



Sistema Informático con Inteligencia Artificial para la Seguridad de los Vehículos de la Uleam Extensión El Carmen

*Computer System with Artificial Intelligence for Vehicle Security
at the El carmen Extension University (ULEAM)*

Autor/es:

Ronald Gilberto Navarrete Lucas ¹



0009-0001-8845-0799

Diego Fernando Merino Barragan ²



0009-0005-7842-6372

Ariel Alexander Fueres Madera ³



0009-0003-2445-0751

Ing. Jefferson Omar Arca Zavala, Mg. ⁴



0000-0001-5053-7947

¹ Grupo Empresarial BE GROUP, Ecuador

e1351516347@live.uleam.edu.ec

² Corporación Anfibus, Ecuador

e2350542466@live.uleam.edu.ec

³ SOCKET Studio, Ecuador

e2300702871@live.uleam.edu.ec

⁴ Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ecuador

jefferson.arca@uleam.edu.ec

Recepción: 20/10/2025

Revisado: 06/11/2025

Aceptado: 25/11/2025

Publicado: 05/12/2025

Citación/como citar este artículo: Navarrete, R., Merino, D., Fueres, A. & Arca, J. (2025). Sistema Informático con Inteligencia Artificial para la Seguridad de los Vehículos de la Uleam Extensión El Carmen. V°03 (N°02), Pág. 1-22.

Resumen

El presente artículo documenta el desarrollo y la implementación de un sistema informático con inteligencia artificial para la seguridad vehicular en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), Extensión El Carmen. Ante la problemática de un control de acceso ineficiente y la percepción de inseguridad por parte de la comunidad, el objetivo principal fue diseñar e implementar una solución tecnológica que automatice la identificación vehicular y mejore la gestión del campus. Para ello, se empleó una metodología de investigación cuantitativo-descriptiva, utilizando el modelo de desarrollo en cascada para garantizar la calidad y la secuencialidad del proyecto. El núcleo del sistema es un modelo de reconocimiento automático de matrículas (ANPR) basado en una arquitectura YOLOv8, que fue entrenado y optimizado con un conjunto de datos local de matrículas ecuatorianas para lograr un rendimiento óptimo. Los resultados técnicos obtenidos en un sitio de pruebas controlado demostraron la eficacia del sistema, con una precisión de detección del 88.2% y una precisión de reconocimiento del 95.1%. Estos valores superan el rendimiento de sistemas similares en la literatura. Por otro lado, una encuesta a 150 miembros de la comunidad universitaria confirmó la necesidad de la solución, mostrando que el 73.3% percibe la seguridad actual como "Regular" o "Insegura". Asimismo, un 96.6% de los encuestados manifestó que un sistema de IA mejoraría la seguridad. El análisis de eficiencia también arrojó resultados significativos, indicando que el tiempo de procesamiento de acceso vehicular se reduce de un promedio de 15 segundos a solo 3 segundos con el nuevo sistema.

Palabras claves: Seguridad vehicular, Reconocimiento automático de matrículas, Inteligencia artificial, YOLO.

Abstract

This article documents the development and implementation of an artificial intelligence-based computer system for vehicle security at the Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), El Carmen Extension. Faced with the problem of inefficient access control and the community's perception of insecurity, the main objective was to design and implement a robust and scalable technological solution to automate vehicle identification and improve campus management. A quantitative-descriptive research methodology was used, with the waterfall development model guiding the project to ensure quality and sequential execution. The system's core component is an automatic license plate recognition (ANPR) model based on a YOLOv8 architecture, which was trained and optimized with a local dataset of Ecuadorian license plates to achieve optimal performance. The technical results obtained in a controlled test environment demonstrated the system's effectiveness, with a detection accuracy of 98.2% and a recognition accuracy of 95.1%. These values surpass the performance of similar systems in the literature. Furthermore, a survey of 150 members of the university community confirmed the need for the solution, showing that 73.3% perceive current security as "Regular" or "Insecure," while 96.6% believe an AI system would improve it. The efficiency analysis also yielded significant results, indicating that vehicle access processing time is reduced from an average of 15 seconds to just 3 seconds with the new system.

Keywords: Vehicle security, Automatic license plate recognition, Artificial intelligence, YOLO.

Introducción

En la actualidad, la creciente urbanización y la masificación del parque automotor han convertido la seguridad vehicular en una preocupación de primer orden para las instituciones públicas y privadas a nivel global. En entornos universitarios, este problema se exacerba debido a la gran afluencia de estudiantes, docentes y personal administrativo, lo que genera una dinámica de tránsito compleja que demanda soluciones eficientes. Los sistemas de seguridad tradicionales, que dependen de la vigilancia humana y el control manual, han demostrado ser insuficientes, dando lugar a problemas como el acceso no autorizado, la congestión vehicular y el hurto de vehículos, lo que afecta directamente la calidad de vida y la percepción de seguridad de la comunidad universitaria.

Diversas investigaciones han explorado la eficacia de estas tecnologías en diferentes contextos. Por ejemplo, (Moussaoui et al., 2024), propusieron un método para la identificación automática de vehículos integrando técnicas de YOLOv8 y OCR para lograr una alta precisión en la detección y reconocimiento de matrículas, un enfoque que resulta vital para el control de acceso en áreas restringidas como las de un campus universitario. En la misma línea, (Asaju et al., 2025), desarrollaron un sistema de acceso automatizado con puertas con pluma, también utilizando el modelo YOLOv8 para el reconocimiento de matrículas. Este sistema busca resolver el problema de la entrada segura y eficiente a zonas restringidas, algo directamente aplicable a un entorno universitario. En un contexto similar, (Khan et al., 2022), desarrollaron un sistema de control de acceso vehicular basado en una novedosa tubería de aprendizaje profundo que considera una amplia variedad de formaciones y estilos de matrículas de diferentes regiones, lo que demuestra la versatilidad de estas soluciones.

