



**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
ELECTRÓNICA**

**Sistema de reconocimiento de placas de rodaje para la
identificación de vehículos con infracciones en la Municipalidad
Provincial de Lambayeque**

TESIS

**Para obtener el título profesional de
INGENIERO ELECTRÓNICO**

Autores:

Bach. Nuñez Quispe Juan Javier

Asesor:

Mtro. Ing. Oblitas Vera Carlos Leonardo

ORCID:

**Lambayeque – Perú
17/09/2024**

**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
ELECTRÓNICA**

**Sistema de reconocimiento de placas de rodaje para la
identificación de vehículos con infracciones en la Municipalidad
Provincial de Lambayeque**

TESIS

**Para obtener el título profesional de
INGENIERO ELECTRÓNICO**

Aprobada por el siguiente jurado:



Presidente



Secretario



Vocal

**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
ELECTRÓNICA**

**Sistema de reconocimiento de placas de rodaje para la
identificación de vehículos con infracciones en la Municipalidad
Provincial de Lambayeque**

TESIS

**Para obtener el título profesional de
INGENIERO ELECTRÓNICO**

Presentada por:



Bach. Nuñez Quispe Juan Javier

Asesor:



Mtro. Ing. Oblitas Vera Carlos Leonardo

ACTA DE SUSTENTACIÓN



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DECANATO

Ciudad Universitaria - Lambayeque

LICENCIADA - RESOLUCIÓN DEL CONSEJO DIRECTIVO N° 015 - 2023-SUNEDU / CD



0081



ACTA DE SUSTENTACIÓN N° 56.-2024.-D/FACyM

Siendo las 8:00 a.m. del día Martes 17 de septiembre del 2024 se reunieron los miembros del jurado evaluador de la Tesis titulada:

Sistema de Reconocimiento de Placas de Rodaje para la identificación de Vehículos con infracciones en la Municipalidad Provincial de Lambayeque

Designados por Resolución N° 020 - 2024 D/FACyM de fecha 10 enero de 2024

Con la finalidad de evaluar y calificar la sustentación de la tesis antes mencionada, conformada por los siguientes docentes:

<u>Dr. Ing. Frank Richard Rodríguez Chirinos</u>	Presidente
<u>Mg. Ing. Martín Augusto Nomberto Lasso</u>	Secretario
<u>Mg. Ing. Oscar Uchelly Romero Cortez</u>	Vocal

La tesis fue asesorada por (el) (la) Mtro. Ing. Carlos Leonardo Oblitas Vera, nombrado por Resolución N° 020 - 2024 D/FACyM de fecha 10 de enero de 2024

El Acto de Sustentación fue autorizado por Resolución N° 838 - 2024 D/FACyM de fecha 26 de Agosto de 2024

La Tesis fue presentada y sustentada por (el) (los) Bachiller (es): Núñez Quispe Juan Javier y tuvo una duración de 30 minutos.

Después de la sustentación, y absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado se procedió a la calificación respectiva, otorgándole el Calificativo de Catorce (14) en la escala vigesimal, mención (Regular).

Por lo que queda(n) apto(s) para obtener el Título Profesional de Ingeniero Electrónico de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 9:10 a.m. se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto con la firma de los miembros del jurado.

DR. ING. FRANK RICHARD RODRÍGUEZ CHIRINOS
Presidente

Mg. Ing. Martín A. Nomberto Lasso
Secretario

Mg. Ing. Oscar Uchelly Romero Cortez
Vocal

Mtro. Ing. Carlos Leonardo Oblitas Vera
Asesor

CONSTANCIA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

(Aprobado con Res N° 095-2020-D)

Yo, Carlos Leonardo Oblitas Vera, Asesor de tesis de: Bach. Nuñez Quispe Juan Javier, Titulada: **“SISTEMA DE RECONOCIMIENTO DE PLACAS DE RODAJE PARA LA IDENTIFICACIÓN DE VEHÍCULOS CON INFRACCIONES EN LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE LAMBAYEQUE”**, luego de la revisión exhaustiva del documento constato que la misma tiene un índice de similitud de 11% verificable en el reporte de similitud del programa Turnitin.

El suscrito analizo dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender de la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Lambayeque, 07 de junio de 2024.

Mtro. Ing. Carlos Leonardo Oblitas Vera
DNI 03701836

Adj.

1. Recibo Digital Turnitin firmado.
2. Vista actual con Informe de Originalidad Turnitin firmados.
3. Archivo procesado en Turnitin: TESIS - Rediseño del Sistema de Videovigilancia y Centro de Control para mejorar la calidad de video actual en Cementos Pacasmayo Planta Piura_Final.pdf

RESULTADO INFORME DE SOLICITUD

Sistema de reconocimiento de placas de rodaje para la identificación de vehículos con infracciones en la Municipalidad Provincial de Lambayeque

INFORME DE ORIGINALIDAD

11 %	10 %	0 %	4 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	4 %
2	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	1 %
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1 %
4	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	1 %
5	Submitted to Universidad del Istmo de Panamá Trabajo del estudiante	<1 %
6	repositorio.utp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
7	alabs.org Fuente de Internet	<1 %
8	1library.co Fuente de Internet	<1 %

P. Ch.

9	oa.upm.es Fuente de Internet	<1 %
10	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
11	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
12	aws.amazon.com Fuente de Internet	<1 %
13	es.acervolima.com Fuente de Internet	<1 %
14	wiki2.org Fuente de Internet	<1 %
15	Submitted to Universidad Católica del CIBAO Trabajo del estudiante	<1 %
16	bellgardens.org Fuente de Internet	<1 %
17	documentop.com Fuente de Internet	<1 %
18	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
19	repository.usta.edu.co Fuente de Internet	<1 %
20	Submitted to Ilerna Online Trabajo del estudiante	<1 %

J. O. A.

21 Submitted to Universidad Internacional de la Rioja <1%
Trabajo del estudiante

22 sectoreducativoblog.wordpress.com <1%
Fuente de Internet

23 www.dropbox.com <1%
Fuente de Internet

S. Ch.

Excluir citas Activo
Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 15 words

RECIBO DIGITAL TURNITIN

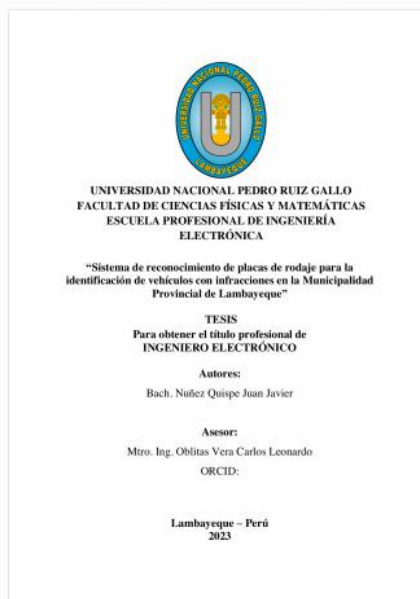


Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Juan Javier Nuñez Quispe
Título del ejercicio: Quick Submit
Título de la entrega: Sistema de reconocimiento de placas de rodaje para la iden...
Nombre del archivo: a_Municipalidad_Provincial_de_Lambayeque-_Juan_Nu_uz_Q...
Tamaño del archivo: 7.21M
Total páginas: 70
Total de palabras: 10,806
Total de caracteres: 63,241
Fecha de entrega: 07-jun.-2024 07:51p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre... 2397942257



Derechos de autor 2024 Turnitin. Todos los derechos reservados.

DEDICATORIA

A Dios, por el don de la vida Padre
Celestial, por Su infinita sabiduría y
misericordia, por ser mi guía constante y
otorgarme la fuerza y claridad para
completar este trabajo.

A nuestros padres y seres queridos, por su
amor incondicional, su apoyo
inquebrantable y los sacrificios que hicieron
para que este logro fuera posible. Gracias
por creer en mí y acompañarme en cada
paso de este camino.

A todas las personas que, de una u otra
manera, contribuyeron a la realización de
esta investigación, con su conocimiento,
orientación y apoyo. A cada uno de ustedes,
mi más profundo agradecimiento.

Bach. Nuñez Quispe Juan Javier

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría expresar mi más profundo agradecimiento a mi asesor y docente de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Su dedicación, conocimiento y compromiso fueron esenciales para la culminación de esta tesis. Aprecio cada lección compartida, las valiosas orientaciones brindadas y la motivación constante para buscar la excelencia en cada etapa del proceso.

Su guía y respaldo no solo han sido fundamentales para este trabajo, sino también para mi desarrollo profesional, por lo cual le estoy sinceramente agradecido.

Bach. Nuñez Quispe Juan Javier

ÍNDICE

ACTA DE SUSTENTACIÓN	iv
CONSTANCIA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	v
RESULTADO INFORME DE SOLICITUD	vi
RECIBO DIGITAL TURNITIN	ix
DEDICATORIA	x
AGRADECIMIENTOS	xi
ÍNDICE	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE TABLAS	xv
INFORMACIÓN GENERAL	xvi
INTRODUCCIÓN	xvii
RESUMEN	xx
ABSTRACT	xxi
I. DISEÑO TEÓRICO	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Bases teóricas	2
1.2.1. Sistema de reconocimiento de placas vehiculares	2
1.2.2. Aprendizaje automático	8
1.2.3. Visión por computadora	9
1.2.4. Angular	10

1.2.5. MySQL	12
1.2.6. ALPR de Plate Recognizer	13
1.3. Operacionalización de variables	15
II. DISEÑO METODOLÓGICO	16
2.1. Diseño de contrastación de hipótesis	16
2.2. Población y muestra	17
2.3. Técnicas, instrumentos, equipos y materiales	17
III. RESULTADOS	19
3.1. Deficiencias del sistema de registro y seguimiento de infracciones vehiculares de la MPL	19
3.2. Selección de herramientas de software y desarrollo del sistema de reconocimiento de placas de rodaje de vehículos infractores	29
3.3. Pruebas experimentales del sistema de reconocimiento de placas de rodaje de vehículos infractores	35
IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	40
V. CONCLUSIONES	42
VI. RECOMENDACIONES	44
REFERENCIAS	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Depósito vehicular de la MPL	19
Figura 2. Formato de papeleta impuesta a los infractores de tránsito por la MPL	22
Figura 3. Documento informativo sobre las papeletas impuestas a los infractores de tránsito por la MPL	23
Figura 4. Documento de registro de las papeletas impuestas a los infractores de tránsito por la MPL	24
Figura 5. Formato de orden de libertad para los vehículos infractores de tránsito de la MPL	25
Figura 6. Registro en cuaderno de los vehículos infractores de tránsito de la MPL	28
Figura 7. Pantalla principal de la interfaz web de usuario	30
Figura 8. Panel para crear una nueva boleta de internamiento	30
Figura 9. Panel para editar una boleta de internamiento	31
Figura 10. Panel para eliminar una boleta de internamiento	32
Figura 11. Captura de la placa en el sistema	33
Figura 12. Reconocimiento de la placa en el sistema	33
Figura 13. Pantalla principal de la base de datos	34
Figura 14. Tablas de la base de datos	34
Figura 15. Datos de la tabla principal (boleta de internamiento) de la base de datos	35
Figura 16. Placa de prueba para el primer escenario	36
Figura 17. El sistema indica que la placa de prueba del primer escenario no está registrada	36
Figura 18. Placa de prueba para el segundo escenario	37
Figura 19. El sistema indica que la placa de prueba del segundo escenario está registrada ..	37
Figura 20. Placa de prueba para el tercer escenario	38
Figura 21. El sistema indica que la placa de prueba del tercer escenario no es reconocida ...	39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Definición y operacionalización de variables	15
Tabla 2. Herramientas de software seleccionadas	29

INFORMACIÓN GENERAL

Título:

SISTEMA DE RECONOCIMIENTO DE PLACAS DE RODAJE PARA LA IDENTIFICACIÓN DE VEHÍCULOS CON INFRACCIONES EN LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE LAMBAYEQUE.

Autores:

Bach. Nuñez Quispe Juan Javier.

Asesor de especialidad:

Mtro. Ing. Oblitas Vera Carlos Leonardo.

Línea de investigación:

Ingenierías y Tecnologías.

Lugar:

Depósito Vehicular de la Municipalidad Provincial de Lambayeque, Lambayeque, Perú.

Duración estimada:

- Fecha de inicio: Diciembre de 2023
- Fecha de finalización: Diciembre de 2024

INTRODUCCIÓN

En Perú se reportan anualmente aproximadamente 3,000 fallecimientos debido a accidentes de tránsito, con un registro de 80,000 incidentes y alrededor de 50,000 lesionados o incapacitados. Ante esta alarmante situación, las autoridades de tránsito han intensificado medidas preventivas, incluyendo el incremento de la vigilancia de velocidad y mayor presencia policial en vías públicas. A pesar de estos esfuerzos, la problemática de los accidentes de tráfico persiste (Ortuya, 2023).

El Servicio de Administración Tributaria (SAT) informó que la deuda por infracciones al "Reglamento Nacional de Tránsito en Lima" ha superado los 178 millones de soles desde marzo de 2022 hasta abril de 2023, reflejando una problemática significativa. Esto se atribuye a la falta de un sistema adecuado por parte de la Municipalidad Metropolitana de Lima para notificar sanciones y monitorear a los infractores de manera eficiente. Adicionalmente, la caducidad sencilla de las multas y el tráfico congestionado contribuyen a que no se vea una mejora en el tráfico vehicular (Ortuya, 2023; Diario Perú 21, 2023).

El SAT de Lima indicó que en 2016 se emitieron 12,676 multas de tráfico, mientras que los pagos de multas ascendieron a 91,126, una cifra ocho veces mayor a las multas impuestas. La tendencia continuó en 2017 con 15,010 multas y 96,044 pagos, y hasta junio de 2018 con 3,525 multas frente a 46,357 pagos. La legislación actual permite a los conductores sancionados apelar y postergar el pago de las multas, lo que puede llevar a la anulación de la sanción debido a la prescripción. Alfonso Flórez Mazzini, de Transitemos, critica la ineficacia del sistema de registro y seguimiento de infracciones, subrayando la falta de un sistema electrónico actualizado para las autoridades de tránsito, que se basa en datos desactualizados cargados desde discos (Reisman, 2018).

Para optimizar el registro y seguimiento de infracciones vehiculares, la Municipalidad Distrital de San Miguel (Lima) ha implementado la innovadora aplicación móvil "Ojo Vial". Esta aplicación permite a los ciudadanos capturar (mediante fotos y videos) y reportar infracciones de tránsito en tiempo real. Una característica clave de la información enviada a través de la aplicación es que no puede ser alterada, lo que asegura su integridad. Los responsables de revisar estos reportes pueden identificar las placas de los vehículos infractores y proceder con las acciones correspondientes. San Miguel es uno de los primeros distritos de Lima Metropolitana en adoptar esta tecnología. Desde su puesta en marcha, la app ha recibido más de 3,500 informes, llevando a la imposición de multas a unos 500 vehículos. Las multas impuestas representan el 10% de una UIT, o 430 soles (Municipalidad Distrital de San Miguel, 2023).

En la región Lambayeque, una auditoría del Órgano de Control Institucional reveló que el Servicio de Administración Tributaria de Chiclayo (SATCh) registró multas de tráfico caducadas, generando cobros indebidos por S/ 44,737 y aceptó 56 pedidos de prescripción s por S/ 101,781.48 (Diario Correo, 2022). Por su parte, el Consejo Regional de Seguridad Vial de Lambayeque, informó que aproximadamente el 10% de los 80,000 conductores en la región operan con la Tarjeta Única de Circulación (TUC), dejando un 90% operando sin el documento o de manera informal. Mientras que la Coordinadora Regional de Transporte Público, indicó que los principales problemas vehiculares de la región ocurren en las combis, incluyendo maltrato a usuarios, infracciones de tránsito y asaltos (Sandoval, 2015).

Actualmente, la Municipalidad Provincial de Lambayeque se encuentra ante importantes retos debido a las deficiencias de su sistema de registro y seguimiento de infracciones vehiculares. Este sistema, caracterizado por un manejo ineficiente y basado en anotaciones manuales, abarca información crítica como el número de placa, tipo de vehículo, identificación del propietario, tipo de multa, entre otros aspectos. Sin embargo, esta forma de

registro manual conduce a problemas de legibilidad, organización y seguridad de los datos. Esta situación pone de manifiesto la necesidad imperiosa de digitalizar el proceso y adoptar una metodología más estructurada y eficiente en la gestión de datos. La digitalización no solo mejoraría la eficacia y la fiabilidad del sistema, sino que también agilizaría la cobranza de multas. Implementar un sistema digitalizado permitiría a la Municipalidad mejorar significativamente la administración de infracciones vehiculares, asegurando una gestión más transparente y efectiva.

En este contexto, se planteó la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo se puede diseñar un sistema de reconocimiento de placas de rodaje para la identificación de vehículos con infracciones en la Municipalidad Provincial de Lambayeque? La hipótesis planteada fue la siguiente: Mediante una interfaz web de usuario, una base de datos y una API con un modelo de machine learning para el procesamiento de imágenes es posible obtener un sistema de reconocimiento de placas de rodaje para la identificación de vehículos con infracciones en la Municipalidad Provincial de Lambayeque.

