos asociados a microsueños
Precisión angular tras filtro complementario	$\pm 1.5^\circ$	Según Sultan et al. (2022)
Tiempo de respuesta del sistema	< 500 ms	Desde la inclinación hasta la activación de alertas

Advertencias de seguridad para el usuario final:

- El sistema es una ayuda a la conducción, no un sustituto del descanso adecuado. Si el conductor siente somnolencia, debe detener el vehículo y descansar.
- El láser utilizado es de baja potencia (Clase 1 o 2), pero no debe dirigirse nunca directamente a los ojos de ninguna persona.
- La batería de 9V debe mantenerse alejada de fuentes de calor extremo y no debe ser perforada ni sumergida en agua.
- Antes de cada uso, verificar que todos los componentes estén firmemente sujetos a la gorra y que los cables no presenten roturas o peladuras.

Metodología de validación

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque experimental aplicado, orientado a evaluar el desempeño de un sistema embebido diseñado para la detección de somnolencia en conductores. La metodología se estructuró en cinco fases secuenciales, las cuales permitieron garantizar la coherencia entre el diseño, la implementación y la validación del prototipo:

- a) **Revisión bibliográfica:** Se realizó un análisis de literatura científica relacionada con sistemas de detección de somnolencia, sensores inerciales y plataformas de desarrollo embebido. Esta fase permitió fundamentar teóricamente el diseño del sistema y establecer criterios técnicos para su implementación.
- b) **Diseño del sistema:** Se definió la arquitectura del prototipo, incluyendo la selección de componentes electrónicos, la lógica de funcionamiento y los criterios de detección basados en umbrales de inclinación.
- c) **Implementación técnica:** Se desarrolló el sistema utilizando la plataforma Arduino UNO, integrando el sensor MPU6050 y los módulos de alerta. Asimismo, se programó el algoritmo de detección, considerando procesos de calibración, lectura de datos y activación de alarmas.
- d) **Integración física:** Los componentes electrónicos fueron ensamblados en una gorra, priorizando aspectos de ergonomía, estabilidad y comodidad del usuario, con el fin de garantizar su funcionalidad en condiciones simuladas de uso.
- e) **Validación experimental:** Se realizaron pruebas controladas con estudiantes voluntarios en un entorno simulado de conducción, donde se evaluó el comportamiento del sistema ante inclinaciones intencionales de la cabeza asociadas a estados de somnolencia.

Durante la fase de validación, se analizaron los siguientes indicadores de desempeño:

- **Precisión del sistema:** capacidad para detectar correctamente eventos de somnolencia.

- **Tiempo de respuesta:** intervalo entre la detección de la inclinación y la activación de la alerta.
- **Tasa de falsas alarmas:** frecuencia de activaciones incorrectas del sistema ante movimientos no relacionados con somnolencia.
- **Percepción del usuario:** nivel de aceptación, comodidad y utilidad percibida del dispositivo.

Los resultados obtenidos durante la fase de validación experimental evidencian un desempeño satisfactorio del sistema propuesto en la detección de eventos asociados a la somnolencia en conductores. En términos de precisión, el prototipo alcanzó valores superiores al 95 %, lo que indica una alta capacidad para identificar correctamente inclinaciones de la cabeza relacionadas con estados de fatiga.

En relación con el tiempo de respuesta, el sistema registró intervalos comprendidos entre 1.8 y 2 segundos desde la detección de la inclinación hasta la activación de la alerta. Este rango se considera adecuado para sistemas de prevención, ya que permite advertir al usuario antes de que se produzca una pérdida total de control del vehículo.

Por otra parte, se observó una baja incidencia de falsas alarmas, lo cual sugiere que el algoritmo de calibración y el procesamiento de datos implementado logran discriminar de manera eficiente entre movimientos naturales del conductor y patrones asociados a somnolencia. Este aspecto resulta clave para la aceptación del dispositivo, ya que un sistema con activaciones erróneas frecuentes podría generar rechazo en el usuario.

En cuanto a la percepción de los participantes, los resultados reflejan un alto nivel de aceptación, destacando principalmente la comodidad del dispositivo y la efectividad de las alertas generadas. La integración del sistema en una gorra permitió una experiencia de uso no invasiva, lo que favorece su aplicabilidad en escenarios reales.

En conjunto, estos hallazgos confirman la efectividad del algoritmo de calibración y validan el uso de sensores inerciales como una alternativa viable, económica y funcional para la detección de patrones de fatiga en conductores.