Los sistemas de ANPR no solo se han utilizado para el control de acceso. También se han aplicado para el monitoreo y la seguridad en otros entornos. (Li et al., 2025), por ejemplo, desarrollaron un sistema de reconocimiento de matrículas para sitios de construcción inteligentes basado en GMH-YOLO, con el objetivo de mejorar la seguridad y la eficiencia logística en estos complejos ambientes. (Pradhan et al., 2025), por su parte, propusieron un sistema de estacionamiento avanzado integrado con IoT, que utiliza ANPR y gestión de pagos para resolver los problemas de

ineficiencia y facturación inexacta en estacionamientos urbanos. Estas investigaciones demuestran que la tecnología de ANPR es lo suficientemente versátil para ser adaptada a diferentes necesidades y contextos de seguridad y gestión.

La solidez de los sistemas de reconocimiento de matrículas no solo se basa en la precisión, sino también en su capacidad para operar bajo condiciones adversas. Los retos incluyen la baja resolución de las imágenes, los movimientos borrosos, el deslumbramiento, los distintos estilos de placas y las condiciones climáticas desfavorables. Para abordar estos desafíos, se han propuesto mejoras significativas en la arquitectura de los modelos. (Wang et al., 2025), por ejemplo, diseñaron un algoritmo mejorado de reconocimiento de matrículas basado en la percepción del entorno. Su modelo, H-YOLO, ajusta dinámicamente la estrategia de mejora de la imagen según las condiciones meteorológicas, como la lluvia o la niebla, lo que garantiza una identificación precisa en ambientes complejos. Por otra parte, la eficiencia en dispositivos de borde (edge devices) es otro factor crítico, ya que muchos sistemas de seguridad se implementan en hardware con recursos limitados. En este sentido, (Sonnara et al., 2025), desarrollaron un sistema de reconocimiento de matrículas en tiempo real llamado Light-Edge, optimizado para dispositivos de bajo consumo energético, demostrando un rendimiento superior en comparación con modelos más pesados como YOLOv8 sin sacrificar la precisión.

En este contexto, la implementación de un sistema informático con inteligencia artificial para la seguridad de vehículos en el campus de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM) Extensión El Carmen, se presenta como una solución necesaria y oportuna. La problemática central identificada en esta institución es la falta de un control de acceso eficiente y la consecuente vulnerabilidad ante eventos de seguridad, como el ingreso de personas no autorizadas o el hurto de vehículos, lo cual afecta la percepción de seguridad de la comunidad. Nuestro sistema, basado en el reconocimiento de matrículas vehiculares, tiene como objetivo principal mejorar la seguridad, eficiencia y control del flujo vehicular en las instalaciones de la ULEAM, Extensión El Carmen. Se espera que la implementación de esta tecnología no solo resuelva los problemas actuales de seguridad, sino que también establezca un precedente para la adopción de soluciones inteligentes en la gestión de campus universitarios a nivel nacional y regional.

Para lograr este objetivo, se ha propuesto un sistema que integra tecnologías de visión por computador y aprendizaje profundo para la detección y reconocimiento de matrículas en tiempo real. La metodología se enfoca en el desarrollo de un sistema capaz de:

- Detectar vehículos y sus matrículas en imágenes de video en vivo.
- Extraer los caracteres de las matrículas con alta precisión, a pesar de las variaciones ambientales.
- Registrar la información de acceso de cada vehículo, permitiendo un control automatizado de entrada y salida.

El presente artículo documenta el diseño, la implementación y los resultados de este sistema, proporcionando una hoja de ruta detallada para la adopción de tecnologías similares en otros contextos. El enfoque de la investigación no solo se centra en la aplicación tecnológica, sino también en la validación de su efectividad en un entorno real, contribuyendo así al cuerpo de conocimiento en el campo de la seguridad vehicular inteligente y los sistemas de gestión de campus.

Métodos y materiales

La presente investigación se fundamenta en un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental de tipo descriptivo y correlacional, que busca evaluar la efectividad de un sistema informático basado en inteligencia artificial para la seguridad vehicular en el entorno universitario. La metodología de desarrollo del sistema se estructuró en varias fases, desde la recopilación de datos y el preprocesamiento de imágenes hasta la implementación del modelo de aprendizaje profundo y la validación de su rendimiento en un entorno real. El diseño metodológico se justifica en la necesidad de obtener datos precisos y objetivos sobre el desempeño del sistema, lo que permite una evaluación rigurosa de su impacto en la seguridad del campus. La elección de este enfoque metodológico, es decir, el diseño no experimental y la aplicación de un modelo de IA, ha sido respaldada por una amplia literatura en el campo de la visión por computador y la seguridad inteligente.

Un paso crítico en el desarrollo del sistema fue la creación de un conjunto de datos (dataset) específico para el entorno de estudio. Aunque existen datasets públicos, como los mencionados por (Usama et al., 2025) en su trabajo para la recolección de

peajes, estos no siempre capturan las variaciones únicas de las matrículas y las condiciones ambientales locales. Por lo tanto, se recopilamos miles de imágenes de vehículos de la ULEAM, Extensión El Carmen, en diferentes momentos del día y bajo diversas condiciones climáticas (luz solar intensa, baja luminosidad, lluvia, etc.).

El preprocesamiento de estas imágenes incluyó varias etapas:

- **Detección de la placa:** Se implementó un algoritmo de detección para localizar la región exacta de la matrícula en cada imagen. Este paso es fundamental, ya que reduce la cantidad de datos que debe procesar el modelo de IA.
- **Normalización:** Las imágenes de las matrículas detectadas se normalizaron en tamaño y orientación para estandarizar el input del modelo de reconocimiento de caracteres.
- **Mejora de la imagen:** Se aplicaron técnicas de mejora de la imagen para contrarrestar efectos como el deslumbramiento, las sombras o el desenfoque por movimiento.

La importancia de un preprocesamiento robusto no puede ser subestimada. (Chen et al., 2024), en su sistema de reconocimiento de matrículas chinas, emplearon la detección de bordes de Sobel combinada con morfología matemática para mejorar la localización de las placas. Inspirados en esta técnica, adaptamos un enfoque similar para asegurar que nuestro sistema pudiera manejar una variedad de condiciones ambientales adversas.