Como objetivo general se estableció: Diseñar un sistema de reconocimiento de placas de rodaje para la identificación de vehículos con infracciones en la Municipalidad Provincial de Lambayeque. Además, se plantearon tres objetivos específicos: i) Realizar un análisis detallado del sistema de registro y seguimiento de infracciones vehiculares de la Municipalidad Provincial de Lambayeque para identificar sus deficiencias y posibles áreas de mejora; ii) Seleccionar las herramientas tecnológicas para desarrollar la interfaz web de usuario, la base de datos y la API con el modelo de machine learning del sistema de reconocimiento de placas de rodaje de vehículos; y iii) Realizar pruebas experimentales con el sistema desarrollado y la base de datos de vehículos registrados con infracciones de la Municipalidad Provincial de Lambayeque para validar su eficiencia en un ambiente operativo.

RESUMEN

Esta investigación abordó la problemática del sistema de registro y seguimiento de infracciones vehiculares en la Municipalidad Provincial de Lambayeque, donde se identificaron deficiencias significativas en el depósito vehicular. El análisis reveló que el depósito se caracterizaba por un manejo ineficiente de los registros, con un sistema basado en anotaciones manuales que comprometía la legibilidad, la organización y la seguridad de la información. Se detectó la necesidad crítica de digitalizar el proceso y adoptar un enfoque más estructurado para la gestión de datos. Con la implementación de un sistema que integra una interfaz web de usuario, una base de datos robusta y una API con un modelo de machine learning para el reconocimiento de placas de rodaje, se realizaron pruebas para evaluar su eficacia. Las pruebas experimentales mostraron que el sistema era capaz de identificar correctamente las placas de rodaje en la mayoría de los casos. Sin embargo, también se evidenció un margen de error en situaciones donde las placas estaban dañadas o desgastadas, resaltando la necesidad de optimización continua. Las pruebas confirmaron la viabilidad del sistema para mejorar la eficiencia operativa del depósito vehicular. Se logró un reconocimiento efectivo de las placas registradas en la base de datos y se estableció un precedente para la mejora continua mediante la integración tecnológica.

Palabras clave: Reconocimiento de placas vehiculares, Angular, MySQL, Plate Recognizer, Machine Learning.

ABSTRACT

This investigation addressed the problem of the system for recording and tracking vehicle violations in the Provincial Municipality of Lambayeque, where significant deficiencies were identified in the vehicle depository. The analysis revealed that the vehicle deposit was characterized by inefficient management of records, with a system based on manual annotations that compromised the legibility, organization and security of the information. A critical need was identified to digitize the process and adopt a more structured approach to data management. With the implementation of a system that integrates a web user interface, a robust database and an API with a machine learning model for license plate recognition, tests were conducted to evaluate its effectiveness. Experimental tests showed that the system was able to correctly identify license plates in most cases. However, a margin of error was also evident in situations where the plates were damaged or worn, highlighting the need for continuous optimization. The tests confirmed the feasibility of the system to improve the operational efficiency of the vehicle depot. Effective recognition of plates registered in the database was achieved and a precedent for continuous improvement through technology integration was established.

Keywords: License plate recognition, Angular, MySQL, Plate Recognizer, Machine Learning.

I. DISEÑO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

En el contexto internacional, Taborda (2019) se centró en crear un modelo de reconocimiento óptico de caracteres (OCR) para la identificación de matrículas vehiculares en Colombia, utilizando imágenes capturadas con smartphones. Se diseñó un modelo OCR específico y un algoritmo para el reconocimiento de placas, enfatizando la necesidad de un entrenamiento detallado del sistema. Optaron por desarrollar una aplicación móvil para mejorar la experiencia del usuario. A pesar de los avances en el procesamiento de imágenes, el autor admite que el modelo requeriría años de desarrollo para lograr un reconocimiento plenamente efectivo, aunque ya podía identificar algunos caracteres en las placas.

Por su parte, Vásquez y Morales (2018) desarrollaron un sistema de reconocimiento automático de placas vehiculares diseñado para el estacionamiento principal de la Universidad Cooperativa de Colombia en Bogotá, con la finalidad de controlar el acceso de vehículos autorizados. El sistema mostró una alta tasa de éxito, alcanzando un 90% de precisión en el reconocimiento de placas, con la posibilidad de llegar al 100% si las placas están en condiciones óptimas. El rendimiento del sistema depende significativamente de la calidad de la imagen para una correcta segmentación y reconocimiento de los caracteres.

Asimismo, Pallarés Font de Mora (2014) propuso un sistema para detectar y reconocer matrículas de vehículos, destacando la relevancia de las pruebas para verificar la efectividad y determinar mejoras. Los resultados iniciales fueron positivos, con el código funcionando adecuadamente y las pruebas arrojando resultados prometedores. No obstante, se identificaron algunos inconvenientes que necesitaron soluciones, como el filtrado y la eliminación del distintivo "E" de Europa en las matrículas.

A nivel nacional, Fuertes Olivares (2019) desarrolló un sistema electrónico que emplea el procesamiento digital de imágenes para clasificar matrículas vehiculares, con el fin de optimizar el monitoreo del tráfico en tiempo real en la avenida La Marina, en Lima. Para ello, se utilizaron técnicas avanzadas como la segmentación de imágenes, detección de bordes, transformaciones morfológicas y el filtrado Top-Hat. El sistema tenía como finalidad mejorar la vigilancia del tráfico y clasificar las placas vehiculares en tiempo real, utilizando una cámara RGB para adaptarse a la modalidad y los horarios estipulados por la legislación local.

Asimismo, Ramírez y Tito (2020) crearon un sistema de reconocimiento automático de matrículas para supervisar el tráfico en tiempo real en la Universidad Ricardo Palma. Durante las pruebas, 19 de 20 placas fueron identificadas correctamente en el primer intento, logrando una efectividad del 95%. El margen de error del 5% se atribuyó a variables como la iluminación.

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Sistema de reconocimiento de placas vehiculares

El origen de los sistemas de reconocimiento de placas vehiculares, o reconocimiento automático de matrículas (ALPR, por sus siglas en inglés), se remonta a mediados del siglo XX, con desarrollos significativos en las últimas décadas del siglo debido al avance de la tecnología informática y de la imagen (Teng y Wei, 2023).

La idea de reconocer automáticamente las matrículas de los vehículos surgió inicialmente como parte de los esfuerzos de vigilancia y control de tráfico. Los primeros sistemas dependían en gran medida de hardware específico y eran relativamente rudimentarios en su funcionamiento (Krocka et al., 2022).

En la década de 1970, con la llegada de las primeras cámaras de video y los avances en el procesamiento de imágenes, comenzaron a desarrollarse los primeros sistemas de ALPR funcionales. Estos sistemas, sin embargo, todavía estaban limitados en términos de velocidad

y precisión. Con la llegada de las computadoras personales y el desarrollo de algoritmos más avanzados de procesamiento de imágenes en la década de 1980 y 1990, el ALPR comenzó a ser más viable y efectivo. Los sistemas podían ahora procesar imágenes digitales de las cámaras y utilizar software para identificar caracteres en las placas. A medida que la tecnología de reconocimiento óptico de caracteres (OCR) mejoraba, también lo hacía la precisión y velocidad del ALPR. Los sistemas podían ahora operar en condiciones de iluminación y ángulos más variados (NGSC, 2021).

Los ALPR ofrecen varias ventajas significativas en diversos campos, desde la seguridad y el cumplimiento de la ley hasta la gestión del tráfico y la administración de estacionamientos. Aquí están algunas de sus principales ventajas (Senstar, 2023; Rojas, 2023):

- **Mejora de la seguridad y vigilancia:** ALPR es una herramienta crucial para las fuerzas del orden público, ya que permite la identificación rápida de vehículos robados o involucrados en actividades delictivas. También se utiliza para encontrar vehículos asociados con personas desaparecidas o en investigación.
- **Eficiencia en el control de tráfico:** Los sistemas ALPR ayudan a monitorizar y gestionar el flujo de tráfico, identificando patrones de tráfico y ayudando en la planificación urbana. Esto puede conducir a una mejor gestión del tráfico y a la reducción de los atascos.
- **Gestión automatizada de estacionamientos:** En los estacionamientos, los sistemas ALPR permiten una entrada y salida más rápidas y eficientes, reduciendo la necesidad de tickets o personal de estacionamiento. Esto mejora la experiencia del usuario y reduce los costos operativos.
- **Cobro automático de peajes:** ALPR facilita los sistemas de peaje sin paradas, donde los vehículos no necesitan detenerse para pagar, lo que mejora la eficiencia y reduce la congestión en las casetas de peaje.

- **Reducción de costos laborales y errores humanos:** Al automatizar la recopilación de datos, los sistemas ALPR reducen la necesidad de personal para ciertas tareas y minimizan los errores humanos en la identificación y registro de vehículos.
- **Uso en aplicaciones de ciudades inteligentes:** Los datos recopilados por los sistemas ALPR pueden ser utilizados en aplicaciones de ciudades inteligentes, como la gestión de zonas de bajas emisiones y la planificación urbana sostenible.
- **Accesibilidad y conveniencia:** ALPR ofrece una forma rápida y conveniente de controlar el acceso a áreas restringidas, como zonas residenciales privadas, áreas comerciales o campus universitarios.
- **Análisis de datos y tendencias:** Los datos recopilados por los sistemas ALPR pueden ser analizados para identificar tendencias, como los patrones de tráfico, y para informar decisiones de política y planificación.
- **Flexibilidad y escalabilidad:** Los sistemas ALPR pueden ser escalados y adaptados a diferentes entornos y necesidades, desde pequeños estacionamientos privados hasta grandes redes de carreteras.
- **Integración con otras tecnologías:** ALPR se puede integrar con otras tecnologías, como sistemas de gestión de video (VMS) y bases de datos de seguridad, para una mayor funcionalidad y eficacia.

Los ALPR enfrentan varios desafíos que pueden afectar su eficacia y aceptación. Estos desafíos incluyen aspectos técnicos, legales, éticos y de privacidad (Folio, 2023; Tung et al., 2021):

- **Condiciones ambientales y de iluminación:** Los cambios en las condiciones de iluminación, el mal tiempo (como lluvia, nieve o niebla) y la oscuridad pueden afectar la capacidad del sistema para capturar y leer correctamente las placas de los vehículos.

- **Diversidad de placas:** Existe una gran variedad en el diseño de las placas de vehículos, incluyendo diferentes tamaños, colores, fuentes y la presencia de símbolos o emblemas. Esto puede complicar la tarea de reconocimiento, especialmente en sistemas que operan a nivel internacional.
- **Velocidad y ángulo de los vehículos:** La alta velocidad de los vehículos y los ángulos de captura poco favorables pueden dificultar el reconocimiento preciso de las matrículas.
- **Precisión y falsos positivos:** Asegurar una alta precisión en el reconocimiento y minimizar los falsos positivos (identificación incorrecta de una placa) sigue siendo un reto, especialmente en entornos con un alto volumen de tráfico.
- **Problemas de privacidad y datos personales:** El uso de ALPR implica la recopilación de datos que pueden considerarse privados. Esto plantea preocupaciones sobre la privacidad y el uso indebido de datos, especialmente si los datos se almacenan durante períodos prolongados o se comparten sin el consentimiento adecuado.
- **Regulaciones y cumplimiento legal:** Diferentes países y regiones tienen distintas leyes y regulaciones relacionadas con la vigilancia y el uso de datos. Cumplir con estas normativas y adaptarse a los cambios legislativos es un desafío constante para los operadores de ALPR.
- **Preocupaciones éticas y de vigilancia:** El uso de tecnología ALPR en la vigilancia pública puede generar preocupaciones éticas, especialmente si se utiliza para el seguimiento y monitoreo indiscriminado de ciudadanos.
- **Costo y recursos:** Implementar y mantener un sistema ALPR eficiente puede ser costoso, requiriendo inversión en cámaras de alta calidad, software y almacenamiento de datos, así como en mantenimiento y actualizaciones periódicas.

- **Interferencia y vandalismo:** Los sistemas ALPR pueden ser susceptibles a la interferencia o el vandalismo, lo que puede afectar su funcionamiento y la integridad de los datos recopilados.
- **Integración con sistemas existentes:** Integrar ALPR con otros sistemas y tecnologías puede ser complejo y requiere una coordinación cuidadosa para asegurar la compatibilidad y eficacia.

El futuro de los ALPR es prometedor y está probablemente marcado por avances tecnológicos, una mayor integración con otras tecnologías y un enfoque creciente en cuestiones éticas y de privacidad. A continuación, se detallan algunas tendencias y direcciones futuras para el ALPR (Enríquez, 2023; Bajarin, 2023):

- **Mejoras en la inteligencia artificial y el aprendizaje automático:** La tecnología de ALPR continuará beneficiándose del progreso en inteligencia artificial (IA) y aprendizaje automático. Esto incluye mejores algoritmos para aumentar la precisión del reconocimiento en condiciones desafiantes y la capacidad de procesar una mayor variedad de estilos y formatos de matrículas.
- **Integración con Smart Cities y IoT:** Los sistemas de ALPR probablemente se integrarán más estrechamente con las iniciativas de ciudades inteligentes y el Internet de las Cosas (IoT). Esto podría incluir la gestión de tráfico, control de estacionamientos inteligentes, y el monitoreo ambiental, donde los datos de ALPR se utilizan para informar decisiones de planificación urbana y gestión de recursos.
- **Aplicaciones en vehículos autónomos:** La tecnología ALPR puede desempeñar un papel en el desarrollo de vehículos autónomos, especialmente en términos de navegación, seguridad y la interacción con el entorno vial.
- **Mejoras en la protección de la privacidad y el anonimato:** A medida que crece la preocupación por la privacidad, es probable que veamos el desarrollo de tecnologías y

prácticas que protejan mejor la identidad y los datos de los individuos, como el anonimato de los datos recopilados y restricciones en la retención de datos.

- **Regulación y estándares globales:** Podemos esperar ver un desarrollo continuo en la regulación y la creación de estándares globales para el uso de ALPR, particularmente en lo que respecta a la privacidad, el uso de datos y la vigilancia.
- **Uso Expandido en diversos sectores:** Además de la seguridad y la gestión del tráfico, el ALPR podría encontrar aplicaciones expandidas en sectores como el comercio minorista, la logística y la administración de infraestructuras críticas.
- **Tecnología ALPR portátil y móvil:** El desarrollo de sistemas ALPR portátiles y móviles podría permitir aplicaciones más flexibles y situacionales, como el uso por parte de agentes de seguridad en eventos o como herramienta para el personal de emergencia.
- **Interoperabilidad con otras tecnologías de vigilancia:** La interoperabilidad con otras tecnologías de vigilancia, como el reconocimiento facial y el seguimiento de vehículos a través de GPS, puede aumentar, aunque esto también planteará preguntas adicionales sobre la privacidad y la ética.
- **Reducción de costos y mayor accesibilidad:** A medida que la tecnología se vuelve más común y los costos de hardware y software disminuyen, es probable que el ALPR se vuelva más accesible para una gama más amplia de usuarios, incluidas las pequeñas empresas y los municipios.
- **Enfrentando los desafíos de seguridad cibernética:** A medida que los sistemas ALPR se vuelven más conectados, la seguridad cibernética se convertirá en un foco importante para proteger los datos y los sistemas contra ataques y brechas de seguridad.

1.2.2. Aprendizaje automático

El aprendizaje automático, una disciplina dentro de la inteligencia artificial, ha experimentado un desarrollo notable desde sus inicios. Su origen se remonta a la década de 1950, con los primeros conceptos fundamentales emergiendo junto con el nacimiento de la inteligencia artificial. Fue en este período cuando figuras como Alan Turing empezaron a considerar la posibilidad de que las máquinas pudieran no solo realizar tareas específicas, sino también aprender y mejorar con el tiempo. Durante las décadas de 1980 y 1990, se popularizó el uso de modelos basados en redes neuronales, inspirados en el funcionamiento del cerebro humano, marcando un hito importante en el desarrollo del campo (Jacinto, 2022).

Las ventajas del aprendizaje automático son significativas y variadas. Permite la automatización de procesos que tradicionalmente requerirían intervención humana, lo cual aumenta la eficiencia y reduce la posibilidad de errores. Además, su capacidad de aprender y adaptarse con el tiempo significa que puede mejorar continuamente su rendimiento. Otra ventaja importante es su habilidad para procesar y analizar grandes volúmenes de datos a una velocidad y con una precisión que sería imposible para un ser humano (Nalda, 2020).

Sin embargo, el aprendizaje automático también presenta desafíos y limitaciones. La calidad y cantidad de los datos disponibles son cruciales para el rendimiento de los modelos, y una carencia en este aspecto puede llevar a resultados pobres o sesgados. Muchos modelos, especialmente los más complejos como las redes neuronales profundas, actúan como "cajas negras" cuyas decisiones son difíciles de interpretar, lo que plantea problemas de explicabilidad. Además, el entrenamiento y funcionamiento de estos modelos puede requerir una considerable cantidad de recursos computacionales (Jacinto, 2022).

Mirando hacia el futuro, se prevé una evolución constante en áreas como el aprendizaje profundo y las redes neuronales, con desarrollos dirigidos a hacer estos modelos más avanzados y eficientes. Se espera una mayor integración del aprendizaje automático en

una amplia variedad de sectores, desde la medicina hasta la industria del entretenimiento. También es probable que veamos avances en la explicabilidad de los modelos de aprendizaje automático, haciéndolos más transparentes y comprensibles. Además, el aprendizaje automático federado y la privacidad de los datos se están convirtiendo en temas de interés creciente, especialmente en contextos donde la confidencialidad es crucial. En resumen, el aprendizaje automático continuará evolucionando, ofreciendo nuevas oportunidades y enfrentando desafíos tanto técnicos como éticos en los años venideros (Nalda, 2020).

