

**UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS**

**Inteligencia Artificial - SI404**

**Trabajo Final**

**SECCIÓN: CC63**

**DOCENTE: Cardenas Mariño, Flor Cagniy**

**Integrantes:**

* Camargo Ramírez, Enzo Fabricio (U202010122)
* Anco Galvez, Jorge Martin (U20191b984)
* Barrionuevo Gutiérrez, Daniel Ulises(U201922128)

**Lima - Perú**

**2023**

**Reconocimiento de placas vehiculares utilizando redes neuronales**

**Resumen:** Actualmente, el robo de vehículos se ha convertido en una modalidad preferente de hurto por parte de varias bandas criminales, quienes acechan en zonas específicas de ciertos distritos en donde la seguridad y/o vigilancia es poca o nula. Ello con el fin de esperar una oportunidad para llevarse un vehículo atractivo o decente para la posterior venta de sus partes, ya sea en robar uno estacionado en altas horas de la noche o robar a mano armada a plena luz del día, ambos casos se dan mayormente en zonas de poca concurrencia ciudadana o vigilancia policial. En este último caso, la seguridad y vida de las personas se ve amenazada por delincuentes que no dudarán en usar un arma de fuego si es que te resistes al robo con el fin de cumplir su objetivo. Para combatir esta problemática delictiva, hemos decidido realizar una aplicación, con ayuda de la Inteligencia Artificial, que reconozca y analice las placas vehiculares de los autos para comprobar si son vehículos robados, tenemos la idea que el algoritmo funcione en las videocámaras instaladas en los cruces de avenidas importantes para detectar un mayor número de vehículos.

1. **Introducción**

La gran cantidad de robos de vehículos ha desatado una enorme inseguridad en la población, ya que las personas temen perder sus autos que son una propiedad valiosa para ellos. Asimismo, las autoridades no toman cartas en el asunto inmediatamente, tampoco hacen algo por mejorar la seguridad en las zonas donde se producen más robos de vehículos. Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) informó que solo durante el 2021, 19 mil 991 vehículos fueron robados a nivel nacional. De esta cifra, 6.411 se registraron en Lima Metropolitana (Chumpitaz, 2022). Los vehículos robados son difíciles de rastrear y ubicar porque se logran camuflar en otras partes de la ciudad o realizan cambios visuales para dificultar su reconocimiento como el repintado o la implementación de artilugios en el exterior.

Entre las posibles soluciones para esta problemática, se ha optado por el desarrollo de un algoritmo que reconozca las placas vehiculares por medio del uso de redes neuronales. Por medio de la identificación de la placa del automóvil es que podremos conocer los documentos y datos del vehículo, así como comprobar si existe alguna denuncia o está comprobado que es un auto robado [3]. Nuestro objetivo principal es la implementación de un sistema de reconocimiento de matrículas vehiculares usando redes neuronales y el algoritmo de Backpropagation.

Recordemos que con el algoritmo de Backpropagation podemos entrenar redes neuronales, de forma que podemos ajustar los pesos en cada interacción para una mayor precisión y reducir el margen de error. Básicamente se aplica un patrón de entrada como estímulo y este se propaga desde la primera capa a través de las siguientes capas de la red hasta generar una salida (Mosquera; Martínez, 2018, pp. 24).

Cabe resaltar que a menor velocidad se podría hacer un mejor reconocimiento, he de ahí que la preferencia de la implementación de las cámaras son en los cruces de avenidas. Por ello, consideramos que el uso de deep learning resulta fundamental para la clasificación de datos obtenidos del dataset que haremos uso. El funcionamiento de un modelo de aprendizaje profundo se realiza mediante el bucle de aprendizaje y comienza con el ingreso de los datos, de los cuales se almacenará un número que representa lo que se hizo con ellos en lo que se conoce como peso o parámetros (Peñafiel, 2022, pp. 6).