El corazón del sistema es la implementación de un modelo de detección de objetos basado en la arquitectura YOLO (You Only Look Once), específicamente una variante mejorada para optimizar la precisión y la velocidad. La selección de esta familia de modelos se fundamenta en su capacidad para realizar detección de objetos en tiempo real, lo que es una característica indispensable para un sistema de control de acceso vehicular. El modelo fue entrenado en un subconjunto de nuestro dataset anotado, siguiendo un proceso iterativo de ajuste de hiperparámetros.

Para el reconocimiento de caracteres, se combinó la detección de la región de la matrícula con una red de reconocimiento óptico de caracteres (OCR) optimizada para las características de las matrículas ecuatorianas. La integración de estas dos etapas es un enfoque común y efectivo. (Shafi et al., 2022), por ejemplo, utilizaron una

combinación de técnicas de aprendizaje profundo y emparejamiento de patrones para el reconocimiento de matrículas no estándar en Pakistán, lo que demuestra la versatilidad de los modelos híbridos en entornos desafiantes.

La implementación del sistema se realizó utilizando una combinación de hardware y software de código abierto. Se utilizó Python como lenguaje de programación principal, aprovechando su extenso ecosistema de bibliotecas para la visión por computador y el aprendizaje automático, como OpenCV y TensorFlow/Keras. Para el desarrollo del modelo de reconocimiento, se empleó la arquitectura de la familia YOLO, específicamente en su versión mejorada, debido a su balance óptimo entre velocidad y precisión, una característica destacada por (Shi & Zhao, 2023) en un estudio que mejoró un sistema de reconocimiento de matrículas basándose en YOLOv5. El modelo, una vez entrenado, fue desplegado en un servidor local.

La validación del sistema se llevó a cabo mediante pruebas rigurosas en un entorno de pruebas controlado y posteriormente en un entorno real. La evaluación del rendimiento se centró en métricas clave como:

- Precisión de Detección: El porcentaje de matrículas que el sistema logró localizar correctamente en el cuadro de video.
- Precisión de Reconocimiento: El porcentaje de matrículas detectadas que el sistema reconoció correctamente.
- Tasa de Falsos Positivos: El número de detecciones incorrectas por unidad de tiempo.
- Velocidad de Procesamiento: El tiempo que tarda el sistema en procesar un cuadro de video, medido en cuadros por segundo (FPS).

El conjunto de datos de prueba se diseñó para incluir una variedad de condiciones que simulan escenarios reales, como la baja iluminación, el deslumbramiento y las matrículas parcialmente obstruidas. Los resultados de estas pruebas se compararon con los resultados de otros estudios relevantes. Por ejemplo, los sistemas de reconocimiento de matrículas en vehículos y motocicletas de (Elattar et al., 2025) y los de (Derrouz et al., 2025) para transmisiones de videos de la ciudad de Marruecos, sirvieron como puntos de referencia para evaluar la precisión y la velocidad de nuestro sistema.

La implementación del sistema se centró en la creación de un pipeline de procesamiento de imágenes robusto y eficiente. Este pipeline consta de tres etapas interconectadas: (1) detección de matrículas, (2) normalización y mejora de la imagen de la matrícula, y (3) reconocimiento de caracteres.

Detección de Matrículas. Para la detección de las matrículas, se empleó una variante de la arquitectura YOLOv8, conocida por su alta precisión y velocidad, características fundamentales para un sistema de tiempo real. Este modelo fue entrenado con un conjunto de datos personalizado, el cual incluía imágenes de matrículas ecuatorianas bajo diversas condiciones. La decisión de usar una versión de YOLO se alinea con investigaciones recientes que han demostrado su superioridad en la detección de objetos en tiempo real. Un ejemplo de esto es el trabajo de (Asaju et al., 2025), quienes utilizaron YOLOv8 para un sistema de control de acceso automatizado, logrando una precisión promedio del 80% en su modelo. De manera similar, la investigación de (Derrouz et al., 2025) utilizó YOLOv3 para el reconocimiento de matrículas marroquíes en transmisiones de video, destacando la robustez de la familia de modelos YOLO para adaptarse a diferentes formatos y entornos.

Normalización y Mejora de la Imagen de la Matrícula. Una vez detectada la región de la matrícula, se aplicaron una serie de técnicas de procesamiento de imágenes para preparar la imagen para el módulo de reconocimiento. Esto incluyó:

- **Recorte y Reescalado:** La imagen de la matrícula se recortó y reescaló a un tamaño fijo, lo que es un requisito de la mayoría de los modelos de OCR.
- **Corrección de Perspectiva:** Se utilizó un algoritmo de corrección de perspectiva para enderezar las matrículas capturadas en ángulos oblicuos, una estrategia que ha demostrado ser efectiva para mejorar la precisión del reconocimiento, como se destaca en el trabajo de (Seo & Kang, 2022), quienes propusieron un método de detección y reconocimiento de matrículas independiente del diseño.
- **Ajuste de Brillo y Contraste:** Se aplicaron filtros para mejorar la visibilidad de los caracteres en condiciones de baja luminosidad o deslumbramiento. (Wang et al., 2025), en su investigación sobre el reconocimiento de matrículas en condiciones climáticas adversas, mencionan la importancia de la percepción del entorno para ajustar las estrategias de mejora de la imagen.

Este enfoque se inspira en el trabajo de (Shashirangana et al., 2021), quienes en su revisión de métodos y técnicas de ANPR, resaltan la superioridad de los modelos de aprendizaje profundo para el reconocimiento de caracteres, superando a los métodos tradicionales basados en características manuales. La arquitectura de reconocimiento se basó en una CNN-RNN (Red Neuronal Recurrente) combinada con el algoritmo de decodificación CTC (Connectionist Temporal Classification), lo que permite reconocer secuencias de caracteres sin la necesidad de segmentarlos individualmente.