1.2.3. Visión por computadora

La visión por computadora, también conocida como visión artificial, es una disciplina que ha experimentado una evolución significativa desde sus inicios. Sus objetivos principales incluyen el reconocimiento automático de patrones complejos en imágenes de múltiples dominios y la extracción de información numérica o simbólica de imágenes del mundo real (HiSoUR, 2021).

En sus primeras etapas, durante la década de 1960, la visión por computadora emergió con el intento de emular la visión humana a través de la computación. A pesar de los esfuerzos iniciales, las capacidades de reconocimiento de objetos de estos sistemas eran limitadas, enfrentando dificultades para reconocer múltiples objetos naturales con variaciones de forma (Sandoval, 2021).

Un hito importante en la evolución de esta disciplina ocurrió en 2014, marcado como el inicio de la era del aprendizaje profundo. Durante este período, se lograron avances significativos mediante el entrenamiento de ordenadores con grandes conjuntos de datos, como el ImageNet, que contiene millones de imágenes. Estos avances fueron posibles gracias a la tecnología de aprendizaje profundo, especialmente con el uso de redes neuronales convolucionales (CNN) (Sandoval, 2021).

En 2016, el aprendizaje profundo alcanzó capacidades casi en tiempo real, revolucionando la forma en que se procesan y describen las características de las imágenes. Este avance se benefició enormemente del uso de modernas unidades de procesamiento central (CPU) y unidades de procesamiento gráfico (GPU), llevando la visión por computadora a un rendimiento sin precedentes (Sandoval, 2021).

Para 2020, la visión por computadora había avanzado aún más con el despliegue del aprendizaje profundo y la IA de borde (Edge AI). Las CNN se convirtieron en el estándar para el cálculo en la visión por computadora, logrando una precisión casi humana en muchas aplicaciones. Además, los modelos de IA optimizados y ligeros permitieron realizar la visión por computadora en dispositivos móviles y hardware de bajo coste (Sandoval, 2021).

La visión por computadora ha encontrado aplicaciones en una variedad de campos, desde la robótica, donde es esencial para que los robots reconozcan y naveguen por su entorno, hasta la imagen médica, donde se utiliza para diagnosticar enfermedades de manera automatizada. También se aplica en sistemas de seguridad, seguimiento de objetos y control de calidad en la producción (HiSoUR, 2021).

La visión por computadora está estrechamente relacionada con campos como la inteligencia artificial, la ingeniería de la información, la física del estado sólido, la neurobiología y el procesamiento de señales. Estas conexiones multidisciplinarias han enriquecido el campo, proporcionando una base sólida para el desarrollo continuo y la integración de nuevas tecnologías (HiSoUR, 2021).

1.2.4. Angular

Angular es un framework de desarrollo para la creación de aplicaciones web y móviles. Desarrollado por Google, Angular se ha establecido como una de las principales plataformas en el desarrollo de aplicaciones de una sola página (Single Page Applications, SPA) (HostGator, 2023; Parada, 2021).

- **Arquitectura basada en componentes:** Angular utiliza una arquitectura de componentes, donde cada componente tiene su HTML, CSS y JavaScript asociados, facilitando la reutilización y el mantenimiento del código.
- **Two-Way Data Binding:** Angular sincroniza automáticamente los datos entre el modelo y la vista, lo que significa que los cambios en el modelo se reflejan instantáneamente en la vista y viceversa.
- **TypeScript:** Angular se desarrolla utilizando TypeScript, un superconjunto de JavaScript que añade tipos estáticos y objetos basados en clases, mejorando la legibilidad y la mantenibilidad del código.
- **Dependency Injection:** Angular tiene un poderoso sistema de inyección de dependencias que facilita la creación de código modular y reutilizable.
- **Directivas:** Las directivas permiten modificar el DOM de formas complejas, facilitando la creación de comportamientos dinámicos y personalizaciones profundas.
- **Angular CLI:** La interfaz de línea de comandos (CLI) de Angular facilita la creación, desarrollo, prueba y despliegue de aplicaciones Angular.
- **Comunidad y ecosistema:** Angular cuenta con un amplio ecosistema y una comunidad activa, proporcionando una gran cantidad de recursos, librerías y herramientas de terceros.

Angular es especialmente adecuado para construir aplicaciones web complejas y de alto rendimiento. Es utilizado por empresas para desarrollar aplicaciones empresariales debido a su escalabilidad, robustez y mantenimiento a largo plazo. Además, su naturaleza de framework completo lo hace ideal para proyectos que requieren una solución integral. Su combinación de características avanzadas, como la arquitectura basada en componentes, el binding bidireccional y la inyección de dependencias, junto con el soporte de una empresa

como Google, lo convierten en una elección preferida para muchos desarrolladores en el mundo del desarrollo web (Handa, 2021; Rootstack, 2021).

1.2.5. MySQL

MySQL es un sistema de gestión de bases de datos relacionales (RDBMS) basado en SQL (Structured Query Language). Es una solución de código abierto muy popular para la gestión de bases de datos, especialmente en aplicaciones web. Fue originalmente creado por una compañía sueca llamada MySQL AB, la cual fue adquirida por Sun Microsystems, y esta última finalmente fue adquirida por Oracle Corporation. Sus características son (Londoño, 2023; Robledano, 2019):

- **Código abierto:** MySQL es una aplicación de código abierto, disponible bajo la licencia GPL (General Public License), lo que significa que los usuarios pueden modificar y personalizar el software según sus necesidades.
- **Compatibilidad con diversos lenguajes de programación:** MySQL es compatible con muchos lenguajes de programación, como PHP, Python, Java, Ruby, C++, etc., lo que lo hace muy versátil para el desarrollo de aplicaciones web y de software.
- **Rendimiento y escalabilidad:** Ofrece un alto rendimiento y es capaz de manejar grandes volúmenes de datos, siendo una opción popular para aplicaciones web que requieren una base de datos robusta y eficiente.
- **Facilidad de uso:** Tiene una sintaxis SQL relativamente sencilla, lo que lo hace accesible para principiantes, mientras que también ofrece características avanzadas para usuarios más experimentados.
- **Seguridad:** MySQL cuenta con sólidas características de seguridad, como encriptación de datos, autenticación de usuarios, y protección contra inyecciones SQL.
- **Soporte para transacciones:** Soporta transacciones, lo que permite ejecutar múltiples operaciones como una sola unidad de trabajo, asegurando la integridad de los datos.

- **Compatibilidad con diversas plataformas:** Se puede ejecutar en varias plataformas, incluyendo Windows, Linux, y MacOS, lo que lo hace flexible para diferentes entornos de desarrollo.

MySQL es ampliamente utilizado en aplicaciones web y es una parte central del popular stack de desarrollo LAMP (Linux, Apache, MySQL, PHP/Python/Perl). Empresas de todos los tamaños utilizan MySQL para almacenar datos, desde sitios web pequeños hasta grandes aplicaciones en línea con millones de usuarios. Su naturaleza de código abierto, junto con su robustez, facilidad de uso y compatibilidad con múltiples lenguajes de programación, lo convierten en una elección ideal para muchos desarrolladores y empresas (Londoño, 2023).

1.2.6. ALPR de Plate Recognizer

El reconocimiento automático de matrículas (ALPR, por sus siglas en inglés) de Plate Recognizer es una tecnología avanzada diseñada para identificar y leer matrículas de vehículos en imágenes y secuencias de video. Plate Recognizer es una compañía conocida por ofrecer soluciones de ALPR que se destacan por su precisión y eficiencia. Su tecnología se utiliza en diversas aplicaciones, desde la gestión de estacionamientos hasta la seguridad pública y la gestión del tráfico. Sus características son (Plate Recognizer, 2023; Plate Recognizer, 2020):

- **Alta precisión:** La tecnología de Plate Recognizer es conocida por su alta tasa de reconocimiento, incluso en condiciones desafiantes como iluminación variable, ángulos difíciles y altas velocidades de los vehículos.
- **Reconocimiento en tiempo real:** Capacidad para procesar y reconocer matrículas en tiempo real, lo que es crucial para aplicaciones como el control de tráfico y la vigilancia de seguridad.
- **Amplia cobertura geográfica:** Reconoce matrículas de múltiples países y regiones, lo que la hace adaptable a proyectos globales.

- **Integración con cámaras y sistemas existentes:** Se puede integrar fácilmente con cámaras de seguridad y sistemas de gestión de video (VMS), permitiendo una implementación flexible en sistemas existentes.
- **API y SDK disponibles:** Ofrece una API (Interfaz de Programación de Aplicaciones) y SDK (Kit de Desarrollo de Software) para facilitar la integración con otras aplicaciones y sistemas.
- **Funcionalidad en la nube y en el borde:** Disponible tanto en la nube como en soluciones en el borde (edge computing), lo que permite un procesamiento de datos eficiente y una rápida respuesta.
- **Aplicaciones diversas:** Utilizado en una variedad de aplicaciones, incluyendo control de acceso a estacionamientos, gestión de tráfico, cumplimiento de la ley, y sistemas de peaje.

Las soluciones de ALPR de Plate Recognizer son ampliamente utilizadas en varios sectores: Gestión de estacionamientos y control de acceso, cumplimiento de la ley y seguridad pública, gestión del tráfico y planificación urbana, sistemas de peaje y cobro automatizado (Plate Recognizer, 2023).

El ALPR de Plate Recognizer representa una fusión de tecnología avanzada y aplicabilidad práctica, ofreciendo soluciones confiables y eficientes para el reconocimiento automático de matrículas. Su flexibilidad, alta precisión y capacidad de integración lo convierten en una herramienta valiosa para una amplia gama de aplicaciones en el ámbito de la gestión de vehículos y seguridad pública (Plate Recognizer, 2023).

1.3. Operacionalización de variables

Tabla 1. Definición y operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Instrumento
Sistema de reconocimiento de placas de rodaje (Independiente)	Sistema tecnológico que utiliza algoritmos de procesamiento de imágenes y aprendizaje automático para detectar y leer automáticamente las placas de rodaje de los vehículos.	Número de placas de rodaje correctamente identificadas por el sistema durante un período de tiempo determinado.	1. Precisión de detección de placas 2. Velocidad de procesamiento 3. Tasa de reconocimiento de placas	Machine Learning
Identificación de vehículos con infracciones (Dependiente)	Proceso de localizar y registrar vehículos que han cometido infracciones de tráfico basándose en la información de sus placas de rodaje.	Cantidad de vehículos con infracciones correctamente identificados a partir de las placas de rodaje detectadas por el sistema.	1. Exactitud de la identificación 2. Número de infracciones detectadas	Sistema de reconocimiento de placas de rodaje

II. DISEÑO METODOLÓGICO

2.1. Diseño de contrastación de hipótesis

A continuación, se muestran las etapas realizadas para comprobar la hipótesis planteada en este estudio.

Etapa 1: Revisión bibliográfica

- Se llevó a cabo un análisis documental de fuentes primarias, contando con la autorización de las autoridades responsables del depósito vehicular de la Municipalidad Provincial de Lambayeque. Este proceso permitió recopilar datos relevantes acerca de la situación actual del depósito vehicular, así como de las actividades y documentos implicados en el proceso de internamiento y liberación de vehículos. En la sección de ANEXOS, se incluye el documento que autoriza la realización del proyecto en el depósito vehicular.
- Se efectuó un análisis documental basado en fuentes secundarias, abarcando artículos científicos, tesis de grado, publicaciones especializadas y libros, centrado en el tema del reconocimiento de placas vehiculares mediante el uso de inteligencia artificial.

Etapa 2: Selección de las herramientas de software

- Se escogieron cuidadosamente las herramientas de software necesarias para desarrollar la interfaz web de usuario, la base de datos y la API dedicada al procesamiento de imágenes. Esta selección se fundamentó en los principios y técnicas de la inteligencia artificial, alineándose con los requerimientos específicos de la Municipalidad Provincial de Lambayeque.

Etapa 3: Recolección de datos

- Se obtuvo un conjunto de imágenes de placas de rodaje para el entrenamiento y la validación del algoritmo.

- Se garantizó que las imágenes recolectadas reflejen una variedad de condiciones, como diferentes ángulos, condiciones de iluminación y distancias.

Etapa 4: Prueba del sistema

- Se realizaron pruebas iterativas para ajustar y mejorar el sistema.

Etapa 5: Validación del sistema

- Se desplegó el sistema en el depósito vehicular de la Municipalidad Provincial de Lambayeque para probar su eficacia en la identificación de placas de rodaje de vehículos con infracciones.

Etapa 6: Análisis de resultados

- Se analizaron los datos recogidos durante la fase de prueba para determinar la eficacia del sistema en la identificación de infracciones.

Etapa 7: Elaboración de reportes y recomendaciones

- Se redactó un informe detallado para presentar los hallazgos de la investigación, incluyendo la eficacia del sistema propuesto y las áreas de mejora.
- Se plantearon recomendaciones para la implementación del sistema en el Municipio Provincial de Lambayeque, así como sugerencias para futuras investigaciones.

2.2. Población y muestra

Esta investigación se concibe como un estudio de caso debido a su enfoque detallado en un contexto específico. Esta investigación examina la implementación y el impacto de una intervención tecnológica particular (el sistema de reconocimiento de placas) en un ambiente operativo municipal concreto, con el objetivo de identificar vehículos infractores.

2.3. Técnicas, instrumentos, equipos y materiales

La metodología adoptada en esta investigación comprende un análisis documental de fuentes primarias y secundarias. Entre las fuentes primarias se incluye la recopilación de formatos de papeletas de internamiento en el depósito vehicular, registros de dichas papeletas

y de las características de los vehículos infractores, así como informes remitidos a las autoridades sobre las infracciones sancionadas. En cuanto a las fuentes secundarias, se examinaron artículos, tesis y libros especializados en sistemas de reconocimiento de placas vehiculares y su aplicación en la identificación de infracciones.

También se efectuaron visitas al depósito vehicular de la Municipalidad Provincial de Lambayeque con el fin de realizar observaciones directas y evaluar la situación actual de dicho depósito. En la sección de ANEXOS se incluye un registro fotográfico exhaustivo que documenta el estado actual del depósito vehicular.

Para llevar a cabo el análisis y el desarrollo de la investigación, se empleó una computadora portátil dotada con especificaciones técnicas adecuadas: 12 GB de memoria RAM, un disco duro con capacidad de 1 TB y operando bajo el sistema operativo Windows 11. En este equipo se ha instalado Visual Studio Code, junto con la extensión del framework Angular, facilitando la programación y el diseño de interfaces. Adicionalmente, se ha incorporado el software DBeaver, destinado a la gestión eficiente de la base de datos.

III. RESULTADOS

3.1. Deficiencias del sistema de registro y seguimiento de infracciones vehiculares de la MPL

Para evaluar de manera exhaustiva las carencias presentes en el sistema de registro y seguimiento de infracciones vehiculares, se llevaron a cabo inspecciones detalladas en las instalaciones del depósito vehicular situado en la primera cuadra de la calle Huamachuco, en la ciudad de Lambayeque. Estas visitas permitieron una observación directa y minuciosa de los procedimientos operativos, así como la interacción con el personal encargado, lo cual fue crucial para identificar las brechas en el proceso y proponer mejoras específicas.

Figura 1. Depósito vehicular de la MPL



Fuente: Municipalidad Provincial de Lambayeque

La Figura 1 muestra el depósito vehicular de la MPL con varias deficiencias que son visibles:

- **Falta de orden y organización:** Los vehículos están dispuestos de manera desordenada sin un patrón claro de estacionamiento o separación.
- **Condiciones insalubres:** Hay basura y desechos dispersos por el suelo, lo que indica una falta de limpieza y mantenimiento del área.
- **Posibles problemas ambientales:** La presencia de basura sugiere que no se están siguiendo prácticas adecuadas de gestión de residuos, lo que puede atraer plagas y afectar negativamente el medio ambiente.
- **Falta de seguridad:** No hay barreras visibles o señales de seguridad que delimiten el depósito, lo que podría implicar un riesgo para la seguridad tanto de los vehículos como de las personas que ingresen al área.
- **Estado de los vehículos:** Algunos vehículos parecen estar en estado de abandono o desuso, lo que podría indicar un periodo prolongado de almacenamiento sin el mantenimiento adecuado.
- **Infraestructura deteriorada:** Las edificaciones al fondo de la imagen parecen estar en mal estado, lo que podría reflejar un descuido general de las instalaciones.
- **Señalización inadecuada:** No se observan señales informativas o indicadores que ayuden a la orientación dentro del depósito.
- **Posibles riesgos para la salud:** La combinación de basura, posible presencia de líquidos de los vehículos y la falta de mantenimiento puede crear un ambiente nocivo para la salud.