1. **Estado del Arte**

**A) Reconocimiento de imágenes usando redes neuronales convolucionales**

En el artículo [2], gracias a los conceptos del deep learning se desarrolló un sistema de detección y reconocimiento automático de matrículas mediante imágenes con el uso de redes neuronales convencionales. El sistema que presentaron consta de 4 pasos fundamentales para su funcionamiento, la extracción de matrículas, el preprocesamiento de imágenes, la segmentación de personajes y el reconocimiento de personajes. Asimismo, al ser un paso complejo el reconocimiento de caracteres para identificar la placa del vehículo, usaron otros métodos además de las redes neuronales como MobileNet, Inception V3, Resnet 50. Tras obtener los resultados y comparar los métodos usados, se concluyó que el sistema planteado de reconocimiento de caracteres con redes neuronales convencionales obtuvo un mejor funcionamiento, con una precisión de 98,5% y una pérdida mínima de 4,25%. El sistema mencionado resulta ser el más eficiente para detectar la matrícula, por más que ésta se encuentre borrosa, con poca iluminación o de un tamaño reducido.

Para el caso del artículo [4], se utilizó también un sistema que usa un modelo de redes convolucionales, el objetivo planteado fue para reconocer las necesidades básicas de una persona mediante imágenes que representen una acción o una tarea. Para ello, se ofrecieron 10 voluntarios a participar en el estudio donde contribuyeron a la creación de un conjunto de datos, para el entrenamiento, prueba y validación del sistema. Entre los resultados, el sistema logró una precisión de entrenamiento entre el 64,34% y el 88,89% para los voluntarios individuales, mientras que obtuvo una precisión general de 78,32%. Lo que da a entender este estudio es la eficiencia del uso de algoritmos de deep learning, especialmente las redes neuronales convolucionales para clasificar señales de electroencefalograma.

En el artículo [8],se propone un modelo de detección de placas de automóviles por medio de redes neuronales convolucionales, para ello se hizo un etiquetado manual para ubicar la placa en la imagen e identificar los caracteres de esta misma. El proceso inicia con un dataset de 10 mil imágenes para su entrenamiento y validación. Se separan de forma aleatoria las imágenes, con el fin de que el sistema pueda identificar la matrícula sin importar la condición de la foto, como la iluminación o si se visualiza la placa de forma borrosa. Con la herramienta de código libre Imglabel se genera una plantilla XML con las coordenadas de la ubicación de la placa en cada imagen. Posterior a ello se realiza un nuevo entrenamiento donde se genera una nueva plantilla con las coordenadas de cada carácter, de ahí se recorta y se genera un dataset con las letras y números posibles. Finalmente se valida la precisión del modelo mediante pruebas. Los resultados se vieron reflejados con un 85% de precisión final del modelo, y que ello depende de la calidad y el tamaño de la placa vehicular en la imagen.

Según el artículo [7], el estudio que se realiza tiene como objetivo desarrollar el método de control de circuito cerrado para optimizar el control de las señales de tráfico, ello basándose en el control predictivo de modelos y en el reconocimiento de placas vehiculares. Al determinarse objetivos de control y un modelo de predicción de colas, se implementaría un modelo de optimización en línea y la compensación de retroalimentación. Ello con el fin de mejorar la temporalización de los semáforos y reducir el promedio de espera y parada de los vehículos, por medio de la recopilación de datos. Los resultados dados nos demuestran que el modelo puede restringir colas extensas y reducir el retraso en una intersección de semáforos. Además, el marco puede ser aplicado en centros locales de gestión de tráfico para mejorar el uso y la calidad de los semáforos.

**B) Uso de redes neuronales para identificación de matrículas**

Para el artículo [9], se propone un sistema de identificación de matrículas de vehículos con el uso de redes neuronales. El sistema se divide en los procesos de entrenamiento y reconocimiento, este último consiste en la localización de la placa dentro de la imagen presentada y la codificación de los símbolos segmentados. Por otra parte, el proceso de entrenamiento consiste en la creación de la base de datos y la ejecución de las redes neuronales multicapas. Se usaron 310 imágenes para el reconocimiento de placas, los resultados obtenidos nos muestran que en un 91.5% de las imágenes se han localizado correctamente la placa vehicular. Además, el correcto reconocimiento global de las placas se vio reflejado en un 91.2%, por lo que se puede concluir que el sistema propuesto ha funcionado de forma asertiva.