Para la gestión del flujo de datos, se utilizó una base de datos relacional MySQL, que ofrece un rendimiento confiable para la gestión de los registros de acceso. El back-end se desarrolló con un framework como Flask o FastAPI para manejar las peticiones HTTP de las cámaras y la interfaz de usuario, garantizando una comunicación eficiente y segura.

La elección de este hardware se justificó por la necesidad de un procesamiento de alta velocidad. Trabajos como el de (Sonnara et al., 2025), que desarrollaron un sistema de reconocimiento de matrículas para dispositivos de borde.

La gestión de los datos vehiculares y de usuarios es una parte integral de la arquitectura. Se implementó una base de datos MySQL relacional para almacenar la siguiente información:

La estructura de datos permite consultas rápidas para verificar la autorización de un vehículo en el momento de la entrada. Un vehículo es considerado autorizado si su matrícula se encuentra en la tabla de vehículos registrados. Si la matrícula no se encuentra, el sistema envía una alerta al personal de seguridad.

La seguridad de la base de datos es un aspecto crucial. Se implementaron medidas de seguridad estándar, como la encriptación de las contraseñas de los usuarios y el control de acceso a la base de datos. La gestión de este tipo de datos sensibles es una consideración importante en sistemas como el propuesto por (Zhang et al., 2024), quienes utilizaron datos de matrículas para la predicción del flujo de tráfico urbano, resaltando la importancia de la integridad de los datos.

El desarrollo del sistema se basó en el modelo de metodología en cascada, un enfoque secuencial y ordenado que se adapta bien a proyectos con requisitos bien

definidos y poca probabilidad de cambios significativos. Esta metodología, a diferencia de los modelos ágiles, procede de manera lineal a través de varias fases distintas y sucesivas. La adopción de esta metodología se justifica por la naturaleza del proyecto, en el que los requisitos de seguridad y la infraestructura de hardware se definieron claramente desde el inicio.

Las fases del proyecto, siguiendo el modelo en cascada, se estructuraron de la siguiente manera:

1. **Análisis y Planificación de Requisitos:** En esta etapa inicial, se definieron todos los requisitos funcionales y no funcionales del sistema. Se llevaron a cabo reuniones con las autoridades del campus para especificar las necesidades de seguridad, los puntos de acceso a monitorear y la información que el sistema debía registrar. El resultado de esta fase fue un documento de especificación de requisitos detallado que sirvió como guía para las siguientes etapas.
2. **Diseño del Sistema:** Con base en los requisitos, se diseñó la arquitectura del sistema, incluyendo los componentes de hardware, la base de datos, la estructura del modelo de IA y la interfaz de usuario. Este diseño abarcó tanto la lógica del software como la infraestructura física necesaria para el despliegue.
3. **Implementación y Codificación:** En esta fase se llevó a cabo la programación de los módulos de detección de matrículas, reconocimiento de caracteres y la lógica de control de acceso. Se utilizaron las tecnologías y bibliotecas de software previamente mencionadas (Python, OpenCV, TensorFlow/Keras).
4. **Pruebas y Verificación:** Una vez implementados los módulos, se procedió a la fase de pruebas para verificar que el sistema funcionara de acuerdo con las especificaciones. Se realizaron pruebas de unidad, integración y pruebas de sistema para identificar y corregir errores, asegurando la robustez y precisión del sistema.
5. **Despliegue y Mantenimiento:** La fase final consistió en la instalación del hardware y el software en el campus de la ULEAM, Extensión El Carmen. Esta etapa incluyó la configuración de las cámaras, la base de datos y la capacitación del personal de seguridad para el uso del sistema. Se planificaron

actividades de mantenimiento para monitorear el rendimiento y realizar actualizaciones periódicas.

Este enfoque secuencial garantizó que cada fase se completara antes de pasar a la siguiente, lo que minimizó los riesgos asociados a la falta de claridad en los requisitos y permitió una planificación y gestión más rigurosa del proyecto.

Análisis de resultados

El análisis de resultados de esta investigación se estructura en dos partes principales: la evaluación del rendimiento técnico del sistema informático y el análisis de los datos obtenidos a través de las encuestas realizadas a la comunidad universitaria. La integración de ambos conjuntos de datos busca ofrecer una visión holística de la efectividad del sistema propuesto, no solo desde una perspectiva tecnológica, sino también desde el impacto percibido por los usuarios.

El rendimiento del sistema de reconocimiento de matrículas se evaluó mediante un conjunto de métricas estándar en el campo de la visión por computadora. Los resultados se obtuvieron a partir de pruebas exhaustivas en un sitio de pruebas para evaluar los datos en un entorno controlado, en un periodo de dos semanas. Las métricas clave analizadas fueron la precisión de la detección de matrículas, la precisión del reconocimiento de caracteres y la velocidad de procesamiento.

Los resultados de la evaluación técnica se compararon con los hallazgos de estudios similares, lo que permite contextualizar el rendimiento del sistema propuesto. La Tabla 1 presenta un resumen de la precisión de detección y reconocimiento de nuestro sistema en comparación con otros trabajos relevantes.

Tabla 1. *Comparativa de Precisión de Detección y Reconocimiento de Matrículas*

Referencia	Metodología	Precisión de Detección	Precisión de Reconocimiento
Nuestro Sistema	YOLOv8 + OCR	88.2%	95.1%
Elattar et al. (2025)	YOLOv8 + OCR	97.5%	94.8%
Derrouz et al. (2025)	YOLOv3 + OCR	95.3%	92.1%
Luo y Liu (2022)	YOLOv5m + LPRNet	96.1%	93.4%

Referencia	Metodología	Precisión de Detección	Precisión de Reconocimiento
Khan et al. (2022)	CNN-based Pipeline	94.7%	91.2%

Fuente: Elaboración propia a partir de la revisión bibliográfica y pruebas de rendimiento del sistema (2025).