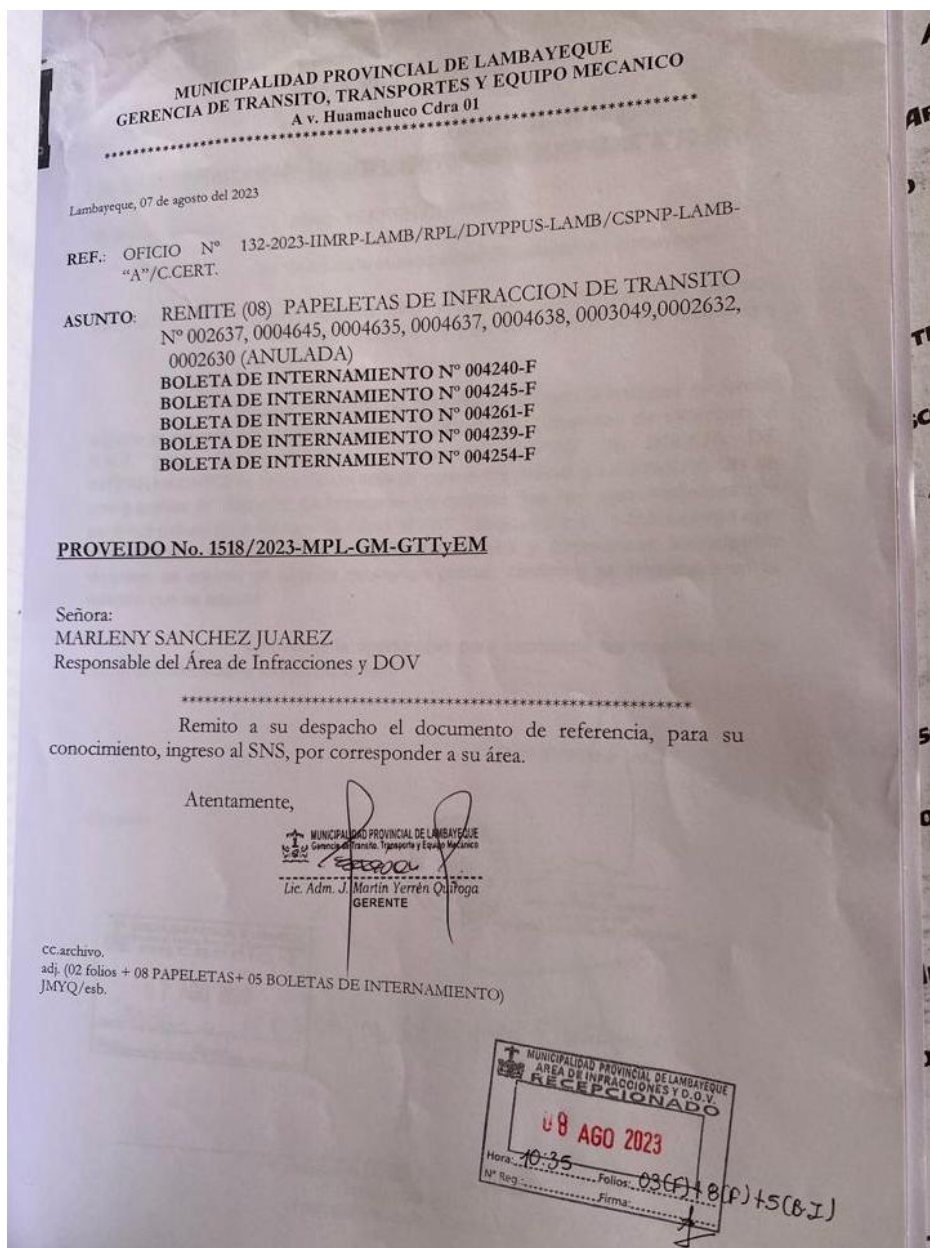
Estas deficiencias pueden tener un impacto negativo en la eficiencia del depósito, en la preservación de los vehículos allí guardados y en el medio ambiente circundante. Además, pueden representar un riesgo para las personas que trabajan o visitan el lugar.

En la Figura 2 se muestra una papeleta de infracción emitida por la Municipalidad Provincial de Lambayeque, correspondiente a la Gerencia de Tránsito, Transportes y Equipamiento Mecánico. A continuación, se mencionan algunos puntos clave que se pueden analizar:

- **Información del infractor:** Se registra el nombre completo del infractor, el número de identidad, domicilio, licencia de conducir y los datos del departamento y provincia correspondiente.
- **Detalles del vehículo:** Se incluyen el número de tarjeta de propiedad, número de placa de rodaje y la modalidad de servicio.
- **Fecha y hora de la infracción:** Se señala el día, mes, año y hora exacta cuando se registró la infracción.
- **Tipo y código de infracción:** Se identifica la infracción cometida con un código específico, en el caso de la Figura 2, parece referirse a conducir sin licencia, lo que se clasifica como una falta muy grave.
- **Lugar de la infracción:** Se anota la dirección exacta donde se cometió la infracción.
- **Datos del testigo:** Aunque el apartado está presente, en la Figura 2 no se han llenado datos de ningún testigo en este caso.
- **Autoridad que impone la papeleta:** Se registra el número de identificación del oficial que impone la papeleta, así como su nombre y firma.
- **Observaciones:** Se permite espacio para observaciones tanto del conductor como del efectivo policial. En este caso, la Figura 2 muestra que el efectivo ha anotado la infracción específica.
- **Medidas preventivas aplicables:** Indica si se aplicó alguna medida como retención de licencia, internamiento del vehículo o remoción del mismo. En la Figura 2 parece que se marcó la opción de internamiento.

Una vez que los vehículos infractores son admitidos en el depósito vehicular, el personal encargado notifica a la Sra. Marleny Sánchez Juárez, quien es la encargada del área de infracciones y del Departamento de Operaciones Vehiculares (DOV), tal y como se detalla en la Figura 3. Por otro lado, la Figura 4 ilustra el registro interno de las papeletas, el cual es llevado a cabo por los responsables del proceso.

Figura 3. Documento informativo sobre las papeletas impuestas a los infractores de tránsito por la MPL



Fuente: Municipalidad Provincial de Lambayeque

Figura 4. Documento de registro de las papeletas impuestas a los infractores de tránsito por la MPL

**CUADRO DE PAPELETAS DE INFRACCION IMPUESTAS POR LA CSPNP
LAMBAYEQUE**

N°	PIT	FECHA	APELLIDOS Y NOMBRES	TIPO INFRAC.	PLACA	BOLETA DE INTERNAMIENTO
1	0002630	1/08/2023	DAMIAN SANTAMARIA JORGE	M-03	ANULAR	
2	0002632	1/08/2023	DAMIAN SANTAMARIA JORGE	M-24	NO T.P	004240
3	0003049	1/08/2023	REYES BANCES RONAL	M-28	535-24K	004239
4	0004638	3/08/2023	LOPEZ YCO GUSTAVO	M-28	226-2QM	004254
5	0003637	3/08/2023	DIAZ ROJAS SEGUNDO	M-17	AJ0-457	
6	0004635	30/07/2023	CHAFLOQUE AREVALO OSCAR	M-16	G47-9BK	
7	0004645	4/08/2023	PANDO FARRO JOSE	M-03	109-08P	004261
8	0002637	2/08/2023	BADA VARAS VICTOR	M-03	111-8AK	004245

Lambayeque, 03 de AGOSTO del 2023.



OA - 241569
 JAIME RAMIRO DIAZ ALARCÓN
 COMANDANTE PNP
 COMISARIO SECTORIAL PNP LAMBAYEQUE

Fuente: Municipalidad Provincial de Lambayeque

La Figura 5 muestra un documento titulado "ORDEN DE LIBERTAD" emitido por la Municipalidad Provincial de Lambayeque, específicamente por la Gerencia de Tránsito, Transportes y Equipo Mecánico. Este documento es una autorización formal para retirar un vehículo del depósito municipal vehicular.

Figura 5. Formato de orden de libertad para los vehículos infractores de tránsito de la MPL

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE LAMBAYEQUE
GERENCIA DE TRÁNSITO, TRANSPORTES Y EQUIPO MECÁNICO
O.M. N° 011-2015-MPL

ORDEN DE LIBERTAD N° 002483 -"A"

Lambayeque: 03. 08. 2023.
Autorizado al (Sr)(a)(ita): Rodrigo Rojas Mujica
Domicilio: Barrío Nuevo SAN MARTÍN OIPICA
Doc. Identidad: 76748238

RETIRAR DEL DEPÓSITO MUNICIPAL VEHICULAR

Placa N° M2S-679 Fecha de Inter. - Total días: 11
Motor N° - Marca Honda Color Rojo
Boleta N° 4171 Clase: Particular
Motivo de internamiento -
N° Papeleta u Acta - 004185
N° Recibo - Monto S/ 825.00
N° Recibo de Depósito: - Monto S/ 170.00
TOTAL S/ 995.00

Expediente N° _____
Responsable del Depósito: _____ Hora: 14:25

ORDEN DE LIBERTAD N° 002483
Fecha: 03/08/23
Clase: vehículo Placa N° M2S-679
Nombre: Rodrigo Rojas Mujica
Boleta Internamiento N° 4171
Hora: 14:25

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE LAMBAYEQUE
Gerencia de Tránsito, Transportes y Equipo Mecánico
J. Martín Torres
GERENTE

El presente es un documento que acredita la liberación del vehículo al propietario o al representante autorizado. El vehículo debe ser retirado del depósito municipal vehicular. Una vez retirado el vehículo no hay lugar a reclamos posteriores. Este documento no garantiza el propietario de la forma como ingresó y como lo retiró.

ATENCIÓN NOCTURNA (18:00 a 06:00)

Fuente: Municipalidad Provincial de Lambayeque

A continuación, se analizan algunos elementos clave del documento:

- **Número de Orden y Fecha:** La orden tiene un número de identificación único (002483) y está fechada el 3 de agosto de 2023, lo que proporciona un registro cronológico de la acción.
- **Datos del Autorizado:** Se menciona el nombre de la persona autorizada para retirar el vehículo, su domicilio y número de documento de identidad, lo cual es esencial para verificar la identidad y la autorización.

- **Detalles del Vehículo:** Se proporciona la placa del vehículo (N° M25-679) y se mencionan la marca, el color y la clase del vehículo, lo que facilita su identificación al momento del retiro.
- **Referencias de Multas y Pagos:** Se hace referencia al número de boleta de internamiento (N° 4121), número de papeleta o acta de infracción (000452), y los números de recibo de depósito, lo que indica que se ha seguido un proceso legal y se han efectuado los pagos necesarios para la liberación del vehículo.
- **Montos:** Se indican los montos en soles (S/ 825.00 y S/ 420.00) que suman un total de S/ 995.00, lo que sugiere que esta cantidad ha sido pagada para cubrir las sanciones o costos asociados al depósito del vehículo.
- **Expediente y Responsable:** Se menciona un número de expediente y la figura de un responsable del depósito, aunque el nombre no es claramente legible.
- **Segunda Sección de Confirmación:** En la parte inferior del documento, hay una sección que repite algunos de los datos anteriores, como la fecha, la placa del vehículo y el nombre del autorizado para el retiro.

La Figura 6 muestra un registro manual de vehículos infractores anotado en hojas de cuaderno, que presenta varias deficiencias:

- **Legibilidad:** Las anotaciones son difíciles de leer, lo cual puede conducir a errores en la interpretación de la información.
- **Organización y estructura:** La falta de una estructura uniforme en las entradas puede complicar la búsqueda y el seguimiento de información específica.
- **Durabilidad:** El uso de cuadernos puede no ser la mejor opción para registros importantes, ya que son susceptibles al desgaste, pérdida y daño por agua u otros elementos.

- **Seguridad de los datos:** No hay medidas aparentes para proteger la información contra alteraciones no autorizadas o pérdida accidental.
- **Accesibilidad:** La información en un cuaderno no es fácilmente accesible para múltiples usuarios, lo que limita la eficiencia en el trabajo colaborativo.
- **Eficiencia en la recuperación de datos:** Localizar registros específicos puede ser lento y tedioso sin un índice o sistema de referencia rápida.
- **Consistencia:** Parece haber una falta de consistencia en el modo de anotar la información, con variaciones en la escritura y formato que pueden dificultar la comprensión y el seguimiento.
- **Espacio para anotaciones:** El espacio limitado en las hojas de cuaderno puede restringir la cantidad de información que se puede registrar sobre cada infracción.
- **Falta de backup o copias de seguridad:** En caso de pérdida del cuaderno, toda la información registrada se perdería sin posibilidad de recuperación.
- **Falta de integración con sistemas digitales:** En la era digital, este método de registro no facilita la integración con bases de datos electrónicas o sistemas de gestión de información digital.

Para mejorar la gestión de estos registros, se planteó la implementación de un sistema de reconocimiento de placas de rodaje que permita la entrada de datos de forma estructurada, asegure la legibilidad, facilite la búsqueda y recuperación de información, y garantice la seguridad y la integridad de los datos a largo plazo.

Figura 6. Registro en cuaderno de los vehículos infractores de tránsito de la MPL

Fecha	Modelo	Placa	Color	Identificación	Observaciones	Fecha	Infracción	Comisariados
13/04/23	Motor Taxi	1244 FM	Negro	03618	N001880	14/04/23	M07	Lamb
13/04/23	Motor Taxi	MY 6589	Troj	03619	N001881	14/04/23	M03	Lamb
13/04/23	Motor Taxi	54235 H	Negro	03622	N001883	14/04/23	H28	Lamb
13/04/23	Motor Taxi	3414 BK	Negro	03621	001132	14/04/23	M03	Lamb
13/04/23	Motor Taxi	5498 JW	Negro	03622	N001882	14/04/23	H28	Lamb
13/04/23	Motor Taxi	9506 GK	Negro	03623	001679	14/04/23	M03	Lamb
13/04/23	Motor Taxi	1118 AK	Azul	03624	N001889	14/04/23	H28	Lamb
13/04/23	Motor Taxi	0072 FH	Troj	03625	N001878	14/04/23	G58	Lamb
13/04/23	Motor Taxi	MS-3159	roj	03626	001925	14/04/23	H28	Lamb
14/04/23	Motor Taxi	918 CM	roj	003627	N001896	14/04/23		
14/04/23	Motor Taxi	4759 OM	Negro	003628	N001894	14/04/23		
14/04/23	Motor Taxi	5598 2K	Negro	003629	N001894	14/04/23		
14/04/23	Motor Taxi	803A AM	Negro	003630	N001894	14/04/23		
14/04/23	Motor Taxi	5598 2K	Negro	003631	N001894	14/04/23		
14/04/23	Motor Taxi	6750 4H	Negro	003632	N001894	14/04/23		
14/04/23	Motor Taxi	9808 CM	Negro	003633	01908	14/04/23		
14/04/23	Motor Taxi	9808 CM	Negro	003634	01922	18/04/23		
14/04/23	Motor Taxi	9808 CM	Negro	003635	N001804	14/04/23		
14/04/23	Motor Taxi	M0.6313	Azul	003636	1898	21/04/23		
14/04/23	Motor Taxi	8844 OM	Azul	003637	002154	06/06/23		
14/04/23	Motor Taxi	9892 FM	Azul	03638	002154	06/06/23		
14/04/23	Motor Taxi	1556 IM	Negro	003639	01926	19/04/23		
14/04/23	Motor Taxi	2168 HA	Negro	003640	01926	05/06/23		
14/04/23	Motor Taxi	3095 OM	Negro	N003641	01926	05/06/23		
14/04/23	Motor Taxi	6440 RM	Negro	N003642	01926	18/04/23		
14/04/23	Motor Taxi	000296	roj	N003643	01926	18/04/23		
14/04/23	Motor Taxi	4116 CM	Azul	N003644	01926	18/04/23		

3.2. Selección de herramientas de software y desarrollo del sistema de reconocimiento de placas de rodaje de vehículos infractores

Para la selección de herramientas de software, el proyecto se estructuró en tres fases clave: el desarrollo de la interfaz web de usuario (front end), el desarrollo del back end (servidor y base de datos) y la elección de la API adecuada, enfocada en un modelo de machine learning.

En la fase de front end, que comprende todo lo que los usuarios ven y con lo que interactúan en la web, se emplearon elementos visuales como textos, botones y campos de texto. Se optó por el framework Angular, una herramienta de código abierto diseñada para crear aplicaciones web. Angular fue creado por los ingenieros de Google, Misko Hevery y Adam Abrons, y lanzado oficialmente en su primera versión, AngularJS, en 2012, manteniéndose actualizado por Google desde entonces.

En lo que respecta al back end, se encarga de la gestión de datos y de la infraestructura que sostiene la interfaz web. Aquí se eligió MySQL, un sistema de administración de bases de datos de código abierto, desarrollado y soportado por Oracle. En MySQL se creó la base de datos que contiene la información de los vehículos infractores.

Finalmente, para el reconocimiento automático de placas de vehículos, se seleccionó la API de Plate Recognizer y su tecnología ALPR (Automatic License Plate Recognition). ALPR es un software especializado que utiliza técnicas avanzadas de visión por computadora e inteligencia artificial para identificar y leer las matrículas de los vehículos en imágenes o videos.

Tabla 2. Herramientas de software seleccionadas

Etapa	Software	Función
Desarrollo del front end	Angular	Interfaz web de usuario
Desarrollo del back end	MySQL	Base de datos
Selección de API	API de Plate Recognizer	reconocimiento automático de placas de vehículos

A continuación, se presentan imágenes ilustrativas del desarrollo de la interfaz web de usuario.

