



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE TELEMÁTICA

Trabajo de Integración Curricular
previa la obtención del Grado
Académico de Ingeniera
Telemática.

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

**“GESTIÓN INTELIGENTE DEL TRÁFICO VEHICULAR EN EL
PARQUEADERO DEL CAMPUS ING. MANUEL HAZ ÁLVAREZ DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO”**

AUTORA:

SOLANGE ISABELA VILLARROEL INTRIAGO

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

ING. ÁNGEL IVÁN TORRES QUIJIJE, M. Sc.

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2024

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS



Yo, **Solange Isabela Villarroel Intriago**, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Solange Isabela Villarroel Intriago

C.I: 094268515-7



CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

El suscrito, **Ing. Ángel Iván Torres Quijije**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Solange Isabela Villarroel Intriago**, realizó el Proyecto de integración curricular de grado titulado: **“Gestión inteligente del tráfico vehicular en el parqueadero del campus Ing. Manuel Haz Álvarez de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.”** previo a la obtención del título de **Ingeniera Telemática**, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Ing. Ángel Iván Torres Quijije, M. Sc.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

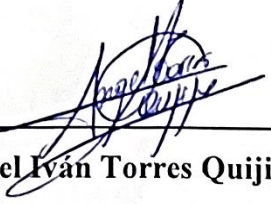


CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

El suscrito, **Ing. Ángel Iván Torres Quijije**, mediante el presente cumpla en presentar a usted, el informe de proyecto de investigación titulado **“GESTIÓN INTELIGENTE DEL TRÁFICO VEHICULAR EN EL PARQUEADERO DEL CAMPUS ING. MANUEL HAZ ÁLVAREZ DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO.”**, Presentado por la estudiante **SOLANGE ISABELA VILLARROEL INTRIAGO** egresada de la carrera Telemática, que fue revisado bajo mi dirección según resolución del Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, que se ha desarrollado de acuerdo al Reglamento de la Unidad de Integración Curricular de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y cumple con el requerimiento de análisis de COMPILATIO el cual avala los niveles de originalidad en un 98% y similitud 2%, del trabajo investigativo. Valido este documento para que la estudiante siga con los trámites pertinentes, de acuerdo como lo establece el Reglamento.

Se adjunta imagen del sistema COMPILATIO.

CERTIFICADO DE ANÁLISIS		
Tesis- Solange Villarroel		
2% Textos sospechosos		2% Similitudes + En similitudes entre consultas + En entre las fuentes consultadas + En Al menos no reconocidas
Nombre del documento: Tesis- Solange Villarroel.pdf ID del documento: 31e0b557ca80978e442e215e40eb638a705c0 Tamaño del documento original: 2,15 MB Autores: []	Deposita: ANGEL IVAN TORRES QUIJJE Fecha de depósito: 12/11/2024 Tipo de carga: Interface Fecha de fin de análisis: 12/11/2024	Número de palabras: 14.154 Número de caracteres: 93.888
Ubicación de las similitudes en el documento: 		


Ing. Ángel Iván Torres Quijije, M. Sc.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE TELEMÁTICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“Gestión inteligente del tráfico vehicular en el parqueadero del campus Ing. Manuel
Haz Álvarez de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo”

Presentado al Consejo Directivo de Facultad como requisito previo a la obtención del
título de Ingeniera en Telemática.

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL
Ing. Néstor Rafael Salinas Buestan, M. Sc

MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Ing. Anthony Limber Morán Cabezas, M. Sc

MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Ing. Paola Maribel Benitez Navarrete, M. Sc

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2024

AGRADECIMIENTO

Primero, agradezco a Dios por darme la fortaleza y las bendiciones necesarias para completar esta etapa tan importante de mi vida. A mi padre, Wilmer Villarroel, quien ha sido mi pilar fundamental, siempre apoyándome en mis estudios e inculcándome la importancia de tener una profesión. A mi pareja, el Ing. Bryan Fuentes, por su apoyo incondicional y por estar a mi lado en cada paso de este camino.

Extiendo también mi sincero agradecimiento al Ing. Iván Torres, mi director de proyecto de integración curricular, por su orientación, paciencia y sabios consejos durante todo el proceso de este trabajo. Asimismo, gracias al Ing. Rafael Salinas por su apoyo y valiosa contribución en la culminación de este proyecto.

A todos ustedes, gracias por ser parte de este logro.

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía y darme la fuerza para llegar hasta aquí. A mi padre, Wilmer Villarroel, por su amor y apoyo incondicional durante cada etapa de mi vida. A mi pareja, Bryan Fuentes, por estar a mi lado en este viaje y brindarme su respaldo constante. Y, con todo mi corazón, a mi bebé Briselle, que viene en camino y que ya es una gran motivación en mi vida.

Dedico también este logro a mis hermanos, Wilman, Anny, Ana, y Analy, por ser mi inspiración y sostén. A mi muchita, a todos mis tíos y primos por sus sabios consejos, y a aquellos que siempre han estado para mí con su cariño y apoyo.

Finalmente, a mis amigos Holger, Kevin, Arturo, Julius, Wladimir, Jorge, y Jhon, con quienes compartí esos cinco años de carrera. Gracias a todos por ser parte de este viaje y contribuir a este logro.