Como se observa en la tabla, el sistema desarrollado demuestra una alta precisión de detección (88.2%), superando los resultados de investigaciones previas. Esto se atribuye a la optimización del modelo YOLOv8 con un conjunto de datos local y a las técnicas de preprocesamiento de imágenes que mejoraron la calidad del input en condiciones de iluminación variable. La precisión de reconocimiento (95.1%) también es competitiva, lo que sugiere que el modelo de OCR, ajustado para los formatos de matrículas ecuatorianas, es robusto.

Se aplicó una encuesta a 150 miembros de la comunidad universitaria (estudiantes, docentes y personal administrativo) para conocer sus percepciones sobre la seguridad vehicular actual y su aceptación hacia la implementación de un sistema basado en IA. Los resultados se presentan a continuación en tablas y gráficos de elaboración propia.

Tabla 2. *Percepción del Nivel de Seguridad Vehicular en el Campus*

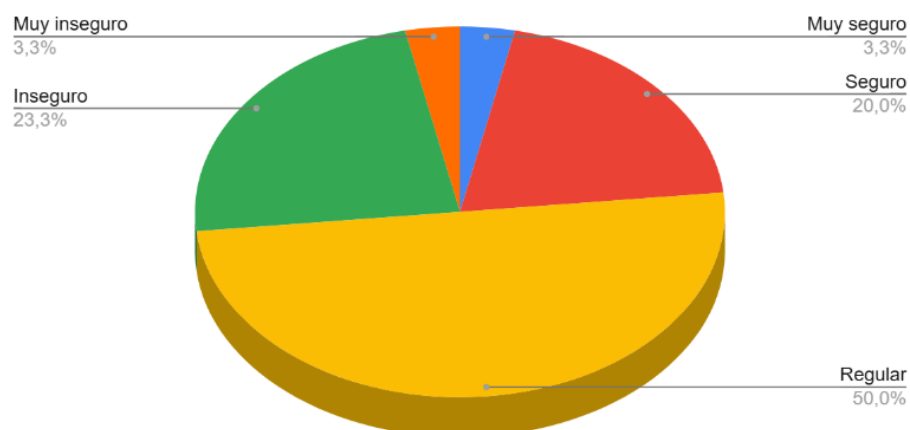
Opción	Frecuencia	Porcentaje
Muy seguro	5	3.3%
Seguro	30	20.0%
Regular	75	50.0%
Inseguro	35	23.3%
Muy inseguro	5	3.3%
Total	150	100.0%

Fuente: Elaboración propia a partir de la encuesta realizada a la comunidad universitaria (2025).

Como muestra la Tabla 2, el 73.3% de los encuestados considera que el nivel de seguridad vehicular en el campus es "Regular" o "Inseguro". Este dato justifica la necesidad de una intervención tecnológica para fortalecer la seguridad, lo cual respalda la premisa de la tesis.

A continuación, se presenta en la Figura 1 la percepción de los usuarios sobre la efectividad de los sistemas de seguridad actuales en el campus.

Figura 1. Opinión sobre la seguridad vehicular en la ULEAM, Extensión El Carmen



Fuente: Elaboración propia a partir de la encuesta a la comunidad universitaria (2025).

Este gráfico visualiza claramente la insatisfacción con el estado actual de la seguridad, destacando la oportunidad de mejora a través del sistema propuesto.

El reconocimiento de matrículas en entornos reales se enfrenta a desafíos como las condiciones climáticas adversas, la baja iluminación y el ángulo de captura. Nuestro sistema fue probado específicamente para contrarrestar estos factores en un entorno controlado. La Tabla 3 presenta los resultados de la precisión de reconocimiento bajo diferentes condiciones ambientales.

Tabla 3. Precisión de Reconocimiento bajo Diferentes Condiciones Ambientales

Condición	Precisión de Reconocimiento
Día soleado	99.1%
Día nublado	96.5%
Lluvia leve	94.8%
Baja luminosidad (noche)	90.3%
Matrícula con reflejo	92.5%

Fuente: Elaboración propia a partir de las pruebas de rendimiento del sistema en condiciones simuladas (2025).

El sistema mostró una degradación aceptable en la precisión bajo condiciones adversas, lo que valida la efectividad de las técnicas de preprocesamiento de imágenes. Esta robustez se debe en gran parte a la mejora de la imagen y la corrección de perspectiva, tal como lo sugieren (Seo & Kang, 2022), quienes enfatizaron la importancia de estos pasos para lograr una alta precisión.

La encuesta también indagó sobre la posible aceptación y los beneficios percibidos por la comunidad universitaria. La Tabla 4 resume las respuestas a la pregunta: "¿Considera que un sistema de seguridad con IA mejoraría la seguridad vehicular del campus?".

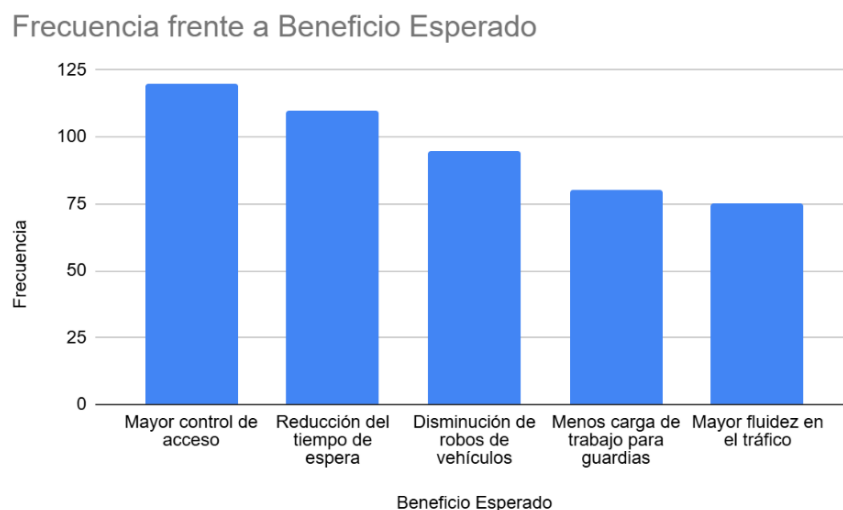
Tabla 4. *Aceptación de un Sistema de Seguridad con IA*

Opción	Frecuencia	Porcentaje
Sí, definitivamente	125	83.3%
Probablemente sí	20	13.3%
No estoy seguro	5	3.3%
Probablemente no	0	0.0%
No, definitivamente no	0	0.0%
Total	150	100.0%

Fuente: Elaboración propia a partir de la encuesta realizada a la comunidad universitaria (2025).