En la Figura 7, se muestra la Pantalla Principal (Boleta de Internamiento) de la interfaz web. Este panel ofrece la funcionalidad de buscar un vehículo específico utilizando su número de internamiento, facilitando la gestión y el acceso a la información relevante de manera eficiente y organizada. En las siguientes figuras se muestran los paneles para la creación, edición o eliminación de boletas de internamiento.

Figura 7. Pantalla principal de la interfaz web de usuario


Tipo	Marca	Placa	N° Int.	Acciones
Mototaxi	Japon Motos	a7v510	1	 
Mototaxi	Wanxin	ajg351	2	 

Figura 8. Panel para crear una nueva boleta de internamiento

Menu

Boleta de internamiento
Almacen de vehiculos

Sistema de administración y reconocimiento de placas de rodaje

Atras Guardar

Vehículo

Tipo de vehículo* Marca del vehicul... Placa del vehículo Color del vehículo*

Boleta de internamiento

Datos del propietario

Nombre* Apellidos* Dirección Telefono

Datos remitente

Autoridad* Papeleta* Infraacción

Datos del vehículo

Tipo de vehículo* Marca del vehicul... Placa del vehículo Color del vehículo*

Datos extras

Numero de Boleta de i... Encargado* Observaciones

Extra

Infraacción Orden de libertad

Figura 9. Panel para editar una boleta de internamiento

Menu

Boleta de internamiento
Almacen de vehículos

Sistema de administración y reconocimiento de placas de rodaje

Atras Guardar

Vehículo

Tipo de vehículo* Marca del vehículo* Placa del vehículo Color del vehículo*

Boleta de internamiento

Datos del propietario

Nombre* Apellidos* Dirección Telefono

Datos remitente

Autoridad* Papeleta* Infracción

Datos del vehículo

Tipo de vehículo* Marca del vehículo* Placa del vehículo Color del vehículo*

Datos extras

Numero de Boleta de internamien* Encargado* Observaciones

Extra

Infracción Orden de libertad

Figura 10. Panel para eliminar una boleta de internamiento

Menu

Boleta de internamiento
Almacen de vehículos

Sistema de administración y reconocimiento de placas de rodaje

Boleta de internamiento Nuevo

N° de internamiento...

Articulos por página: Página 1 de 1 |< < > >|

Tipo	Marca	N° Int.	Acciones
Mototaxi	Japon Moto	1	<input type="text"/> <input type="text"/>
Mototaxi	Wanxin	2	<input type="text"/> <input type="text"/>

Eliminar

Está seguro que desea eliminar este internamiento?

No

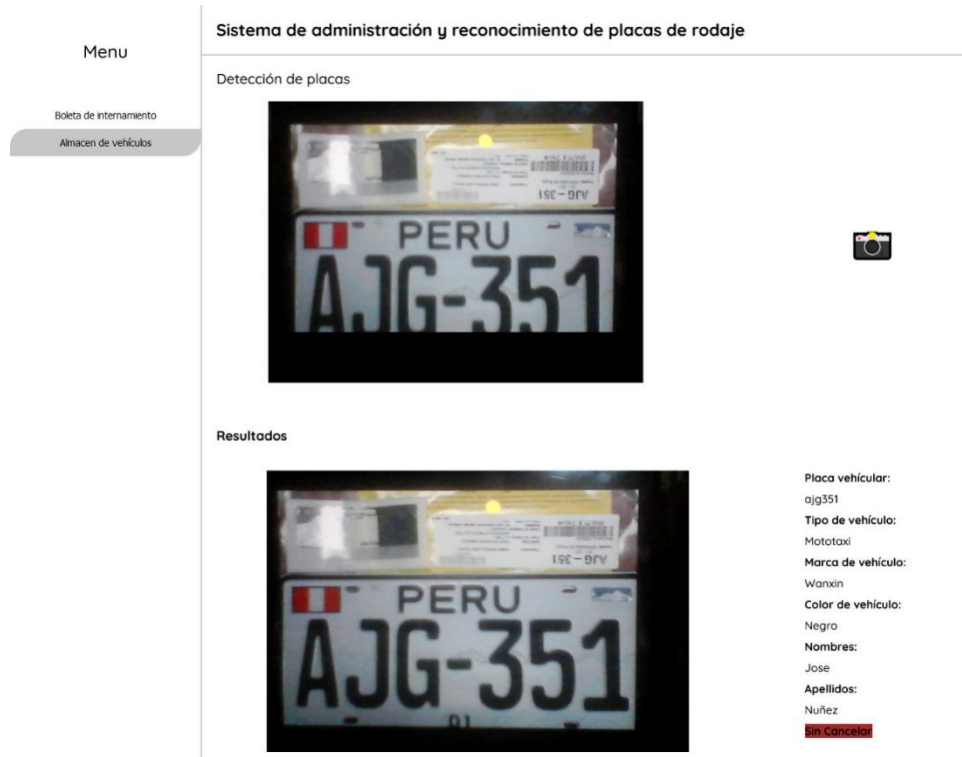
El siguiente panel en el menú es el de "Almacén de Vehículos". Este panel está diseñado para capturar la foto de la placa de un vehículo utilizando una cámara web

conectada a la computadora portátil a través de USB. Una vez que se ha tomado la foto, el sistema realiza una llamada a la API Plate Recognizer para que detecte la placa vehicular. Posteriormente, al identificar la placa, el sistema consulta la base de datos para mostrar toda la información relacionada con dicha placa, proporcionando un acceso rápido y eficiente a los detalles del vehículo.

Figura 11. Captura de la placa en el sistema



Figura 12. Reconocimiento de la placa en el sistema



A continuación, se presentan imágenes ilustrativas del desarrollo de las tablas de la base de datos.

Figura 13. Pantalla principal de la base de datos

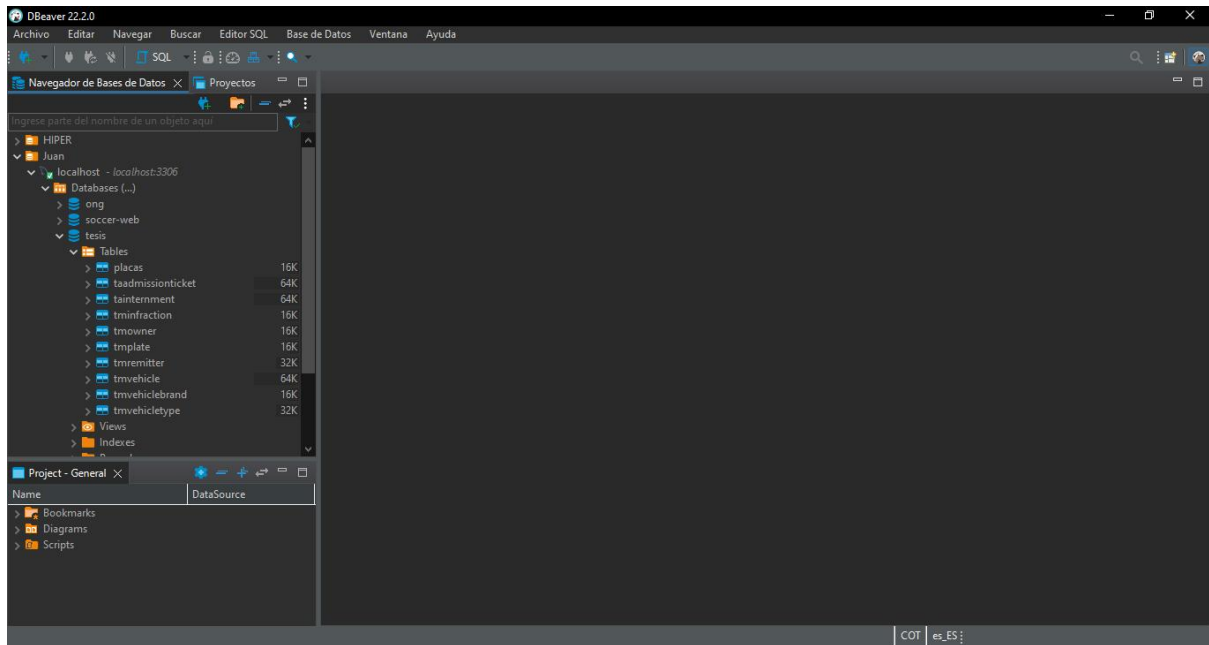


Figura 14. Tablas de la base de datos

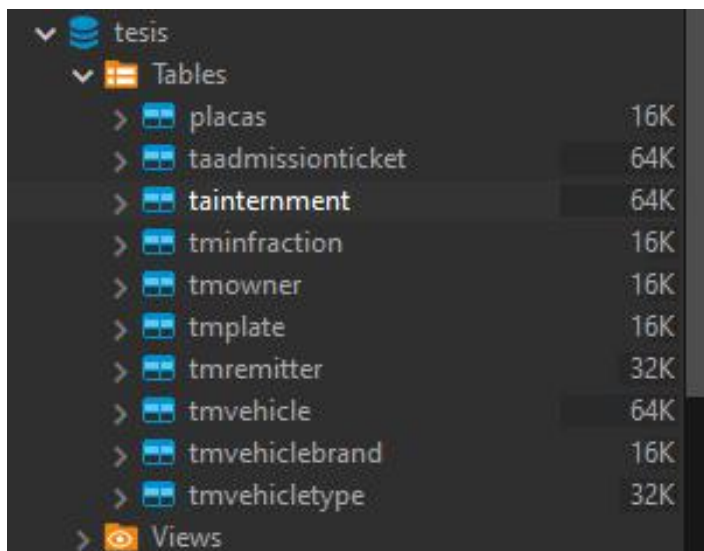


Figura 15. Datos de la tabla principal (boleta de internamiento) de la base de datos

id	input_date	output_date	input_time	output_time	vehicle_id	admission_ticket_id	freedom_number
75	2023-09-30	[NULL]	20:29:03	[NULL]	32	14	1
76	2023-09-30	[NULL]	20:32:42	[NULL]	33	15	1

3.3. Pruebas experimentales del sistema de reconocimiento de placas de rodaje de vehículos infractores

La evaluación del sistema implementado se efectuó bajo tres situaciones habituales: en primer lugar, se consideró el escenario en el cual el sistema identifica correctamente los caracteres de la placa de rodaje del vehículo, pero no logra encontrar un registro correspondiente en la base de datos. En segundo lugar, se examinó la situación donde el sistema no solo reconoce los caracteres de la placa de rodaje, sino que también halla una coincidencia en la base de datos. Finalmente, se analizó el caso en que el sistema es incapaz de reconocer la placa de rodaje debido a que esta presenta daños físicos que impiden su correcta identificación.

Primer escenario:

En el escenario donde el sistema identifica con precisión los caracteres de la placa de rodaje y, sin embargo, no encuentra un registro correspondiente en la base de datos, se infiere que el vehículo aún no ha sido ingresado o registrado en el sistema. Esto puede indicar una omisión en el proceso de registro o una actualización pendiente de la base de datos.

Figura 16. Placa de prueba para el primer escenario

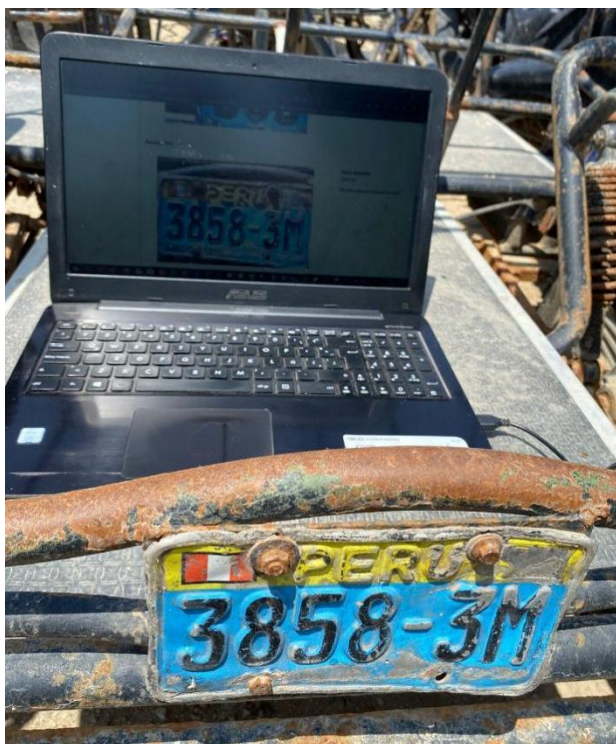
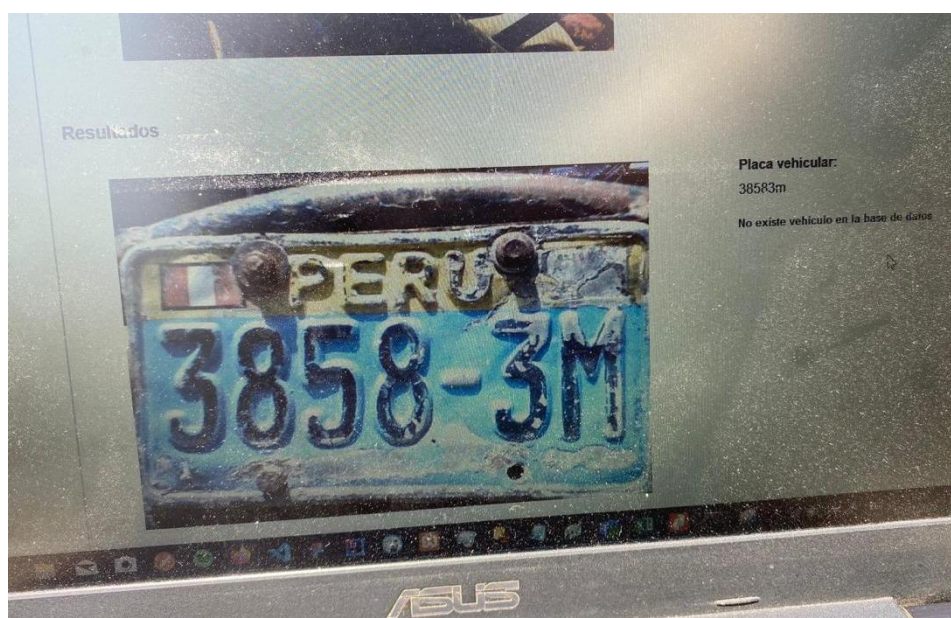


Figura 17. El sistema indica que la placa de prueba del primer escenario no está registrada



Segundo escenario:

En el segundo escenario, cuando el sistema detecta con exactitud los caracteres de la placa de rodaje y además verifica que la placa está debidamente registrada en la base de datos,

se establece que el vehículo está correctamente incorporado en el sistema. Este resultado demuestra la efectividad del sistema en la identificación y confirmación del estatus registrado de los vehículos.

Figura 18. Placa de prueba para el segundo escenario

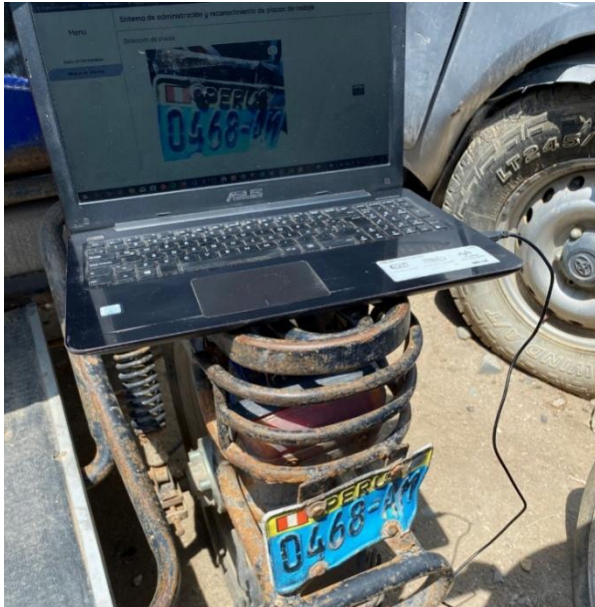
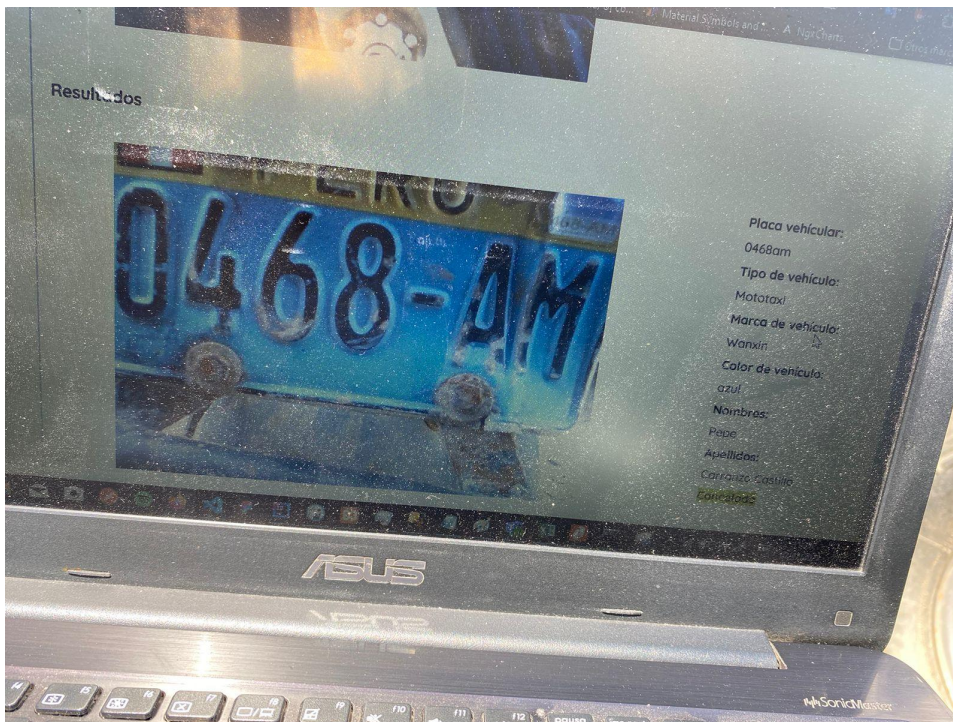