En el artículo [15] propone una solución a los problemas que se hayan al momento de detectar las placas de los vehículos tales como la confusión con señales de tráfico, vallas publicitarias, etc. La principal diferencia en esta solución es que usa una combinación de dos redes neuronales. La primera red filtra la matrícula mientras que la segunda detecta las matrículas precisas, el resultado final pasa al reconocimiento de caracteres. Como resultado la precisión promedio dio un 96.19% de aciertos a una velocidad de 405 fps.

El objetivo del artículo [14] es proporcionar una manera eficaz para el reconocimiento de los caracteres de las matrículas en situaciones complejas. La solución que se propuso es capaz de reconocer las placas borrosas por movimiento, factores ambientales, luz o múltiples circunstancias de tráfico. Para esto se hizo uso del algoritmo de Bernsen mejorado con análisis de componentes conectados. Finalmente, con la ayuda del modelo de Xception con aprendizaje por transferencia para reconocer las matrículas de los vehículos. Los resultados demuestran que la estrategia aplicada rinde efectivamente al momento de presentar complicaciones al momento de leer las placas.

El artículo [13] se tiene como propuesta implementar un prototipo del YOLOv5 más ligero llamado SG-YOLOv5, esto con el objetivo de obtener una detección rápida del casco y matrícula de bicicletas eléctricas. Para esto se propuso un método de supresión de falsedad basado en la escena para eliminar diferentes interferencias para ubicar las placas de los conductores sin casco. Asimismo, adoptaron un método de fusión de características reduciendo los parámetros y las operaciones de punto flotante. Los resultados mostraron que el YOLO propuesto reduciendo considerablemente el tamaño del archivo del modelo y mejorando los fps a más del doble.

**C) Uso de deep learning para el análisis de imágenes**

El objetivo del artículo [12] es presentar un método basado en aprendizaje profundo para el reconocimiento de placas vehiculares en múltiples escenarios, teniendo en cuenta diversos factores ambientales como la inclinación de la matrícula, el reflejo de la luz, los efectos de iluminación, el clima lluvioso y la baja calidad de imagen dificultan el reconocimiento preciso de las matrículas. Se hace uso del modelo de aprendizaje profundo YOLO para detectar matrículas sólidas en diferentes entornos y reconocer caracteres de forma rápida y precisa. El resultado obtenido muestra que el método que se propuso logra reconocer con precisión las matrículas incluso en situaciones complicadas.

En el caso del artículo [17], se propuso un sistema de reconocimiento de matrículas resistente a las condiciones climáticas, se usó redes neuronales Hopfield para su desarrollo. El modelo presentado tiene como principal método extraer los caracteres de la placa y buscar coincidencias de patrones. Para ello, hicieron uso de técnicas de operaciones morfológicas en imágenes y detección de bordes. Con este último, delimitaron la placa con un cuadro para identificar y revelar los caracteres de ella, además de ignorar y eliminar elementos como el polvo y la niebla. Para lograr su cometido, presentaron un modelo matemático el cual usaron imágenes con niebla para mejorar la suma de gradientes y, por lo tanto, obtener una mejor visibilidad en la muestra de la placa. Las principales ventajas del algoritmo que han propuesto se vieron reflejados en la alta velocidad del proceso del entrenamiento, una alta velocidad de respuesta y un considerable margen de precisión. Por ello, los resultados arrojaron un 97,1 % en la tasa de clasificación con tan solo 253 caracteres, caso contrario a una red neuronal convolucional que necesita un gran conjunto de datos de entrenamiento para tener un alto porcentaje de precisión.

En el artículo [18] se propone un método de detección de defectos de neumáticos utilizando deep learning. Para el trabajo se hizo uso de ShufeNet, utilizando una técnica para mejorar el algoritmo y detectar de una forma más eficiente las imágenes de neumáticos. Para los resultados, optaron por comparar con otros métodos como GoogleNet, VGGNet y ResNet a través de una verificación en la base de datos con las imágenes de los neumáticos. La tasa de detección tuvo una precisión del 94,7%, por lo que se demuestra la eficacia del algoritmo ShufeNet mejorado, lo que ayuda a reducir el tiempo de detección de defectos en neumáticos.