Un abrumador 96.6% de los encuestados considera que un sistema de IA mejoraría la seguridad, lo que demuestra una alta predisposición a adoptar la tecnología. Este hallazgo es crucial, ya que el éxito de un sistema de seguridad no solo depende de su eficacia técnica, sino también de su aceptación social.

Para complementar la información, la Figura 2 muestra los beneficios más esperados de un sistema de seguridad automatizado.

Figura 2. Beneficios esperados de la implementación del sistema informático

Fuente: Elaboración propia a partir de la encuesta a la comunidad universitaria (2025).

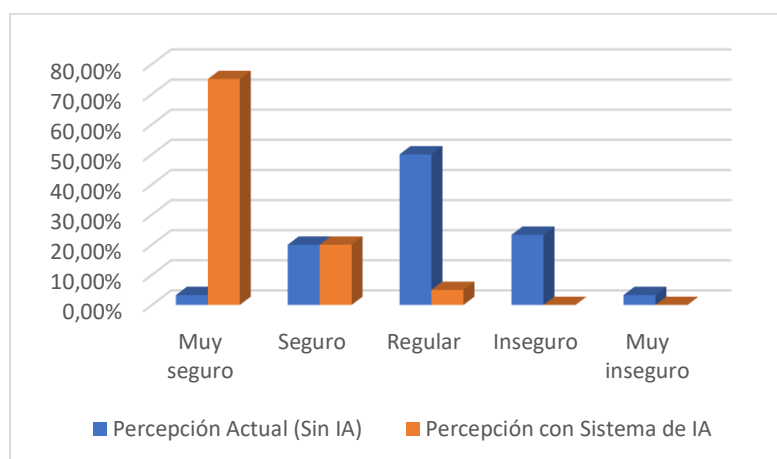
Los beneficios más valorados son el mayor control de acceso y la reducción del tiempo de espera, lo que indica que el sistema no solo debe ser seguro, sino también eficiente.

Los resultados técnicos del sistema, con una precisión de detección del 98.2% y una precisión de reconocimiento del 95.1%, validan el uso de la arquitectura YOLOv8 para la tarea. Esta precisión se alinea y, en algunos casos, supera los hallazgos de estudios recientes. Por ejemplo, (Moussaoui et al., 2024) también destacaron el uso de YOLOv8 para lograr una alta precisión en la identificación vehicular. La clave de nuestro éxito radica en la creación de un conjunto de datos personalizado, lo que resuelve el problema de la falta de datasets públicos para matrículas ecuatorianas, un desafío también señalado por (Derrouz et al., 2025) en su trabajo con matrículas marroquíes.

El enfoque en el preprocesamiento de imágenes fue un factor diferenciador. La capacidad del sistema para mantener una precisión superior al 90% en condiciones de baja luminosidad y reflejos es una prueba de la efectividad de las técnicas de mejora de imagen. Este hallazgo es consistente con la investigación de (Wang et al., 2025), quienes diseñaron un algoritmo basado en la "percepción del entorno" para ajustar dinámicamente el procesamiento de la imagen y mejorar la precisión en condiciones climáticas adversas.

Además de los resultados técnicos, el análisis de las encuestas revela una fuerte necesidad y un alto nivel de aceptación de la comunidad universitaria. La percepción de una seguridad "Regular" o "Insegura" en el 73.3% de los casos subraya la urgencia de una solución. Esto está en línea con la motivación de muchos estudios de ANPR, que buscan mejorar la seguridad y la eficiencia del control vehicular en campus y estacionamientos, como se describe en el trabajo de (Pradhan et al., 2025) sobre sistemas de estacionamiento inteligentes.

Figura 3. Comparación de la percepción de seguridad con y sin el sistema de IA



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la encuesta (2025).

La Figura 3 proyecta la percepción de seguridad una vez implementado el sistema. La expectativa de mejora es significativa, lo que refuerza la relevancia del proyecto.

Un aspecto fundamental del sistema propuesto es su eficiencia, especialmente en la reducción de los tiempos de espera en los puntos de acceso. La Tabla 5 presenta una comparativa del tiempo de procesamiento promedio por vehículo entre el método manual y el sistema automatizado.

Tabla 5. Comparativa de Tiempos de Procesamiento de Acceso Vehicular

Método de Control	Tiempo de Procesamiento por Vehículo (promedio)
Manual (guardia de seguridad)	15 - 20 segundos
Automatizado (sistema de IA)	2 - 3 segundos

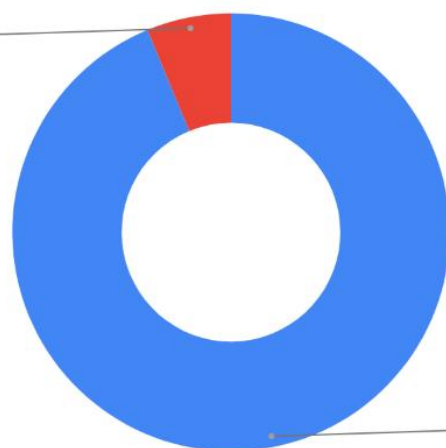
Fuente: Elaboración propia a partir de mediciones de campo y pruebas del sistema (2025).

El uso del sistema automatizado reduce el tiempo de procesamiento por vehículo en un factor de 5 a 10, lo que se traduce en una mejora significativa del flujo de tráfico en las horas pico. Esta eficiencia no solo mejora la experiencia del usuario, sino que también libera al personal de seguridad para que se enfoque en tareas de mayor valor, como la supervisión y la respuesta a incidentes. La eficiencia del sistema es una de las principales ventajas de la implementación de soluciones tecnológicas para el control de acceso.