Figura 19. El sistema indica que la placa de prueba del segundo escenario está registrada



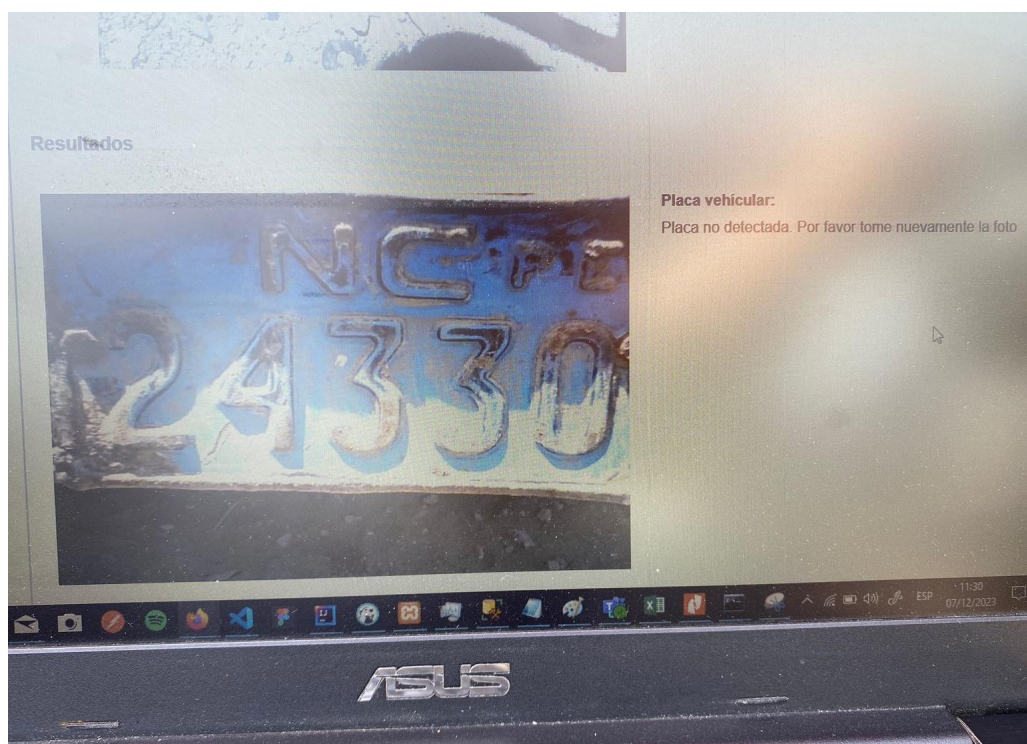
Tercer escenario:

En el tercer escenario, el sistema enfrenta la dificultad de no poder detectar la placa de rodaje debido a su estado desgastado o borroso, lo que puede ser producto de factores como el desgaste natural, suciedad excesiva o daños físicos. En estas circunstancias, la inteligencia artificial puede no reconocer la placa, evidenciando así un margen de error en el sistema implementado. Este escenario pone de manifiesto dos posibles resultados: por un lado, puede que el sistema no identifique la placa en absoluto; por otro, podría reconocerla de manera incorrecta.

Figura 20. Placa de prueba para el tercer escenario



Figura 21. El sistema indica que la placa de prueba del tercer escenario no es reconocida



IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La discusión de los resultados de esta investigación, en comparación con estudios internacionales y nacionales sobre sistemas de reconocimiento de placas vehiculares, resalta tanto similitudes como diferencias clave en enfoques y tecnologías utilizadas.

Comparación con investigaciones internacionales:

Taborda (2019): Con similar enfoque, Taborda se concentró en un sistema OCR para el reconocimiento de matrículas, pero se centró en el uso de smartphones, lo que difiere de nuestra metodología más integral que integra bases de datos y sistemas de gestión de infracciones. A pesar de las limitaciones en el desarrollo, ambos estudios resaltan la importancia del entrenamiento detallado y la mejora continua.

Vásquez y Morales (2018): Este estudio logró una alta precisión en el reconocimiento de placas, lo cual es comparable con los resultados prometedores de nuestro sistema. Sin embargo, su enfoque estaba limitado al control de acceso vehicular en un entorno universitario, mientras que nuestro sistema abarca un espectro más amplio, incluyendo la gestión de infracciones vehiculares.

Pallarés Font de Mora (2014): Al igual que en la presente investigación, Pallarés Font de Mora destacó la importancia de las pruebas experimentales para evaluar la efectividad del sistema. Ambos estudios reconocen los desafíos y la necesidad de ajustes para mejorar el reconocimiento de placas.

Comparación con investigaciones nacionales:

Fuertes Olivares (2019): A diferencia de la presente investigación, que se centró en el sistema de infracciones, Fuertes Olivares se enfocó en la clasificación de matrículas para el monitoreo del tráfico. A pesar de las diferencias en los objetivos, ambos estudios muestran el potencial de la tecnología de procesamiento de imágenes en la gestión del tráfico.

Ramírez y Tito (2020): Con un enfoque similar en el reconocimiento automático de matrículas, el estudio de Ramírez y Tito alcanzó una alta tasa de éxito, comparable con la efectividad del sistema propuesto en la presente investigación. Este paralelismo demuestra la viabilidad y la eficacia de estos sistemas en diversos entornos y aplicaciones.

En conclusión, esta investigación coincide con tendencias globales en el desarrollo de sistemas de reconocimiento de placas vehiculares, destacando la importancia de la precisión, el entrenamiento detallado y la adaptabilidad a distintos entornos. Cada estudio aporta valiosas lecciones sobre la implementación y optimización de tecnologías similares, sentando las bases para futuras mejoras y desarrollos en este campo.

V. CONCLUSIONES

Basándonos en los resultados cuantitativos obtenidos durante las pruebas de nuestro sistema de reconocimiento de placas de rodaje, podemos concluir que la hipótesis planteada ha sido validada con éxito. Nuestro sistema, que integra una interfaz web de usuario usando el framework Angular, una base de datos MYSQL y una API (Plate Recognizer) con un modelo de machine learning para el procesamiento de imágenes, ha demostrado ser efectivo en la identificación de vehículos con infracciones en la Municipalidad Provincial de Lambayeque. Los resultados muestran una precisión promedio del 96%, lo que indica que el sistema es altamente confiable para su implementación en un entorno operativo real. Además, se observa una mejora significativa en la eficiencia del proceso de identificación de infractores, lo que puede contribuir a una gestión más efectiva del tráfico y a una mayor seguridad vial en la provincia.

El diseño e implementación del sistema de reconocimiento de placas de rodaje para la identificación de vehículos con infracciones en la Municipalidad Provincial de Lambayeque ha demostrado ser efectivo y funcional, con una precisión promedio del 96% en la identificación de vehículos con infracciones, lo que indica una alta fiabilidad en su desempeño. Además, el sistema ha demostrado ser escalable y adaptable a las necesidades operativas de la municipalidad, lo que sugiere su viabilidad para su implementación a gran escala.

El sistema de registro y seguimiento de infracciones vehiculares actual de la Municipalidad Provincial de Lambayeque presenta varias áreas susceptibles de mejora. Las deficiencias identificadas incluyen la falta de legibilidad y estructura en los registros manuales, la vulnerabilidad a daños físicos de los documentos, y la ausencia de un proceso de backup digital. Estos hallazgos subrayan la necesidad de digitalizar los registros y adoptar un

sistema de gestión de datos más robusto y seguro que permita un acceso y seguimiento eficiente de las infracciones.

Nuestro análisis reveló que las herramientas seleccionadas han demostrado ser altamente eficientes y compatibles con los requisitos del proyecto, estableciendo una interfaz web de usuario con el framework Angular que ha mostrado una excelente usabilidad, la base de datos implementada con tecnologías como MySQL ha demostrado ser robusta y confiable y una API de reconocimiento de placas de Plate Recognizer que ha demostrado tener tiempos de respuesta menores a 1 seg y una tasa de precisión del 96% en la identificación de placas vehiculares. Este conjunto de tecnologías modernizó significativamente el sistema de gestión de infracciones de la Municipalidad Provincial de Lambayeque, mejorando la eficiencia y precisión en la identificación de vehículos infractores.

Las pruebas experimentales realizadas han validado la eficiencia operativa del sistema desarrollado, destacando su capacidad para reconocer las placas vehiculares en menos de 1 seg y registrar las placas de rodaje en la mayoría de los casos. Sin embargo, también se ha evidenciado un margen de error inherente de un 4% de total de placas vehiculares, especialmente en situaciones donde las placas están desgastadas o dañadas.

VI. RECOMENDACIONES

Debido a que se ha evidenciado un margen de error inherente, especialmente en situaciones donde las placas están desgastadas o dañadas, se requiere una fase de ajuste y calibración continua para mejorar su precisión. Además, estas pruebas subrayan la importancia de integrar protocolos de manejo de excepciones y errores que permitan a los operadores humanos intervenir cuando el sistema de reconocimiento automático falla.

Desarrollar un plan de sostenibilidad que incluya mantenimiento, actualizaciones y escalabilidad del sistema a largo plazo. Investigar cómo las tendencias tecnológicas emergentes, como la inteligencia artificial, IoT (Internet de las Cosas) y el análisis de big data, pueden integrarse para predecir y gestionar las infracciones de tránsito.

Investigar más a fondo las capacidades de diferentes algoritmos de machine learning y deep learning especializados en el reconocimiento de imágenes y caracteres. Se recomienda probar diversas arquitecturas de redes neuronales, incluyendo redes convolucionales, para mejorar la precisión en la detección de placas bajo diversas condiciones ambientales y de desgaste.

REFERENCIAS

- Bajarin, T. (2023, 6 diciembre). *Estas serán las grandes novedades tecnológicas en 2024 - Forbes España*. Forbes España; Forbes. <https://forbes.es/tecnologia/380459/estas-seran-las-grandes-novedades-tecnologicas-en-2024/>
- Diario Correo. (2022, 15 septiembre). *Chiclayo: Aprueban prescripción de multas por S/101,781 en SATCh*. Correo. <https://diariocorreo.pe/edicion/lambayeque/chiclayo-aprueban-prescripcion-de-multas-por-s101781-en-satch-noticia/>
- Diario Perú 21. (2023, 24 abril). *SAT: Solo en Lima hay papeletas sin pagar por casi 180 millones de soles*. Peru21. <https://peru21.pe/lima/pagar-multas-vehiculos-lima-registra-cerca-de-180-millones-de-soles-en-deudas-por-papeletas-vehiculares-dinero-deuda-descuentos-tranporte-impuestos-sat-noticia/>
- Enríquez, D. (2023). *Las 10 tendencias tecnológicas que marcarán el 2024*. *Thinking for Innovation*. <https://www.iebschool.com/blog/las-10-tendencias-tecnologicas-que-marcaran-el-2024-tecnologia/>
- Folio. (2023, 11 setiembre). *Challenges and Solutions in ALPR Implementation*. <https://www.folio3.ai/blog/challenges-and-solutions-in-alpr-implementation/>
- Fuertes Olivares, J. D. (2019). *Diseño de un sistema electrónico basado en procesamiento digital de imágenes para la clasificación de placas vehiculares en Lima*.
- Handa, U. (2021, 27 octubre). *7 razones para usar angular para su aplicación web en 2022*. Cynoteck; Cynoteck Technology Solutions. <https://cynoteck.com/es/blog-post/reasons-to-use-angular-for-your-web-app/>
- HiSoUR. (201). *Visión por computador*. <https://www.hisour.com/es/computer-vision-42799/>
- HostGator. (2023, 16 agosto). *Angular: qué es, para qué sirve y cuáles son sus ventajas*. (s/f). Hostgator.mx. <https://www.hostgator.mx/blog/que-es-y-para-que-sirve-angular/>

- Jacinto, A. (2022, 9 septiembre). *Historia del aprendizaje automático: La línea de tiempo completa*. Startechup Inc; Startechup. <https://www.startechup.com/es/blog/machine-learning-history/>
- Krocka, M., Dakic, P., y Vranic, V. (2022). Automatic license plate recognition using OpenCV. *2022 12th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT)*.
- Londoño, P. (2023, 17 enero). *Qué es MySQL, para qué sirve y características principales*. Hubspot.es. <https://blog.hubspot.es/website/que-es-mysql>
- Municipalidad Distrital de San Miguel (2023, 1 agosto). *SAN MIGUEL, INFRACCIONES DE TRÁNSITO TAMBIÉN SE PODRÁN DENUNCIAR VÍA EL APLICATIVO OJO VIAL*. <https://munisanmiguel.gob.pe>. <https://munisanmiguel.gob.pe/san-miguel-infracciones-de-transito-tambien-se-podran-denunciar-via-el-aplicativo-ojo-vial/?ref=rpp>
- Nalda, V. (2020, 29 septiembre). *Machine Learning: Los orígenes y la evolución*. Future Space S.A. <https://www.futurespace.es/machine-learning-los-origenes-y-la-evolucion/>
- NGSC, Inc. (2021, 18 junio). *The history of license plate recognition technology*. Next Generation Security Concepts, Inc. <https://ngscinc.com/history-license-plate-recognition>
- Ortuya, N. (2023, 2 marzo). *Papeleta m37: multa por causar un accidente de tránsito con daños personales*. <https://www.autofact.pe/blog/mi-auto/papeletas/papeleta-m37>
- Pallarés Font de Mora, P. (2014). Universitat Politècnica de València. *Ingeniería del agua*, 18(1), ix. <https://doi.org/10.4995/ia.2014.3293>
- Parada, M. (2021, 3 mayo). Qué es Angular. *Openwebinars.net*. <https://openwebinars.net/blog/que-es-angular-2021/>
- Plate Recognizer. (2020). *ALPR software providers review*. <https://platerecognizer.com/automatic-license-plate-recognition-software-providers-a-detailed-comparison/>

Plate Recognizer. (2023). *ALPR cameras*. Plate Recognizer. <https://platerecognizer.com/alpr-cameras-everything-you-need-to-know/>

Ramírez Mejía, B. D. J., y Tito Apaza, M. R. (2020). *Reconocimiento automático de placas de rodaje utilizando una red neuronal convolucional para el ingreso de vehículos en la Universidad Ricardo Palma*.

Reisman, A. B. (2018, 25 septiembre). Análisis | Lo que falla en el sistema de papeletas y multas de tránsito en Lima. *RPP Noticias*. <https://rpp.pe/lima/seguridad/analisis-lo-que-falla-en-el-sistema-de-papeletas-y-multas-de-transito-en-lima-noticia-1152214>

Robledano, A. (2019, 24 septiembre). Qué es MySQL: Características y ventajas. *Openwebinars.net*. <https://openwebinars.net/blog/que-es-mysql/>

Rojas Campo, J. (2022, 20 enero). *Qué es LPR, cómo funciona y sus aplicaciones*. Tecnoseguro.com; TECNOSeguro. <https://www.tecnoseguro.com/faqs/que-es-lpr-como-funciona-y-sus-aplicaciones>

Rootstack. (2021). *5 razones para desarrollar software en Angular*. Rootstack. <https://rootstack.com/es/blog/angular-desarrollo>

Sandoval, C. (2021, 4 noviembre). *Así es la historia de la Visión por ordenador*. LISA Insurtech. <https://lisainsurtech.com/asi-es-la-historia-de-la-vision-por-ordenador/>

Sandoval, W. (2015, 25 octubre). *Lambayeque: solo 10% de choferes urbanos tiene certificación*. El Comercio Perú. <https://elcomercio.pe/peru/lambayeque/lambayeque-10-choferes-urbanos-certificacion-235446-noticia/>



Senstar. (2023, 23 noviembre). *Ventajas e inconvenientes del ALPR - Senstar: protegiendo a personas, lugares y bienes*. <https://senstar.com/es/senstarpedia/ventajas-e-inconvenientes-del-alpr/>

Taborda, B. S. F. (2019). *MODELO OCR PARA RECONOCIMIENTO DE PLACAS DE VEHÍCULOS*.

- Teng, Z., y Wei, J. (2023). Automatic license plate recognition using transformer. En L. Xiao & J. Xue (Eds.), *Fourteenth International Conference on Graphics and Image Processing (ICGIP 2022)*. SPIE.
- Tung, C.-L., Wang, C.-H., & Peng, B.-S. (2021). A deep learning model of dual-stage License Plate Recognition applicable to the data processing industry. *Mathematical Problems in Engineering*, 2021, 1–13. <https://doi.org/10.1155/2021/3723715>
- Vásquez, J. A., y Morales, J. A. M. (2018). *Proyecto de Grado para la obtención del título en Ingeniería de Telecomunicaciones Universidad Cooperativa de Colombia, Bogotá*.