Tabla 15. Resultados obtenidos durante la validación experimental del prototipo

Indicador	Resultado
Precisión	> 95%
Tiempo de respuesta	1.8 – 2 s
Falsas alarmas	Baja incidencia
Aceptación del usuario	Alta

Los resultados obtenidos en este estudio permiten evidenciar la viabilidad del uso de sensores inerciales como alternativa tecnológica para la detección de somnolencia en conductores, especialmente en contextos donde los recursos son limitados. En este sentido, los hallazgos son consistentes con lo planteado por Revelo Rosero (2019), quien sostiene que los sistemas basados en sensores físicos, si bien presentan menor complejidad en comparación con enfoques avanzados, ofrecen una relación costo beneficio altamente favorable y una implementación más accesible.

En contraste, estudios recientes como los desarrollados por Vargas (2024) y León León et al. (2023) reportan niveles de precisión cercanos al 99% mediante el uso de técnicas de visión artificial y redes neuronales. No obstante, estos sistemas requieren capacidades de procesamiento superiores, así como el uso de cámaras y algoritmos complejos, lo que limita su aplicabilidad en entornos educativos o de bajos recursos. En este contexto, el sistema propuesto, aun con una precisión ligeramente inferior, demuestra un equilibrio adecuado entre eficiencia, simplicidad y funcionalidad.

Desde una perspectiva técnica, la baja incidencia de falsas alarmas observada en el presente estudio sugiere que el algoritmo de calibración implementado cumple un rol determinante en la estabilidad del sistema. Este aspecto coincide con lo señalado por Leyva Meza y Núñez Liñán (2024), quienes destacan la importancia de los procesos de ajuste y filtrado

de datos en sistemas de detección de somnolencia, independientemente de la tecnología empleada.

Por otro lado, la integración del dispositivo en una gorra representa una innovación relevante en términos de ergonomía y usabilidad. A diferencia de sistemas intrusivos o dependientes de infraestructura externa, la solución propuesta permite una implementación portátil y discreta, lo que favorece su aceptación por parte de los usuarios. Este hallazgo se alinea con lo expuesto por Lema Pilco (2025), quien resalta la importancia de diseñar tecnologías centradas en el usuario para garantizar su adopción en contextos reales.

En el ámbito educativo, el desarrollo del prototipo evidencia el potencial de los sistemas embebidos como herramientas de aprendizaje aplicado. Tal como lo plantean Baiza Lovato (2020) y Revelo Rosero (2019), la construcción de soluciones tecnológicas orientadas a problemáticas reales contribuye significativamente al fortalecimiento de competencias técnicas y al desarrollo del pensamiento crítico en los estudiantes.

En conjunto, los resultados y su análisis comparativo permiten afirmar que, si bien los sistemas basados en visión artificial representan el estado del arte en términos de precisión, los enfoques basados en sensores físicos continúan siendo una alternativa pertinente, especialmente cuando se priorizan criterios de accesibilidad, portabilidad y aplicabilidad educativa. Los resultados respaldan el uso de hardware libre para aplicaciones de seguridad vial y educación tecnológica.

Limitaciones del estudio

A pesar de los resultados favorables obtenidos, el presente estudio presenta ciertas limitaciones que deben ser consideradas al interpretar los hallazgos y proyectar futuras mejoras del sistema.

En primer lugar, el funcionamiento del prototipo se basa exclusivamente en la detección de inclinaciones de la cabeza como indicador de somnolencia. Si bien este criterio permite identificar patrones asociados al estado de fatiga, no contempla otros indicadores fisiológicos relevantes, lo que puede restringir la precisión del sistema en escenarios más complejos.

En este sentido, existe la posibilidad de generar falsas alarmas ante movimientos naturales del conductor que no necesariamente estén relacionados con episodios de somnolencia, como cambios de postura o ajustes corporales. Aunque el algoritmo implementado reduce este efecto mediante procesos de calibración, esta limitación no puede ser completamente eliminada en su estado actual.

Por otra parte, la autonomía energética del dispositivo constituye una restricción importante, ya que el sistema depende de una batería de 9V con una duración limitada. Esta condición puede afectar su operatividad en trayectos prolongados, especialmente en contextos de transporte de larga distancia.