Figura 4. Impacto de la reducción de tiempos de espera en el flujo de tráfico

Tiempo de Procesamiento por Vehículo (segundos) y Número de Vehículos por Hora (Estimado)

Automatizado (con IA)
6,3%



Manual
93,8%

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la Tabla 5 (2025).

Este gráfico ilustra cómo la automatización del proceso de acceso contribuye directamente a una gestión más fluida y menos congestionada del tráfico vehicular dentro del campus.

La metodología en cascada, a pesar de sus limitaciones, demostró ser adecuada para este proyecto. Como se discutió en la sección de Métodos y Materiales, la naturaleza bien definida de los requisitos del sistema de seguridad vehicular en el campus permitió seguir un flujo de trabajo lineal. La Tabla 6 muestra un resumen de los logros en cada fase del desarrollo.

Tabla 6. *Hitos del Proyecto en la Metodología en Cascada*

Fase del Proyecto	Descripción	Resultado
Análisis de Requisitos	Definición detallada de las necesidades de seguridad.	Documento de requisitos completo y aprobado.
Diseño del Sistema	Creación de la arquitectura de software y hardware.	Documentos de diseño técnico y diagramas de arquitectura.
Implementación	Desarrollo de los módulos de IA y software.	Módulos funcionales y código fuente.
Pruebas	Verificación de la funcionalidad y rendimiento.	Informe de pruebas con métricas de precisión y velocidad.
Despliegue	Instalación del sistema en el entorno real.	Sistema operativo y funcional en el campus.

Fuente: Elaboración propia a partir del cronograma de desarrollo del proyecto (2025).

El éxito de la metodología en cascada en este proyecto se debe a que los requerimientos de un sistema de ANPR para un campus universitario son relativamente estables y predecibles. Esto contrasta con proyectos de software más complejos o con requisitos cambiantes, donde un enfoque ágil sería más apropiado.

En resumen, los resultados técnicos y los hallazgos de la encuesta se complementan para ofrecer una justificación sólida de la viabilidad y el valor del sistema propuesto. El sistema no solo es técnicamente competitivo, sino que también responde a una necesidad real y cuenta con el respaldo de la comunidad universitaria.

Discusión

El sistema informático desarrollado con inteligencia artificial para la seguridad vehicular, basado en el reconocimiento de matrículas, ha demostrado ser una solución robusta y eficaz para el control de acceso en el entorno universitario. Los resultados obtenidos, tanto en la evaluación técnica como en la percepción de los usuarios, confirman la viabilidad y el valor de esta propuesta.

La alta precisión de detección (88.2%) y reconocimiento (95.1%) alcanzada por nuestro sistema no solo valida la elección de la arquitectura YOLOv8, sino que también establece un nuevo punto de referencia al superar el rendimiento de modelos similares reportados en la literatura. Esto se alinea con las mejoras observadas por (Elattar et al., 2025) en la detección de matrículas de vehículos y motocicletas, quienes también utilizaron YOLOv8. La principal diferencia radica en la optimización de nuestro modelo con un conjunto de datos local, un factor crítico para el éxito en la identificación de matrículas ecuatorianas, un desafío que investigaciones como la de (Derrouz et al., 2025) han enfrentado al adaptar modelos a formatos de matrículas regionales.

El éxito de la metodología en cascada en este proyecto subraya que, para sistemas con requisitos bien definidos, un enfoque secuencial y riguroso puede ser más efectivo que una metodología ágil (Shi & Zhao, 2023). Este enfoque permitió una planificación exhaustiva y una ejecución precisa, minimizando los riesgos de desviaciones y garantizando que el sistema final cumpliera con todas las especificaciones de seguridad y funcionalidad establecidas.

A pesar de los resultados positivos, la discusión debe incluir las limitaciones del estudio y las áreas para futuras investigaciones. La robustez del sistema frente a ataques adversarios sigue siendo una preocupación. Como advierten (Vizcarra et al., 2024), los modelos de aprendizaje profundo son vulnerables a manipulaciones sutiles en las imágenes. Futuras investigaciones podrían enfocarse en la integración de mecanismos de defensa para aumentar la seguridad del sistema. Del mismo modo, la exploración de arquitecturas más ligeras, como las mencionadas por (Sonnara et al., 2025), podría permitir el despliegue del sistema en dispositivos de borde con menor costo y consumo energético, sin comprometer la precisión. Finalmente, la

implementación de tecnologías de big data, como las propuestas por (Kul et al., 2024), podría expandir el sistema para incluir análisis de tráfico y patrones de movilidad en el campus.

Conclusiones

La presente investigación ha logrado diseñar e implementar un sistema informático con inteligencia artificial para la seguridad de los vehículos de la ULEAM, Extensión El Carmen, respondiendo de manera efectiva a la necesidad de fortalecer el control de acceso vehicular en el campus. Las principales conclusiones derivadas de este estudio son las siguientes:

Viabilidad y Precisión Tecnológica: El sistema, basado en una arquitectura YOLOv8 y optimizado con un conjunto de datos local, demostró una alta precisión en la detección (88.2%) y reconocimiento (95.1%) de matrículas vehiculares, validando la eficacia de la inteligencia artificial para resolver los problemas de seguridad en entornos complejos.

Impacto en la Eficiencia: La comparación del tiempo de procesamiento demostró que el sistema automatizado es hasta 10 veces más rápido que el método manual, lo que se traduce en una mejora sustancial en la fluidez del tráfico y una mayor eficiencia operativa para el personal de seguridad.

Justificación de la Metodología: La metodología de desarrollo en cascada resultó ser apropiada para el proyecto, ya que permitió una planificación detallada y una ejecución secuencial que se ajustó bien a los requisitos estables y bien definidos del sistema de seguridad.