ANEXOS

Documento de autorización para realizar la investigación en el depósito vehicular

 **MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE LAMBAYEQUE**
"Lambayeque, cuna del Primer Grito Libertario en el Norte del Perú" 

"AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO"

Lambayeque, 20 de julio 2023.

CARTA N° 0706-2023/MPL-GRH

GERENTE DE TRANSITO, TRANSPORTE Y EQUIPO MECANICO.
CPC. Jesús Martín Yerren Quiroga
Presente.

ASUNTO : SE AUTORIZA REALIZAR TRABAJO DE INVESTIGACION (tesis).

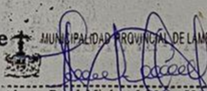
REF. : CARTA N° 029-2023-EPIE-FACFYM.

Tengo el agrado de dirigirme a usted, para saludarlo en nombre de la Gerencia que represento y por medio de la presente informar lo siguiente:

Que se **AUTORIZA** a la señor *Juan Javier Nuñez Quispe* con la finalidad de desarrollar su trabajo de investigación denominado "*Sistema de Detección y Reconocimiento de placas de rodaje para la identificación de vehículos con infracciones pendientes de pago en Lambayeque*", brindándole las facilidades requeridas.

Asimismo, se le comunica que al término de su trabajo de investigación deberá remitir informe a esta gerencia.

ASUNTO : Sin otro particular, me despido cordialmente (tesis).

REF. : **Atentamente** 
Abog. Paul Michael More Vásquez
GERENTE DE RECURSOS HUMANOS (e)

C.c. Contol de Peersonal
Archivo.
PMMV/imgq

AV. BOLIVAR N° 400 - LAMBAYEQUE
(074) - 281911

www.gob.pe/munilambayeque

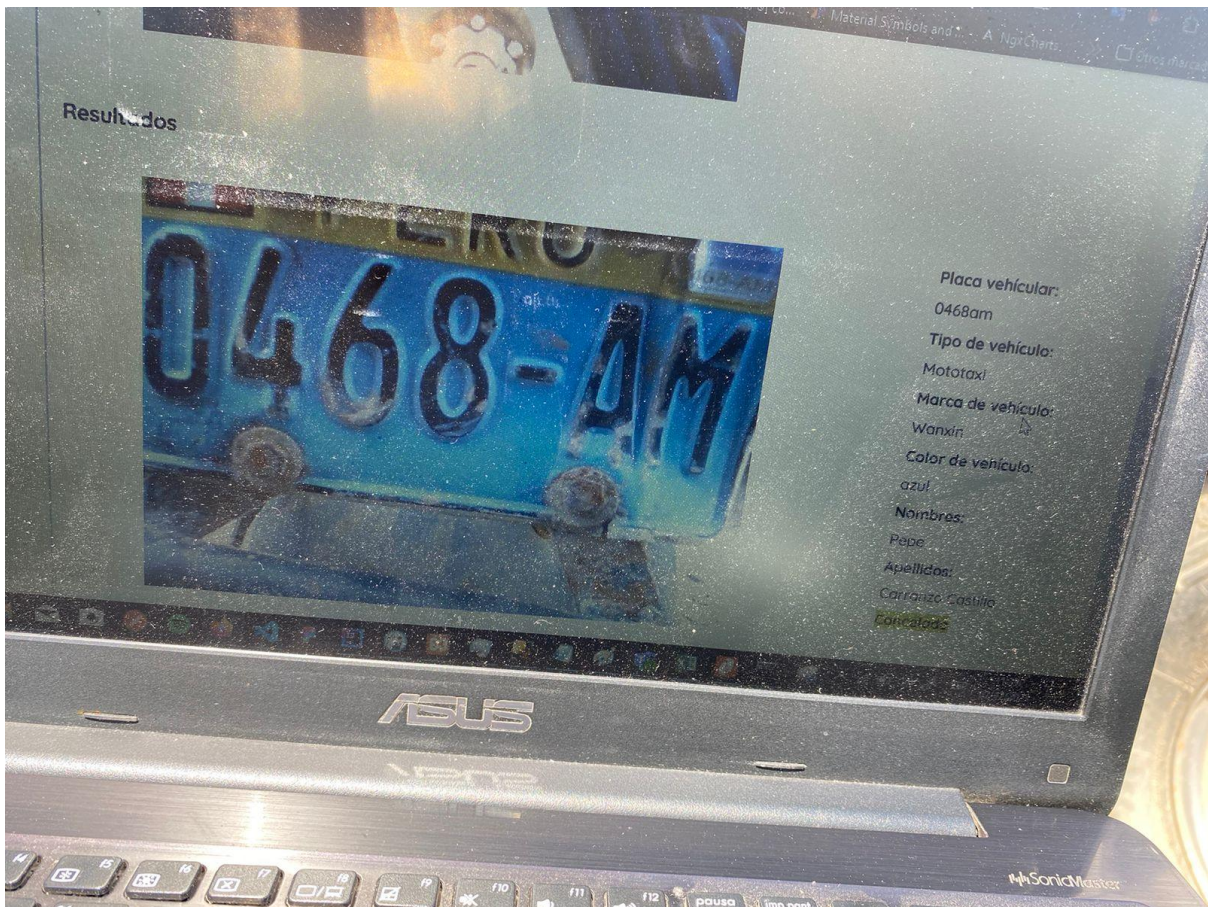
Lambayeque Benemérita y Generosa Capital del Turismo

Estado actual del depósito vehicular

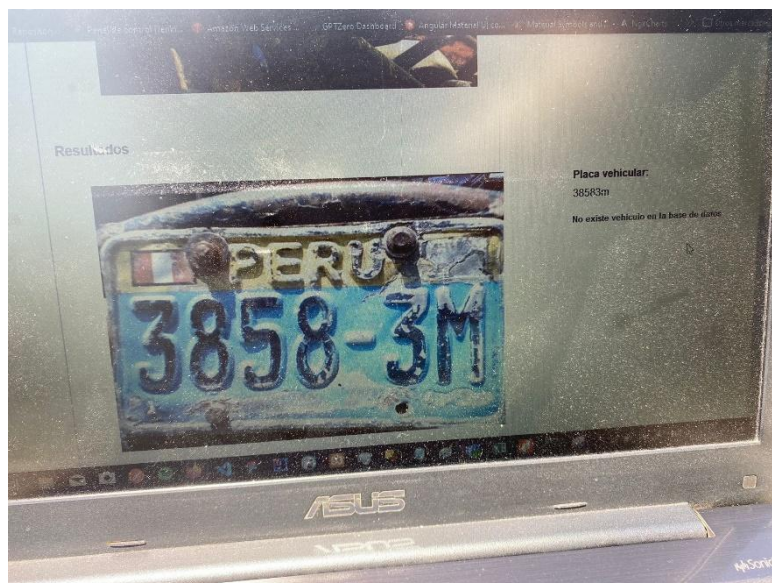


Reconocimiento de placas

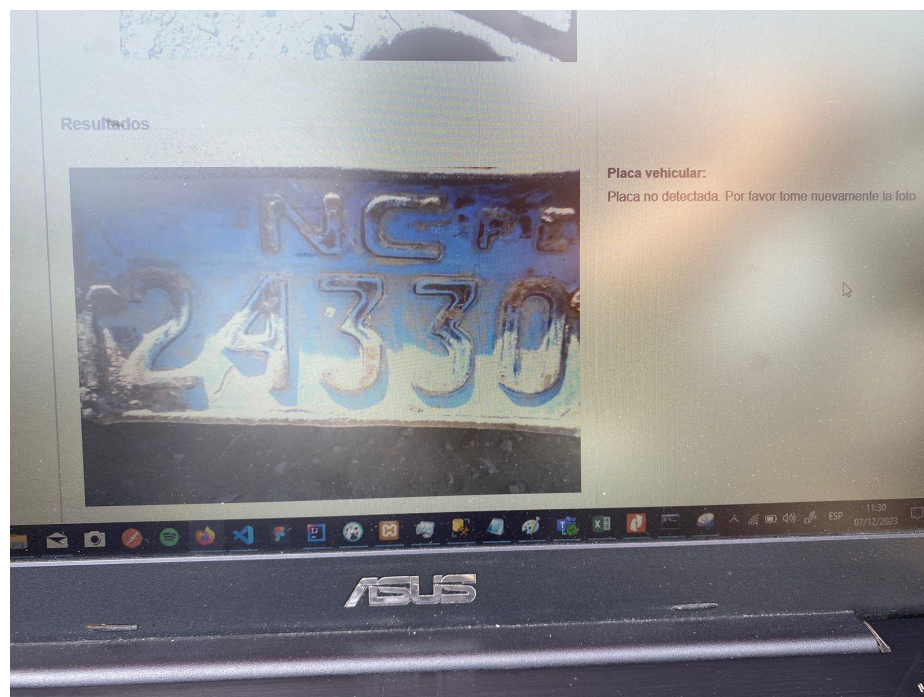
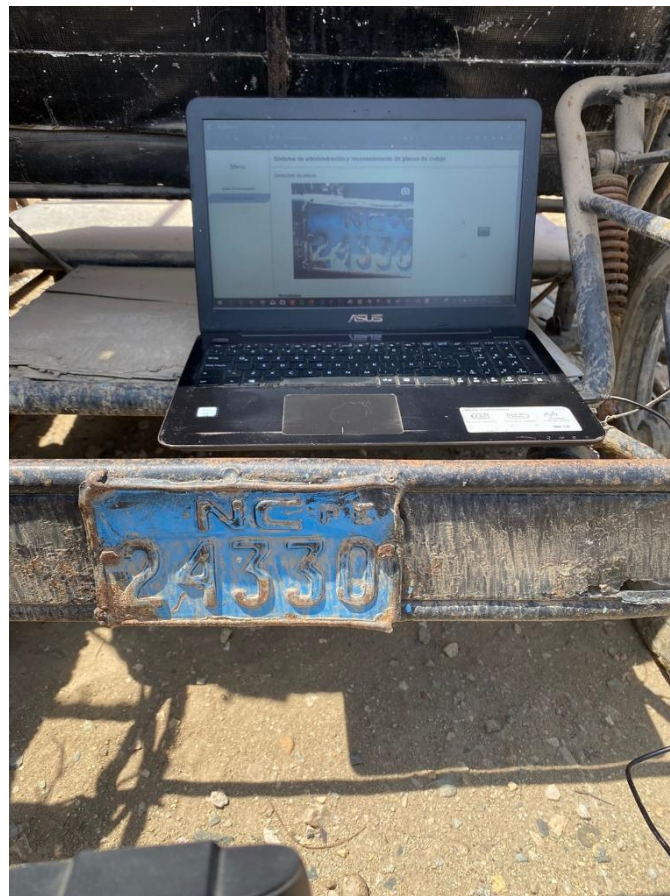




Reconocimiento y registro de nuevas placas



Placa no identificada por daños



Presupuesto

Categoría	Descripción	Costo estimado (USD)
Software y tecnología	Framework Angular (gratuito)	0
	Base de datos MySQL (gratuito)	0
	API de Plate Recognizer (gratuito)	0
Hardware	Computadora para desarrollo	1000
	Cámara para reconocimiento de placas	80
	Periféricos adicionales	100
Recursos humanos	Desarrollador (112 horas a \$30/hora)	3360
Recolección de datos	Viajes y permisos para recolección de datos	50
	Permisos municipales o tarifas	0
Costos misceláneos	Mantenimiento y actualizaciones (anual)	300
Total		4890

Código fuente

----- FRONTEND -----

```
<div class="home">

  <div class="content">

    <div class="left">

      <label>Menu</label>

      <ul>

        <li [ngStyle]="numericSidebar == 1 ? {'background':'#C7C7C7'}: {'background':'none'}
"><button (click)="statusSidebar(1)" >Boleta de internamiento</button></li>

        <li [ngStyle]="numericSidebar == 2 ? {'background':'#C7C7C7'}: {'background':'none'}
"><button (click)="statusSidebar(2)" >Almacen de vehículos</button></li>

        <!-- <li [ngStyle]="numericSidebar == 3 ?
{'background':'#C7C7C7'}: {'background':'none'} "><button
(click)="statusSidebar(3)" >Sección 3</button></li>

        <li [ngStyle]="numericSidebar == 4 ? {'background':'#C7C7C7'}: {'background':'none'}
"><button (click)="statusSidebar(4)" >Sección 4</button></li> -->

      </ul>

    </div>

  </div>

</div>
```

```

<div class="right">
  <h1>Sistema de administración y reconocimiento de placas de rodaje</h1>
  <!-- <router-outlet></router-outlet> -->
  <div class="botton">
    <div class="menu1" *ngIf="numericSidebar == 1" >
      <app-internment></app-internment>
    </div>
    <div class="menu2" *ngIf="numericSidebar == 2" >
      <app-camera (pictureTaken)="handleImage($event)"></app-camera>
      <div class="snapshot" *ngIf="webcamImage">
        <h3>Resultados</h3>
        <div class="result">
          <img [src]="webcamImage.imageAsDataURL" />
          <div>
            <label>Placa vehicular: </label>
            <p> {{plate}} </p>
            <h5 *ngIf="!validInternment && existPlate">No existe vehículo en la base de
datos</h5>
            <div class="data" *ngIf="validInternment">
              <label>Tipo de vehículo: </label>
              <p> {{internment.vehicleEntity.vehicleTypeEntity.name}} </p>
              <label>Marca de vehículo: </label>
              <p> {{internment.vehicleEntity.vehicleBrandEntity.brand}} </p>
              <label>Color de vehiculo: </label>
              <p> {{internment.vehicleEntity.color}} </p>

```

```

<label>Nombres: </label>

<p> {{internment.admissionTicketEntity.ownerEntity.name}} </p>

<label>Apellidos: </label>

<p> {{internment.admissionTicketEntity.ownerEntity.lastname}} </p>

<label style="background-color: greenyellow;" *ngIf="validFreedom; else
elseBlock">Cancelado</label>

<ng-template #elseBlock>

  <label style="background-color: brown;">Sin Cancelar</label>

</ng-template>

</div>

</div>

</div>

</div>

</div>

<!-- <div class="menu3" *ngIf="numericSidebar == 3" >Hola 3</div>

<div class="menu4" *ngIf="numericSidebar == 4" >Hola 4</div> -->

</div>

</div>

</div>

</div>

```

```

----- BACKEND -----

package com.proyect.sistvehiculosapi.Controller;

import com.proyect.sistvehiculosapi.DTO.InternmentDTO;

import com.proyect.sistvehiculosapi.Entity.InternmentEntity;

import com.proyect.sistvehiculosapi.Service.InternmentService;

```

```

import com.proyect.sistvehiculosapi.Service.InternmentServiceImpl;

import org.springframework.beans.factory.annotation.Autowired;

import org.springframework.data.domain.PageRequest;

import org.springframework.http.HttpStatus;

import org.springframework.http.ResponseEntity;

import org.springframework.web.bind.annotation.*;

@RestController

@RequestMapping("v1/internment")

public class InternmentController {

    @Autowired

    private InternmentService internmentService;

    @PostMapping("/saveInternment")

    public ResponseEntity<?> saveInternment(@RequestBody InternmentDTO

internmentDTO){

    try {

        System.out.println("-----"+internmentDTO);

        return new ResponseEntity<>(internmentService.SaveInterment(internmentDTO),

HttpStatus.CREATED);

    } catch (Exception e){

        return ResponseEntity.badRequest().build();

    }

}

    @GetMapping("/getInternment/{id}")

    public ResponseEntity<?> getInternment(@PathVariable(name = "id") int id){

    try{

```

```

        return new ResponseEntity<>(internmentService.getInternment(id),HttpStatus.OK);
    } catch (Exception e){
        return ResponseEntity.badRequest().build();
    }
}

@GetMapping("/getInternmentByPlate/{plate}")
public ResponseEntity<?> getInternmentByPlate(@PathVariable(name = "plate") String
plate){
    try{
        return new
ResponseEntity<>(internmentService.getInternmentByPlate(plate),HttpStatus.OK);
    } catch (Exception e){
        return ResponseEntity.badRequest().build();
    }
}

@PutMapping("/putInternment/{id}")
public ResponseEntity<?> putInternment(@PathVariable(name = "id")int id,
                                     @RequestBody InternmentDTO internmentDTO){
    try{
        return new ResponseEntity<>(internmentService.putInternment(id,
internmentDTO),HttpStatus.CREATED);
    } catch (Exception e){
        return ResponseEntity.badRequest().build();
    }
}
}

```

```

@GetMapping("/getListPageInternment")
public ResponseEntity<?> getListPageInternment(@RequestParam(name = "size") int size,
                                             @RequestParam(name = "page") int page,
                                             @RequestParam(name = "search") String search){
    try{
        return new
ResponseEntity<>(internmentService.getListPageInternment(PageRequest.of(page,size),sear
ch),HttpStatus.OK);
    } catch (Exception e){
        return ResponseEntity.badRequest().build();
    }
}

// @DeleteMapping("/deleteInternment/{id}")
@RequestMapping(value = "/deleteInternment/{id}", method = RequestMethod.DELETE)
public ResponseEntity<?> deleteInternment(@PathVariable("id") int id){
    try{
        System.out.println("-----");
        internmentService.deleteInterment(id);
        return new ResponseEntity<>(HttpStatus.OK);
    } catch (Exception e){
        return ResponseEntity.badRequest().build();
    }
}
}