Para el artículo [19], se propone clasificar de forma automática las especias marinas por medio de imágenes utilizando deep learning. Para lograr su objetivo, requirieron desarrollar un proceso de mejora de imagen compuesto por una red residual convolucional, con el cual generarían imágenes provenientes de un conjunto del dataset. Las imágenes generadas obtuvieron valores altos de SSIM y PSNR si las comparamos con el dataset original. En cuanto a los resultados, se obtuvo un 66,44% de precisión, que posteriormente se mejoró a un 82,91% bajo la curva ROC. Los autores mencionan que los resultados obtenidos son prometedores y completamente superiores a los del dataset, por lo que la estrategia resulta factible para identificar la especie marina correspondiente de la imagen.

**C) Uso de otros algoritmos para el reconocimiento de imágenes**

Para el artículo [16] se propusieron desarrollar un sistema basado en IoT que reconozca e identifique las matrículas vehiculares con una alta precisión, ello a través del procesamiento de imágenes. Para realizar el proceso, se dividió en tres etapas, preprocesamiento, segmentación y carácter de reconocimiento. Las principales técnicas que usaron para lograr su objetivo fueron la localización de los bordes de la matrícula para su posterior enmascaramiento. Para el experimento se usó un dataset conformado por 200 imágenes, cuyos resultados fueron sobresalientes, ya que el modelo propuesto tuvo un 93% de precisión en el reconocimiento de las matrículas. Asimismo, se implementaron prototipos con el uso de cámaras ESP32 y Raspberry-PI, dando un mejor rendimiento en el sistema. Ello se enlazó a una base de datos y a un sitio web con el fin de que los usuarios que utilicen el sistema puedan ingresar el número de matrícula y encontrar la ubicación exacta del vehículo.

En el artículo [20], se propuso un modelo de machine learning para automatizar vehículos y detectar sus matrículas. El principal reto que se plantearon fue la detección de objetos para eliminar las sombras presentes y que no interfieran en el proceso. Otro paso fundamental fue la identificación del tipo de objetos que se detectaron en los sistemas inteligentes de transporte, ello con el fin de dar un mayor enfoque, ya que el sistema entrena con varios tipos de vehículos, en los que influyen su apariencia, color o morfología. Por ello, se plantea un método para reconocer la placa de la matrícula utilizando técnicas de correlación de texto y dilatación de bordes. Los resultados demuestran que el algoritmo implementado tuvo un 92% de precisión en la clasificación del vehículo mostrado.

El objetivo del artículo [1], se propone un sistema de detección de vehículos en forma según la forma, tiempo y movimiento con el uso del algoritmo YOLOv5. Para el estudio se optó por analizar 134 imágenes de vehículos de vehículos para detectar números y colores para el proceso de detección y reconocimiento. Entre los resultados, quedó demostrado que la detección de objetos mediante el algoritmo YOLOv5 produce una precisión superior que usando aprendizaje profundo y redes neuronales convencionales. Los valores mostrados se deben en base a la distancia del vehículo a la cámara. Por lo tanto, mientras más lejos se encuentre el vehículo, va a existir un mayor grado de disparidad y menor profundidad en la imagen.

1. **Estudio Autodirigido**
   1. **Deep learning**

El aprendizaje profundo, o también conocido como deep learning, es una rama del aprendizaje automático (machine learning) que se enfoca en el desarrollo de algoritmos y modelos computacionales que permiten a una máquina aprender a realizar tareas complejas a partir de grandes cantidades de datos. En el aprendizaje profundo, se utilizan redes neuronales artificiales con múltiples capas de procesamiento para extraer características relevantes de los datos y realizar predicciones o clasificaciones precisas.

En el artículo [10] menciona que se tienen dos etapas: etapa de extracción de características, consta de crear la jerarquía que se seguirá teniendo en cuenta el origen de los datos iniciales. Mientras que en la segunda etapa, llamada etapa de transformación de características, se seleccionan los distintivos provenientes de niveles altos y se les aplica una transformación para que la salida sea la esperada por el sistema.

* 1. **Machine learning**

El aprendizaje automático o machine learning es una rama de la inteligencia artificial (IA) que se enfoca en el desarrollo de algoritmos y modelos computacionales que permiten a una máquina aprender a realizar tareas específicas a partir de datos sin ser programada explícitamente. El objetivo del aprendizaje automático es enseñar a las máquinas a reconocer patrones en los datos y utilizar esa información para hacer predicciones o tomar decisiones.

* 1. **Redes neuronales**

Las redes neuronales son un método de la inteligencia artificial que emula el comportamiento del cerebro humano, caracterizado por el aprendizaje a través de la experiencia y la extracción de conocimiento genérico a partir de un conjunto de datos. Estas ayudan a las computadoras a tomar decisiones inteligentes con asistencia humana limitada, ya que crean un sistema adaptable que las computadoras utilizan para aprender de sus errores y mejorar continuamente.

Por su potencial para reconocer patrones de información las redes neuronales han sido desde hace décadas herramientas para resolver problemas en cualquiera de los niveles del procesamiento de imágenes. Esto debido a que las imágenes digitales contienen mucha información difícil de interpretar por una máquina [11].

1. **Aporte**
2. **Datos de entrada**

En este proyecto contaremos con la implementación de 3 dataset. El primero sería uno con imágenes de letras en diferentes perspectivas, así cuando el código obtenga una placa vehicular, este pueda reconocer sin problema el contenido de estas, este tiene que ser el dataset más amplio ya que de eso depende el entrenamiento de la red neuronal convolucional. El siguiente dataset sería de imágenes de placas vehiculares las cuales serían tratadas primero por la librería OpenCV, la cual se usa para el tratamiento de imágenes. Por último, tenemos el dataset de la información que se obtiene al leer las placas vehiculares, esta estaría conformada por la placa vehicular, Nombre de titular, marca del auto, año del auto, si tiene alguna multa, y saber si el carro es robado o no.

|  |  |
| --- | --- |
| Atributo | Descripción |
| Número de placa | Serie de caracteres del vehículo |
| Nombre del titular | Nombre del dueño o titular del vehículo |
| Marca | Marca a la que pertenece el vehículo |
| Año | Año de creación del vehículo |
| Multa | Si el vehículo está asociado a alguna multa |
| Robado | Si el vehículo actualmente se encuentra robado |

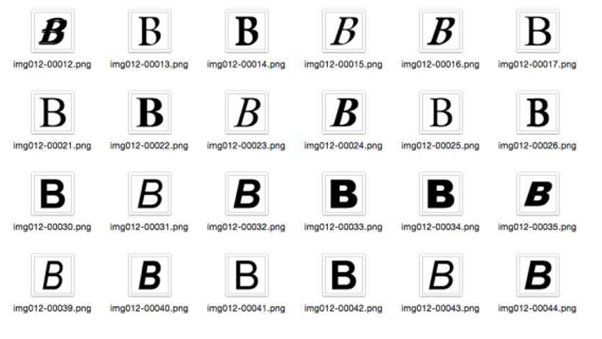


Imagen referencial de cómo sería un dataset de imágenes de las palabras para entrenar la red neuronal.

**Pre-procesamiento para la lectura de placas vehiculares.**



Imagen referencial de placa vehicular.



Imagen convertida a escala de grises.



Uso de thresholding para segmentar la imagen, esto servirá para que solo use los colores de negro y blanco.



Por último determinamos las regiones de nuestro interés, que serían las letras y números que próximamente se ingresarán a la red neuronal entrenada y determinará la matrícula.

**BIBLIOGRAFÍA**

[1] Amelia Afritha, Zarlis Muhammad, Suherman, Efendi Syahril. “Vehicle detection system based on shape, color, and time-motion” (2023)

[2] M.A. Jawale, P. William, A.B. Pawar, Nikhil Marriwala. “Implementation of number plate detection system for vehicle registration using IOT and recognition using CNN” (2023)

[3] Asma Abdulelah, Fouad Shaker. “Distinguishing license plate numbers using discrete wavelet transform technology based deep learning” (2023)

[4] Nader Rahman. “A deep learning-based brain-computer interaction system for speech and motor impairment” (2023)

[5] Mantas Kundrotas, Jurate Janutenaite, Dmitrij Sesok. “Two-Step Algorithm for License Plate Identification Using Deep Neural Networks” (2023)

[6] Fahd Sultan, Khurram Khan, Yasir Ali, Mohsin Shahzad, Uzair Khan, Zahid Mahmood. “Towards Automatic License Plate Recognition in Challenging Conditions” (2023)

[7] Li Ruimin, Wang Shi, Jiao Pengpeng, Lin Shichao. “Traffic control optimization strategy based on license plate recognition data” (2021)

[8] Eduardo Barbecho, Martín Zhindon. “Diseño de un algoritmo de reconocimiento de placas vehiculares ecuatorianas usando redes neuronales convolucionales” (2020)

[9] N. Vásquez, M. Nakano, H. Pérez-Meana. “Automatic system for localization and recognition of vehicle plate numbers” (2022)

[10] Bryan Oswaldo. “Implementación de redes neuronales para identificar elementos gráficos” (2023)

[11] Juan Ramírez, Mario Chacón. “Redes neuronales artificiales para el procesamiento de imágenes, una revisión de la última década” (2011)

[12] Ahn Hyochang, Cho Han-Jin. “Research of automatic recognition of car license plates based on deep learning for convergence traffic control system” (2020)

[13] Chenyang Wei, Zhao Tan, Qixiang Quing, Rong Zeng, Guilin Wen. “Fast Helmet and License Plate Detection Based on Lightweight YOLOv5” (2023)

[14] Anmol Pattanaik, Rakesh Balabantaray. “Enhancement of license plate recognition performance using Xception with Mish activation function” (2022)

[15] Mantas Kundrotas, Juraté Januténaite-Bogdaniené, Dmitrij Sesok. “Two-Step Algorithm for License Plate Identification Using Deep Neural Networks” (2023)

[16] Mohammad Abdellatif, Noura Elshabasy, Ahmed Elashmawy, Mohamed Abdel. “A low cost IoT-based Arabic license plate recognition model for smart parking systems” (2023)

[17] Saman Rajebi, Siamak Pedrammehr, Reza Mohajerpoor. “A License Plate Recognition System with Robustness against Adverse Environmental Conditions Using Hopfield’s Neural Network” (2023)

[18] Shi-Lin. “Research on tire crack detection using image deep learning method” (2023)

[19] Vanesa Lopez, Jose Lopez, Damianos Chatzievangelou, Jacopo Aguzzi. “Deep learning based deep‐sea automatic image enhancement and animal species classification” (2023)

[20] S. Srividhya, C. Kavitha, Wen-Cheng Lai, Vinodhini Mani, Osamah Ibrahim. “A Machine Learning Algorithm to Automate Vehicle Classification and License Plate Detection” (2022)

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

* Chumpitaz, E. (2022). Bandas criminales roban 46 vehículos cada día. *La República.* Recuperado de: <https://larepublica.pe/sociedad/2022/10/30/seguridad-ciudadana-bandas-criminales-roban-46-vehiculos-cada-dia-pnp-delincuencia-san-juan-de-lurigancho-dirove-comas-ate-smp>
* Peñafiel, S. (2022). *Entrenamiento del modelo YOLO para detección de una placa vehicular previamente capturada en imagen o video y aplicación de OCR para obtención de sus caracteres* [Trabajo de Titulación, Universidad Católica del Ecuador]. Repositorio Académico PUCE. Recuperado de: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/21111/trabajoTitulacion.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
* Mosquera, A. & Martínez, J. (2018). *Reconocimiento óptico de caracteres en placas vehiculares haciendo uso de redes neuronales convolucionales* [Trabajo de Grado, Universidad Tecnológica de Pereira]. Repositorio Institucional UTP. Recuperado de: <https://hdl.handle.net/11059/10027>