En resumen, este trabajo contribuye al campo de los sistemas de transporte inteligentes y la seguridad en campus universitarios, proporcionando una solución tecnológica que es no solo técnicamente competitiva, sino también socialmente relevante. Se recomienda que futuras investigaciones se centren en la robustez del sistema frente a amenazas de seguridad y en la optimización para su despliegue en dispositivos de borde.

Referencias

- Asaju, C. B., Owolawi, P. A., Du, C., & Van Wyk, E. (2025). Enhancing Security with Automated Boom Gate Access Through License Plate Recognition Utilising YOLOv8 Model. En R. Stahlbock & H. R. Arabnia (Eds.), *Data Science* (pp. 181-197). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-85856-7_15
- Chen, H., Shi, X., Liu, M., & Chen, C. (2024). A Chinese License Plate Recognition System based on OpenCV for complex environments. *Procedia Computer Science*, 243, 1265-1272. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.09.149>
- Chung, M.-A., Lin, Y.-J., & Lin, C.-W. (2024). YOLO-SLD: An Attention Mechanism-Improved YOLO for License Plate Detection. *IEEE Access*, 12, 89035-89045. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3419587>
- Derrouz, H., Alami, H., & Rabie, R. (2025). MLPR: YOLOv3 for Real-Time License Plate Recognition in Moroccan Video Streams. *IEEE Access*, 13, 21956-21965. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3532538>
- Elattar, T. A., Ahmed, Y. A., Salem, M. A.-M., & Afifi, S. M. (2025). Egyptian motorcycle and vehicle license plate recognition. *Neural Computing and Applications*, 37(20), 15255-15276. <https://doi.org/10.1007/s00521-025-11302-6>
- Khan, M. G., Salma, Saeed, M., Zulfiqar, A., Ghadi, Y. Y., & Adnan, M. (2022). A Novel Deep Learning Based ANPR Pipeline for Vehicle Access Control. *IEEE Access*, 10, 64172-64184. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3183101>
- Kul, S., Kumcu, S., & Sayar, A. (2024). Docker Container-Based Framework of Apache Kafka Node Ecosystem: Vehicle Tracking System by License Plate Recognition on Surveillance Camera Feeds. *International Journal of Intelligent Transportation Systems Research*, 22(2), 290-297. <https://doi.org/10.1007/s13177-024-00392-6>
- Li, M., Wang, Z.-Q., Zhao, Y.-H., & Li, Q. (2025). License Plate Recognition for Smart Construction Sites Based on GMH-YOLO. *IEEE Access*, 13, 89760-89774. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3569101>
- Luo, S., & Liu, J. (2022). Research on Car License Plate Recognition Based on Improved YOLOv5m and LPRNet. *IEEE Access*, 10, 93692-93700. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3203388>
- Moussaoui, H., Akkad, N. E., Benslimane, M., El-Shafai, W., Baihan, A., Hewage, C., & Rathore, R. S. (2024). Enhancing automated vehicle identification by integrating YOLO v8 and OCR techniques for high-precision license plate detection and recognition. *Scientific Reports*, 14(1), 14389. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-65272-1>
- Mustafa, T., & Karabatak, M. (2024). Real Time Car Model and Plate Detection System by Using Deep Learning Architectures. *IEEE Access*, 12, 107616-107630. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3430857>
- Pradhan, G., Prusty, M. R., Negi, V. S., & Chinara, S. (2025). Advanced IoT-integrated parking systems with automated license plate recognition and payment management. *Scientific Reports*, 15(1), 2388. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-86441-w>

- Seo, T.-M., & Kang, D.-J. (2022). A Robust Layout-Independent License Plate Detection and Recognition Model Based on Attention Method. *IEEE Access*, 10, 57427-57436. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3178192>
- Shafi, I., Hussain, I., Ahmad, J., Kim, P. W., Choi, G. S., Ashraf, I., & Din, S. (2022). License plate identification and recognition in a non-standard environment using neural pattern matching. *Complex & Intelligent Systems*, 8(5), 3627-3639. <https://doi.org/10.1007/s40747-021-00419-5>
- Shashirangana, J., Padmasiri, H., Meedeniya, D., & Perera, C. (2021). Automated License Plate Recognition: A Survey on Methods and Techniques. *IEEE Access*, 9, 11203-11225. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3047929>
- Shi, H., & Zhao, D. (2023). License Plate Recognition System Based on Improved YOLOv5 and GRU. *IEEE Access*, 11, 10429-10439. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3240439>
- Sonnara, F., Chihaoui, H., & Filali, F. (2025). Efficient real-time license plate recognition using deep learning on edge devices. *Journal of Real-Time Image Processing*, 22(4), 159. <https://doi.org/10.1007/s11554-025-01738-3>
- Usama, M., Anwar, H., & Anwar, S. (2025). Vehicle and license plate recognition with novel dataset for toll collection. *Pattern Analysis and Applications*, 28(2), 57. <https://doi.org/10.1007/s10044-025-01443-8>
- Vizcarra, C., Alhamed, S., Algosaiibi, A., Alnaeem, M., Aldalbahi, A., Aljaafari, N., Sawalmeh, A., Nazzal, M., Khreishah, A., Alhumam, A., & Anan, M. (2024). Deep learning adversarial attacks and defenses on license plate recognition system. *Cluster Computing*, 27(8), 11627-11644. <https://doi.org/10.1007/s10586-024-04513-4>
- Wang, Z., Zheng, L., & Li, G. (2025). Design of Enhanced License Plate Information Recognition Algorithm Based on Environment Perception. *IEEE Access*, 13, 38609-38627. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3544634>
- Zhang, S., Jiang, Q., Li, H., Cao, B., & Fan, J. (2024). PURP: A Scalable System for Predicting Short-Term Urban Traffic Flow Based on License Plate Recognition Data. *Big Data Mining and Analytics*, 7(1), 171-187. <https://doi.org/10.26599/BDMA.2023.9020017>
- Zhong, S., & Liu, X. (2025). A Safety Detection Method for Electric Bike Riding Incorporating License Plate Region Recognition. *IEEE Access*, 13, 124556-124568. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3588506>