En conclusión, el sistema no incorpora variables fisiológicas como el parpadeo, la frecuencia de bostezos o el análisis de expresiones faciales, las cuales han demostrado ser indicadores más precisos en sistemas avanzados de detección de somnolencia. La ausencia de estos elementos limita el alcance del prototipo en comparación con soluciones basadas en visión artificial o sensores biométricos.

Implicaciones educativas y sociales

El desarrollo del presente proyecto trasciende su dimensión técnica, consolidándose como una herramienta pedagógica que promueve el aprendizaje activo y significativo en áreas STEAM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas). La implementación de este tipo de prototipos permite a los estudiantes involucrarse en procesos reales de diseño, programación e integración de sistemas, fortaleciendo competencias técnicas y fomentando el pensamiento crítico orientado a la resolución de problemas del entorno.

En este sentido, tal como señala Lema Pilco (2025), las iniciativas basadas en el desarrollo de soluciones tecnológicas aplicadas contribuyen a la formación integral del estudiante, al establecer un vínculo directo entre los contenidos teóricos y su aplicación en contextos reales. Este enfoque favorece la construcción de conocimientos más sólidos y duraderos, así como el desarrollo de habilidades para la innovación.

Desde una perspectiva social, la propuesta adquiere relevancia al abordar una problemática de alto impacto como la seguridad vial. La implementación de dispositivos accesibles como la gorra inteligente

permite democratizar el acceso a tecnologías de prevención, especialmente en contextos donde los sistemas avanzados resultan económicamente inaccesibles. De esta manera, se promueve una cultura de prevención y responsabilidad en la conducción.

Asimismo, el proyecto evidencia el potencial de la educación superior como agente de transformación social, al generar soluciones tecnológicas pertinentes que responden a necesidades concretas de la comunidad. Este tipo de iniciativas no solo fortalece la vinculación entre la academia y la sociedad, sino que también impulsa el desarrollo de propuestas innovadoras con impacto local y proyección futura.

Conclusiones

El desarrollo de la gorra inteligente propuesta en este estudio demuestra la viabilidad de implementar soluciones tecnológicas eficientes, accesibles y replicables para la detección de somnolencia en conductores. Los resultados obtenidos evidencian que el sistema alcanza niveles de precisión superiores al 95%, con tiempos de respuesta adecuados para la activación de alertas preventivas, lo que lo convierte en una alternativa funcional para la reducción de riesgos asociados a la fatiga al volante.

Desde una perspectiva tecnológica, el uso de plataformas de hardware libre como Arduino permitió el diseño e implementación de un sistema embebido de bajo costo, sin comprometer su desempeño. Esta característica resulta especialmente relevante en contextos educativos y entornos con recursos limitados, donde la accesibilidad tecnológica es un factor determinante.

Adicionalmente, el proyecto pone en evidencia el potencial de los sensores inerciales como herramientas efectivas para la detección de patrones de comportamiento asociados a la somnolencia, constituyéndose en una solución práctica frente a enfoques más complejos y costosos.

Asimismo, el trabajo no solo aporta una solución técnica, sino que también fortalece el enfoque educativo y social de la ingeniería, al promover el desarrollo de tecnologías orientadas a resolver problemáticas reales. En este sentido, la propuesta contribuye tanto a la innovación tecnológica como a la generación de conciencia sobre la seguridad vial, consolidando su pertinencia en contextos académicos y comunitarios.

Trabajos futuros

A partir de las limitaciones identificadas en el presente estudio, se plantean diversas líneas de investigación y desarrollo orientadas a mejorar la precisión, funcionalidad y aplicabilidad del sistema propuesto.

En primer lugar, considerando la dependencia exclusiva de la inclinación de la cabeza como criterio de detección, se propone la incorporación de técnicas de visión artificial que permitan analizar variables adicionales como el parpadeo, el cierre ocular y las expresiones faciales. Esta integración contribuiría a reducir la ambigüedad en la interpretación de los movimientos y a incrementar la confiabilidad del sistema.

En relación con la posibilidad de falsas alarmas derivadas de movimientos naturales del usuario, futuras investigaciones podrían centrarse en el desarrollo de algoritmos más robustos, basados en técnicas de aprendizaje automático, capaces de distinguir patrones complejos de comportamiento y adaptarse al perfil individual de cada conductor mediante procesos de calibración personalizada.