RESUMEN EJECUTIVO Y PALABRAS CLAVES

El presente proyecto, titulado "Gestión inteligente del tráfico vehicular en el parqueadero del campus Ing. Manuel Haz Álvarez de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ)", tiene como objetivo principal resolver los problemas de congestión vehicular a través de la implementación de un sistema inteligente. Para ello, se empleó el modelo de visión artificial YOLOv8, el cual fue entrenado para detectar y gestionar en tiempo real los espacios de estacionamiento disponibles. Dicho sistema, desarrollado sobre una Raspberry Pi 4, permite visualizar la disponibilidad de espacios en un monitor, lo que mejora significativamente la fluidez vehicular y reduce la congestión. Además, la investigación analiza los factores que contribuyen al problema, complementando con una discusión detallada sobre las tecnologías, dispositivos electrónicos y herramientas más idóneas para optimizar el flujo de tráfico en el campus.

Palabras clave: gestión inteligente, tráfico vehicular, visión artificial, YOLOv8, Raspberry pi 4, parqueadero.

ABSTRACT AND KEYWORDS

The present project, titled "Intelligent Traffic Management in the Parking Lot of the Ing. Manuel Haz Álvarez Campus at the Technical State University of Quevedo (UTEQ)", aims to address vehicle congestion issues through the implementation of an intelligent system. For this purpose, the YOLOv8 computer vision model was employed, which was trained to detect and manage available parking spaces in real time. This system, developed using a Raspberry Pi 4, allows for the visualization of available spaces on a monitor, significantly improving traffic flow and reducing congestion. Additionally, the research analyzes the factors contributing to the problem, along with a detailed discussion of the most suitable technologies, electronic devices, and tools to optimize traffic flow on campus.

Keywords: intelligent management, vehicle traffic, computer vision, YOLOv8, Raspberry Pi 4, parking lot.

TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO	iv
CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
RESUMEN EJECUTIVO Y PALABRAS CLAVES	viii
ABSTRACT AND KEYWORDS	ix
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
CÓDIGO DUBLÍN	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I:	4
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.1. Problema de investigación	5
1.1.1. Planteamiento del problema	5
Diagnóstico	5
Pronóstico	5
1.1.2. Formulación del problema	6
1.1.3. Sistematización del problema	6
1.2. Objetivos	6
1.2.1. Objetivo General	6
1.2.2. Objetivos Específicos	6
1.3. Justificación	7
CAPÍTULO II:	8
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	8
2.1. Marco referencial	9
2.2.2. Investigaciones nacionales	10
2.2. Marco conceptual	11
2.2.1. Control inteligente del tráfico	11
2.2.3. Soluciones de gestión de parqueadero para instituciones educativas	12

2.2.4. Internet de las cosas (IoT)	12
2.2.5. Sensores de presión	13
2.2.6. Sensores ultrasónicos.....	13
2.2.7. Visión artificial	14
2.2.8. Sensores de identificación por radiofrecuencia (RFID)	16
2.2.9. Sistemas de LiDAR	16
2.2.10. Arduino	16
2.2.11. Raspberry Pi 4	17
2.2.12. ESP32	17
2.2.13. Firebase de google	17
2.2.14. Detección de objetos "You Only Look Once" (YOLO).....	19
2.3. Marco legal.....	21
2.3.1. Ley orgánica de telecomunicaciones	21
2.3.2. Regulación centros de información y aplicaciones en red de internet.....	21
2.3.3. Ley de comercio electrónico y mensajes de datos.....	22
2.3.4. Regulación de uso de tecnologías y cámaras.....	22
CAPÍTULO III:	24
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	24
3.1. Localización.....	25
3.2.1. Investigación aplicada	25
3.2.2. Investigación bibliográfica	26
3.3. Métodos de investigación	26
3.3.1. Método cualitativo.....	26
3.4. Fuentes de recopilación de información	26
3.4.1. Fuentes primarias:.....	26
3.4.2. Fuentes secundarias:	26
3.4.3. Fuentes terciarias:	27
3.5. Diseño de la investigación.....	27
Fase 1: Revisión bibliográfica	27
Fase 2: Diagnóstico del estado actual.....	27
Fase 3: Análisis y determinación de tecnologías a usar en el sistema.....	27
Fase 4: Desarrollo e implementación del sistema	27
3.6. Instrumentos de investigación	28
3.7. Recursos humano y materiales	28

3.7.1. Recursos humanos	28
3.7.3. Recursos financieros.....	29
CAPÍTULO IV	30
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1. Resultados.....	31
4.1.1. Factores que contribuyen al congestionamiento.....	31
4.1.2. Herramientas tecnológicas a implementar.....	40
4.1.3. Desarrollo del sistema inteligente.....	43
4.2. Discusión	52
4.2.1. Discusión con trabajos relacionados.....	53
CAPÍTULO V	55
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	55
5.1. Conclusiones:	56
5.2. Recomendaciones:	56
CAPÍTULO VI:	58
BIBLIOGRAFÍA	58
Bibliografía.....	59
CAPÍTULO VII:	63
ANEXOS	63
Anexo 1	64
Anexo 2	65
Anexo 3	66
Anexo 4	67
Anexo 5	68
Anexo 6	69

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Registro del tráfico vehicular	11
Ilustración 2. Sensores de presión.....	13
Ilustración 3. Sensores ultrasónicos	14
Ilustración 4. Primeros pasos en firebase.....	18
Ilustración 5. Crea tu proyecto	18
Ilustración 6. