



Facultad de Ciencias de la Administración

**Carrera de Ingeniería en Ciencias de la
Computación**

Diseño de un Prototipo de Visión Computacional
para la Detección de Vehículos en Áreas de
Estacionamiento Indebidas de la Universidad del
Azuay

**Trabajo de titulación previo a la obtención del
grado de Ingeniero en Ciencias de la
Computación**

Autor:

Bryan Alexander Juca Salinas

Director:

Ing. Marcos Patricio Orellana Cordero

Cuenca – Ecuador

2026

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, en especial a mi madre, por su apoyo incondicional, el esfuerzo constante por ayudarme a lograr esta meta propuesta. A mi familia por su apoyo y motivación.

Y a todas las personas, que de una u otra manera, contribuyeron para que esta meta pueda ser cumplida con éxito.

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a mi madre y familia, por el apoyo incondicional, comprensión y motivación constante durante este proceso académico. Expreso mi sincero agradecimiento a mi director de tesis, Marcos Patricio Orellana Cordero, por la guía, conocimientos y acompañamiento durante el desarrollo de este trabajo, de igual manera extendiendo mi agradecimiento al grupo del Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Informática LIDI, a las metodólogas de tesis y compañeros de la carrera por el apoyo brindado para la realización de esta tesis. Finalmente, agradezco a Universidad del Azuay por brindarme la formación académica y los recursos necesarios para la realización de este proyecto.

Índice de Contenidos

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
Índice de Contenidos.....	iii
Índice de Figuras.....	iv
Índice de Tablas	v
Índice de Anexos.....	vi
Resumen:	vii
Abstract:.....	vii
1. Introducción.....	1
2. Marco Teórico y Estado del Arte.....	2
2.1. Marco Teórico.....	2
2.2. Estado del Arte.....	11
3. Métodos.....	17
3.1. Entendimiento de la Problemática y Contexto de los Datos (Fases CRISP-DM: Comprensión del Negocio y Comprensión de los Datos)	18
3.2. Preparación de los Datos (Fase CRISP-DM: Preparación de los Datos)	19
3.3. Detección de Objetos y Modelado Usando YOLO (Fase CRISP-DM: Modelado) ...	36
3.4. Evaluación y Análisis de los Resultados de Detección (Fase CRISP-DM: Evaluación)	40
4. Resultados	43
4.1. Evaluación Humana	44
4.2. Análisis Temporal de los Datos Detectados	48
4.3. Análisis por Plazas de Estacionamiento	50
5. Discusión.....	53
6. Conclusiones	57
7. Referencias	58
8. Anexos.....	62
Anexo 1: Entrevistas	62
Anexo 2: Levantamiento de requerimientos	65

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Resultados comparativos de YOLO con otras técnicas</i>	6
Figura 2 Sistema de detección YOLO	7
Figura 3 Metodología CRISP-DM en formato SPEM	18
Figura 4 Parqueadero de la Facultad de Ciencia Y Tecnología - cámara uno.	20
Figura 5 Parqueadero de la Facultad de Ciencia y Tecnología - cámara dos.	21
Figura 6 Número de imágenes capturadas por día - cámara uno	22
Figura 7 Distribución de imágenes por hora - cámara uno	22
Figura 8 Región de interés para el análisis espacial de las plazas de parqueo.	24
Figura 9 Definición de la región de interés negativa de la cámara uno utilizada para la limpieza del conjunto de datos	24
Figura 10 Ejemplo de detección descartada en una imagen capturada por la cámara uno.	26
Figura 11 Clústeres detectados por DBSCAN de la cámara uno.	29
Figura 12 Construcción de una plaza de estacionamiento mediante Convex Hull y buffer adaptativo.	30
Figura 13 Clústeres de las placas detectados por DBSCAN en la cámara uno.	33
Figura 14 Estimación de dirección mediante PCA en la plaza 2 de la cámara uno.	34
Figura 15 Interfaz web para evaluación humana	42
Figura 16 Distribución porcentual de detecciones vehiculares.	43
Figura 17 Matriz de confusión	44
Figura 18 Matriz de confusión - Cámara uno	47
Figura 19 Matriz de confusión - Cámara dos	48
Figura 20 Distribución de estados por hora del día	49
Figura 21 Distribución de estados por días de captura	49
Figura 22 Estados por plaza - cámara uno	50
Figura 23 Estados por plaza - cámara dos	51
Figura 24 Ángulos de desviación por clase	52

Índice de Tablas

Tabla 1	Estudios más influyentes con la problemática	15
Tabla 2	Descripción general de los conjuntos de datos	21
Tabla 3	Parámetros de configuración del modelo YOLOv26s para la detección de vehículos en la ROI negativa.	25
Tabla 4	Resumen del proceso de limpieza del conjunto de datos	26
Tabla 5	Parámetros de configuración del modelo YOLOv12l para la detección de vehículos en el montaje experimental	27
Tabla 6	Atributos espaciales calculados por detección vehicular	28
Tabla 7	Parámetros de configuración del modelo Fine-Tuned para detección de placas vehiculares.	31
Tabla 8	Clases de posicionamiento vehicular y umbrales de clasificación.	35
Tabla 9	Campos del archivo CSV de estados generado por el pipeline de inferencia.	39
Tabla 10	Composición de la muestra de evaluación.	41
Tabla 11	Categorías de evaluación humana.....	41
Tabla 12	Muestra representativa del cálculo de Fleiss k - cámara uno	44
Tabla 13	Muestra representativa del cálculo de Fleiss k - cámara dos.....	45
Tabla 14	Métricas de desempeño del modelo por clase de posicionamiento	46
Tabla 15	Definición de umbrales por plazas de estacionamiento	52
Tabla 16	Requisitos funcionales (RF)	66
Tabla 17	Requisitos no funcionales (RNF).....	67
Tabla 18	Matriz problema-requisito	67

Índice de Anexos

Anexo 1: Entrevistas	62
Anexo 2: Levantamiento de requerimientos	65

Resumen:

El estacionamiento indebido en campus universitarios reduce la capacidad efectiva de los parqueaderos, genera congestión vehicular que en la Universidad del Azuay se gestiona únicamente mediante supervisión manual. Este estudio propone un prototipo de visión computacional para la detección y clasificación automática de vehículos estacionados en zonas indebidas de la Facultad de Ciencia y Tecnología, sin requerir infraestructura adicional. Fundamentado en la arquitectura YOLO y técnicas de análisis estadístico, el sistema integra un pipeline modular que combina detección de vehículos mediante YOLOv12, detección de placas mediante un modelo *Fine-Tuned* basado en YOLOv11, segmentación espacial de plazas mediante DBSCAN, estimación de orientación de referencia por plaza mediante PCA y definición de umbrales de clasificación adaptativos mediante la Desviación Absoluta Mediana (MAD), clasificando cada vehículo en tres categorías: Bien Estacionado, Estacionamiento Irregular y Mal Estacionado. El sistema procesó 12,272 imágenes generando 36,808 detecciones vehiculares, de las cuales el 78.52% correspondió a vehículos Bien Estacionados, el 12.96% a Estacionamiento Irregular y el 8.52% a Mal Estacionado. La evaluación humana con tres evaluadores sobre 226 vehículos registró un *Accuracy* de 82.88% y un coeficiente Kappa ponderado de Cohen de 0.56, con un *Recall* de 0.92 para la clase Mal estacionado. El coeficiente de Fleiss $k = 0.31$ evidencia la dificultad de clasificación debido a la naturaleza visual. Los resultados demuestran la viabilidad del enfoque propuesto como base para un sistema de monitoreo automatizado del estacionamiento universitario.

Palabras clave: aparcamiento, campus universitario, DBSCAN, detección vehicular, inteligencia artificial, visión computacional, YOLO.

Abstract:

Improper parking on university campuses reduces the effective capacity of parking lots and generates vehicular congestion, which at the University of Azuay is managed solely through manual supervision. This study proposes a computer vision prototype for the automatic detection and classification of vehicles parked in improper areas of the Faculty of Science and Technology, without requiring additional infrastructure. Based on the YOLO architecture and statistical analysis techniques, the system integrates a modular pipeline that combines vehicle detection using YOLOv12, license plate detection using a Fine-Tuned model based on YOLOv11, spatial parking space segmentation using DBSCAN, reference orientation estimation per parking space using PCA, and the definition of adaptive classification thresholds using Median Absolute Deviation (MAD), classifying each vehicle into three categories: Well Parked, Irregular Parking, and Poorly Parked. The system processed 12,272 images, generating 36,808 vehicle detections, of which 78.52% corresponded to Well Parked vehicles, 12.96% to Irregular Parking, and 8.52% to Poorly Parked. Human evaluation with three evaluators over 226 vehicles recorded an Accuracy of 82.88% and a weighted Cohen's Kappa coefficient of 0.56, with a Recall of 0.92 for the Poorly Parked class. The Fleiss' k coefficient = 0.31 evidences the difficulty of classification due to its visual nature. The results demonstrate the feasibility of the proposed approach as a basis for an automated university parking monitoring system.

Keywords: artificial intelligence, computer vision, DBSCAN, parking, university campus, vehicle detection, YOLO.