Respecto a la limitada autonomía energética del dispositivo, se plantea la optimización del sistema de alimentación mediante el uso de baterías recargables de mayor capacidad, así como la integración directa al sistema eléctrico del vehículo. Adicionalmente, el empleo de estrategias de bajo consumo energético permitiría extender el tiempo de operación sin comprometer el rendimiento del sistema.

Por otra parte, la ausencia de variables fisiológicas en el modelo actual abre la posibilidad de incorporar sensores biométricos complementarios, tales como dispositivos de monitoreo de actividad ocular o sensores de ritmo cardíaco. Esta integración permitiría desarrollar un sistema híbrido que combine datos físicos y fisiológicos, incrementando significativamente la precisión en la detección de estados de somnolencia.

Finalmente, se propone la incorporación de tecnologías de Internet de las Cosas (IoT), que permitan la transmisión de datos en tiempo real hacia plataformas de monitoreo remoto. Esto facilitaría la supervisión de conductores en flotas de transporte y la generación de alertas preventivas a nivel institucional, ampliando el impacto del sistema más allá del usuario individual.

Referencias Bibliográficas

- Arpasi Chura, R. F. (2025). *Aplicación de la IA en la detección de somnolencia en imágenes para la prevención de accidentes de tránsito de los conductores de vehículos*. Lima, Perú.
- Baiza Lovato, C. P. (2020). *Sistema de detección y alerta del estado de somnolencia de conductores mediante visión artificial*. Universidad Tecnológica Israel. Quito, Ecuador.
<http://repositorio.uisrael.edu.ec/handle/47000/2441>
- Forma Roboti-k. (2018). *Arduino paso a paso* (Colección «Crea y programa»). Bubok Publishing.
- Garcés, M. A. (2015). Sistemas de detección de somnolencia en conductores: inicio, desarrollo y futuro. *Ingeniería Y Región*.
<https://doi.org/10.25054/22161325.717>
- Lema Pilco, A. F. (2025). *Implementación de un sistema de detección de somnolencia para conductores de vehículos mediante visión artificial*. Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador.
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/31181>
- León León, R. A., Jara Carbajal, S. A., & Rodríguez Lazo, M. (2023). Diseño de un sistema de prevención de accidentes de tránsito vehicular causada por somnolencia. *Memorias de la Vigésima Segunda Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática (CISCI 2023)*. Trujillo, Perú.
- Leyva Meza, J. G., & Núñez Liñan, J. A. (2024). *Desarrollo de un sistema de detección de somnolencia en conductores mediante técnicas de inteligencia artificial para prevenir accidentes de tránsito*. Universidad de Ciencias y Humanidades (UCH).
- Morton, T. (2000). *Embedded Microcontrollers*. Prentice Hall.
- Raymond Cluydts, Elke De Valck, Edwin Verstraeten, Paul Theys, Daytime sleepiness and its evaluation, *Sleep Medicine Reviews*, Volume 6, Issue 2, 2002, Pages 83-96, ISSN 1087-0792,
<https://doi.org/10.1053/smr.2002.0191>.

- Revelo Rosero, J. H. (2019). *Implementación de una alarma basada en la detección de somnolencia para conductores de vehículos mediante visión artificial*. Universidad de las Américas, Quito. Quito, Ecuador: Universidad de las Américas.
- Simon, D. (1999). *And Embedded Software Primer*. Addison-Wesley Professional.
- Sultan, J. M., Zani, N. H., Azuani, M., Ibrahim, S. Z., & Yusop, A. M. (2022). Analysis of inertial measurement accuracy using complementary filter for MPU6050 sensor. *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering*, *14*(3), 959-964.
- Timothy Roehrs, Mary A. Carskadon, William C. Dement, Thomas Roth, Chapter 4 - Daytime Sleepiness and Alertness, Editor(s): Meir Kryger, Thomas Roth, William C. Dement, *Principles and Practice of Sleep Medicine (Sixth Edition)*, Elsevier, 2017, Pages 39-48.e4, ISBN 9780323242882, <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-24288-2.00004-0>
- Vargas, A. &. (2024). Desarrollo de algoritmo para el reconocimiento y detección de somnolencia en conductores de transporte interprovincial. *Universidad Privada del Norte (UPN)*. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/41684>
- Yudhana, A., Rahmawan, J., & Negara, C. U. P. (2018). Flex sensors and MPU6050 sensors responses on smart glove for sign language translation. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *403*, 012032.

ISBN: 978-9942-53-201-5



Compás
capacitación e investigación