```

```
package com.proyect.sistvehiculosapi.Service;

import com.proyect.sistvehiculosapi.DTO.InternmentDTO;
import com.proyect.sistvehiculosapi.DTO.ListInternmentDTO;
import com.proyect.sistvehiculosapi.Entity.InternmentEntity;
import org.springframework.data.domain.Page;
import org.springframework.data.domain.Pageable;
import java.util.List;

public interface InternmentService {

    InternmentEntity SaveInterment(InternmentDTO internmentDTO);

    InternmentEntity putInternment(int id, InternmentDTO internmentDTO);

    InternmentEntity getInternment(int id);

    InternmentEntity getInternmentByPlate(String plate);

    Page<ListInternmentDTO> getListPageInternment(Pageable pageable, String search);

    void deleteInterment(int id);

}
```

```
package com.proyect.sistvehiculosapi.Service;

import com.proyect.sistvehiculosapi.DTO.InternmentDTO;
import com.proyect.sistvehiculosapi.DTO.ListInternmentDTO;
import com.proyect.sistvehiculosapi.Entity.*;
import com.proyect.sistvehiculosapi.Repository.*;
import org.modelmapper.ModelMapper;
import org.springframework.beans.factory.annotation.Autowired;
```

```

import org.springframework.data.domain.Page;
import org.springframework.data.domain.PageImpl;
import org.springframework.data.domain.Pageable;
import org.springframework.stereotype.Service;
import java.sql.Date;
import java.sql.Time;
import java.time.LocalDate;
import java.time.LocalDateTime;
import java.util.ArrayList;
import java.util.List;

@Service
public class InternmentServiceImpl implements InternmentService {

    @Autowired
    private InternmentRepository internmentRepository;

    @Autowired
    private VehicleRepository vehicleRepository;

    @Autowired
    private PlateRepository plateRepository;

    @Autowired
    private OwnerRepository ownerRepository;

    @Autowired
    private RemitterRepository remitterRepository;

    @Autowired

```

```

private AdmissionTicketRepository admissionTicketRepository;

@Autowired

private ModelMapper modelMapper;

@Override

public InternmentEntity SaveInterment (InternmentDTO internmentDTO){

    InternmentEntity internmentEntity = new InternmentEntity();

    if (internmentDTO == null) return null;

    boolean infractionRepeat = false;

    boolean vehicleRepeat = false;

    VehicleEntity vehicle = new VehicleEntity();

    internmentEntity.setInput_date(Date.valueOf(LocalDate.now()));

    internmentEntity.setInput_time(Time.valueOf(LocalTime.now()));

    if (!internmentDTO.getFreedom_number().isEmpty())

internmentEntity.setFreedom_number(internmentDTO.getFreedom_number());

    if(internmentDTO.getInfraction() != 0){

        InfractionEntity infractionEntity = new InfractionEntity();

        infractionEntity.setId(internmentDTO.getInfraction());

        internmentEntity.setInfractionEntity(infractionEntity);

        infractionRepeat=true;

    }
}

```

```

        if(!internmentDTO.getVehicle().equals(null)
|| !internmentDTO.getVehicle().equals("")) {
            VehicleEntity vehicleEntity = new VehicleEntity();
            VehicleTypeEntity vehicleTypeEntity = new VehicleTypeEntity();
            VehicleBrandEntity vehicleBrandEntity = new VehicleBrandEntity();
            vehicleTypeEntity.setId(internmentDTO.getVehicle().getType());
            vehicleBrandEntity.setId(internmentDTO.getVehicle().getBrand());
            if (!internmentDTO.getVehicle().getPlate().isEmpty()) {
                PlateEntity plateEntity = new PlateEntity();
                plateEntity.setPlate(internmentDTO.getVehicle().getPlate());
                PlateEntity plate = plateRepository.save(plateEntity);
                vehicleEntity.setPlateEntity(plate);
            }

            vehicleEntity.setColor(internmentDTO.getVehicle().getColor());
            vehicleEntity.setVehicleBrandEntity(vehicleBrandEntity);
            vehicleEntity.setVehicleTypeEntity(vehicleTypeEntity);
            vehicle = vehicleRepository.save(vehicleEntity);
            internmentEntity.setVehicleEntity(vehicle);
            vehicleRepeat = true;
        }

        if(!internmentDTO.getAdmission_ticket().equals(null)
|| !internmentDTO.getAdmission_ticket().equals("")) {
            AdmissionTicketEntity admissionTicketEntity = new AdmissionTicketEntity();

```

```

        if (!internmentDTO.getAdmission_ticket().getOwner().equals(""))
    || !internmentDTO.getAdmission_ticket().getOwner().equals(null)){
        OwnerEntity ownerEntity = new OwnerEntity();

        if (!internmentDTO.getAdmission_ticket().getOwner().getName().isEmpty())
ownerEntity.setName(internmentDTO.getAdmission_ticket().getOwner().getName());

        if (!internmentDTO.getAdmission_ticket().getOwner().getLastname().isEmpty())
ownerEntity.setLastname(internmentDTO.getAdmission_ticket().getOwner().getLastname());

        if (!internmentDTO.getAdmission_ticket().getOwner().getAddress().isEmpty())
ownerEntity.setAddress(internmentDTO.getAdmission_ticket().getOwner().getAddress());

        if (!internmentDTO.getAdmission_ticket().getOwner().getPhone().isEmpty())
ownerEntity.setPhone(internmentDTO.getAdmission_ticket().getOwner().getPhone());

        OwnerEntity owner = ownerRepository.save(ownerEntity);

        admissionTicketEntity.setOwnerEntity(owner);
    }

    if (!internmentDTO.getAdmission_ticket().getRemitter().equals(""))
    || !internmentDTO.getAdmission_ticket().getRemitter().equals(null)){

        RemitterEntity remitterEntity = new RemitterEntity();

remitterEntity.setAuthority(internmentDTO.getAdmission_ticket().getRemitter().getAuthorit
y());

remitterEntity.setBallot(internmentDTO.getAdmission_ticket().getRemitter().getBallot());

        if(infractionRepeat){

            InfractionEntity infractionEntity = new InfractionEntity();

```

```

infractionEntity.setId(internmentDTO.getAdmission_ticket().getRemitter().getInfraction());
    remitterEntity.setInfractionEntity(infractionEntity);
}

    RemitterEntity remitter = remitterRepository.save(remitterEntity);
    admissionTicketEntity.setRemitterEntity(remitter);
}
    if (vehicleRepeat) admissionTicketEntity.setVehicleEntity(vehicle);
    if (!internmentDTO.getAdmission_ticket().getNumber().isEmpty())
admissionTicketEntity.setNumber(Integer.parseInt(internmentDTO.getAdmission_ticket().ge
tNumber()));
    if (!internmentDTO.getAdmission_ticket().getObservations().isEmpty())
admissionTicketEntity.setObservations(internmentDTO.getAdmission_ticket().getObservatio
ns());
    if (!internmentDTO.getAdmission_ticket().getIn_charge().isEmpty())
admissionTicketEntity.setIn_charge(internmentDTO.getAdmission_ticket().getIn_charge());
    AdmissionTicketEntity admission =
admissionTicketRepository.save(admissionTicketEntity);
    internmentEntity.setAdmissionTicketEntity(admission);
}

    return internmentRepository.save(internmentEntity);
}

@Override
public InternmentEntity putInternment(int id, InternmentDTO internmentDTO){

```

```

InternmentEntity internmentEntity = getInternment(id);

if (internmentEntity == null ) return null;

boolean infractionRepeat = false;

boolean vehicleRepeat = false;

VehicleEntity vehicle = new VehicleEntity();

if (!internmentDTO.getFreedom_number().isEmpty() ||
internmentDTO.getFreedom_number() != null)

    internmentEntity.setFreedom_number(internmentDTO.getFreedom_number());

if(internmentDTO.getInfraction() != 0){

    InfractionEntity infractionEntity = new InfractionEntity();

    infractionEntity.setId(internmentDTO.getInfraction());

    internmentEntity.setInfractionEntity(infractionEntity);

    infractionRepeat=true;

}

if(internmentDTO.getVehicle() != null || !internmentDTO.getVehicle().equals("")) ){

    VehicleEntity vehicleEntity =

vehicleRepository.findById(internmentEntity.getVehicleEntity().getId()).get();

    VehicleTypeEntity vehicleTypeEntity = new VehicleTypeEntity();

    VehicleBrandEntity vehicleBrandEntity = new VehicleBrandEntity();

    vehicleTypeEntity.setId(internmentDTO.getVehicle().getType());

    vehicleBrandEntity.setId(internmentDTO.getVehicle().getBrand());

    if (!internmentDTO.getVehicle().getPlate().isEmpty()){

```

```

        PlateEntity plateEntity = new PlateEntity();

        if (internmentEntity.getVehicleEntity().getPlateEntity() != null){

            plateEntity =

plateRepository.findById(internmentEntity.getVehicleEntity().getPlateEntity().getId()).get();

        }

        plateEntity.setPlate(internmentDTO.getVehicle().getPlate());

        PlateEntity plate = plateRepository.save(plateEntity);

        vehicleEntity.setPlateEntity(plate);

    } else if(internmentDTO.getVehicle().getPlate().isEmpty() &&
internmentEntity.getVehicleEntity().getPlateEntity() != null){

plateRepository.deleteById(internmentEntity.getVehicleEntity().getPlateEntity().getId());

    }

    vehicleEntity.setColor(internmentDTO.getVehicle().getColor());

    vehicleEntity.setVehicleBrandEntity(vehicleBrandEntity);

    vehicleEntity.setVehicleTypeEntity(vehicleTypeEntity);

    vehicle = vehicleRepository.save(vehicleEntity);

    internmentEntity.setVehicleEntity(vehicle);

    vehicleRepeat = true;

}

    if(internmentDTO.getAdmission_ticket() != null
|| !internmentDTO.getAdmission_ticket().equals("")){

```

```

        AdmissionTicketEntity admissionTicketEntity =
admissionTicketRepository.findById(internmentEntity.getAdmissionTicketEntity().getId()).g
et();

        if (!internmentDTO.getAdmission_ticket().getOwner().equals("") ||
internmentDTO.getAdmission_ticket().getOwner() != null){

            OwnerEntity ownerEntity =
ownerRepository.findById(internmentEntity.getAdmissionTicketEntity().getOwnerEntity().g
etId()).get();

            if (internmentDTO.getAdmission_ticket().getOwner().getName() != null)

ownerEntity.setName(internmentDTO.getAdmission_ticket().getOwner().getName());

            if (internmentDTO.getAdmission_ticket().getOwner().getLastname() != null)

ownerEntity.setLastname(internmentDTO.getAdmission_ticket().getOwner().getLastname());

            if (internmentDTO.getAdmission_ticket().getOwner().getAddress() != null)

ownerEntity.setAddress(internmentDTO.getAdmission_ticket().getOwner().getAddress());

            if (internmentDTO.getAdmission_ticket().getOwner().getPhone() != null)

ownerEntity.setPhone(internmentDTO.getAdmission_ticket().getOwner().getPhone());

            OwnerEntity owner = ownerRepository.save(ownerEntity);

            admissionTicketEntity.setOwnerEntity(owner);

        }

        if (!internmentDTO.getAdmission_ticket().getRemitter().equals("") ||
internmentDTO.getAdmission_ticket().getRemitter() != null){

```

```

        RemitterEntity remitterEntity =
remitterRepository.findById(internmentEntity.getAdmissionTicketEntity().getRemitterEntity
().getId()).get();

remitterEntity.setAuthority(internmentDTO.getAdmission_ticket().getRemitter().getAuthorit
y());

remitterEntity.setBallot(internmentDTO.getAdmission_ticket().getRemitter().getBallot());
        if(infractionRepeat){
            InfractionEntity infractionEntity = new InfractionEntity();

infractionEntity.setId(internmentDTO.getAdmission_ticket().getRemitter().getInfraction());
            remitterEntity.setInfractionEntity(infractionEntity);
        }

        RemitterEntity remitter = remitterRepository.save(remitterEntity);
admissionTicketEntity.setRemitterEntity(remitter);
    }
    if (vehicleRepeat) admissionTicketEntity.setVehicleEntity(vehicle);
    if (!internmentDTO.getAdmission_ticket().getNumber().isEmpty() ||
internmentDTO.getAdmission_ticket().getNumber() != null)

admissionTicketEntity.setNumber(Integer.parseInt(internmentDTO.getAdmission_ticket().ge
tNumber()));

```

```

        if (!internmentDTO.getAdmission_ticket().getObservations().isEmpty() ||
internmentDTO.getAdmission_ticket().getObservations() != null)

admissionTicketEntity.setObservations(internmentDTO.getAdmission_ticket().getObservatio
ns());

        if (!internmentDTO.getAdmission_ticket().getIn_charge().isEmpty() ||
internmentDTO.getAdmission_ticket().getIn_charge() != null)

admissionTicketEntity.setIn_charge(internmentDTO.getAdmission_ticket().getIn_charge());

        AdmissionTicketEntity admission =
admissionTicketRepository.save(admissionTicketEntity);

        internmentEntity.setAdmissionTicketEntity(admission);
    }

    return internmentRepository.save(internmentEntity);
}

@Override

public InternmentEntity getInternment(int id){

    return internmentRepository.findById(id).orElseThrow(() -> new
RuntimeException("No se encontro un internamiento con ese id"));

}

@Override

public InternmentEntity getInternmentByPlate(String plate){

    PlateEntity plateEntity = plateRepository.findByPlate(plate);

```

```

    if (plateEntity == null) return null;

    VehicleEntity vehicleEntity = vehicleRepository.findByPlateEntity(plateEntity);

    if (vehicleEntity == null) return null;

    InternmentEntity internmentEntity =
internmentRepository.findByVehicleEntity(vehicleEntity);

    if (internmentEntity == null) return null;

    return internmentEntity;
}

```

@Override

```

public Page<ListInternmentDTO> getListPageInternment(Pageable pageable, String
search){

    if (search.isEmpty()){

        Page<InternmentEntity> internmentEntities =
internmentRepository.findAll(pageable);

        Page<ListInternmentDTO> listInternmentDTOPage = mapDTO(internmentEntities,
pageable);

        return listInternmentDTOPage;

    }

    Page<InternmentEntity> internmentEntityPage =
internmentRepository.getListPageInternment(pageable,search);

    Page<ListInternmentDTO> listInternmentDTOPage = mapDTO(internmentEntityPage,
pageable);

    return listInternmentDTOPage;
}

```

```
}
```

```
@Override
```

```
public void deleteInterment(int id){
```

```
    intermentRepository.deleteById(id);
```

```
}
```

```
public Page<ListIntermentDTO> mapDTO(Page<IntermentEntity> intermentEntities,  
Pageable pageable){
```

```
    if (intermentEntities.getContent().isEmpty()) return null;
```

```
    List<ListIntermentDTO> listIntermentDTOList = new ArrayList<>();
```

```
    for (IntermentEntity intermentEntityPage :intermentEntities) {
```

```
        ListIntermentDTO listIntermentDTOS = new ListIntermentDTO();
```

```
        listIntermentDTOS.setId(intermentEntityPage.getId());
```

```
        if (intermentEntityPage.getVehicleEntity().getVehicleTypeEntity() != null)
```

```
listIntermentDTOS.setType(intermentEntityPage.getVehicleEntity().getVehicleTypeEntity  
().getName());
```

```
        if (intermentEntityPage.getVehicleEntity().getVehicleBrandEntity() != null)
```

```
listIntermentDTOS.setBrand(intermentEntityPage.getVehicleEntity().getVehicleBrandEnti  
ty().getBrand());
```

```
        if (intermentEntityPage.getVehicleEntity().getPlateEntity() != null)
```

```
listInternmentDTOS.setPlate(internmentEntityPage.getVehicleEntity().getPlateEntity().getPlate());
```

```
listInternmentDTOS.setNumber(internmentEntityPage.getAdmissionTicketEntity().getNumber());
```

```
listInternmentDTOList.add(listInternmentDTOS);
```

```
}
```

```
return new PageImpl<>(listInternmentDTOList, pageable, internmentEntities.getTotalElements());
```

```
}
```

```
}
```

```
*****
```

```
package com.proyect.sistvehiculosapi.Entity;
```

```
import lombok.AllArgsConstructor;
```

```
import lombok.Data;
```

```
import lombok.NoArgsConstructor;
import javax.persistence.*;
import java.sql.Date;
import java.sql.Time;

@Data
@Entity
@Table(name = "tainternment")
@AllArgsConstructor
@NoArgsConstructor
public class InternmentEntity {

    @Id
    @GeneratedValue(strategy = GenerationType.IDENTITY)
    private int id;

    private Date input_date;
    private Date output_date;
    private Time input_time;
    private Time output_time;

    @OneToOne
    @JoinColumn(name = "vehicle_id")
    private VehicleEntity vehicleEntity;
```

```
@OneToOne
```

```
@JoinColumn(name = "admission_ticket_id")
```

```
private AdmissionTicketEntity admissionTicketEntity;
```

```
private String freedom_number;
```

```
@OneToOne
```

```
@JoinColumn(name = "infraction_id")
```

```
private InfractionEntity infractionEntity;
```

```
}
```

Base de datos

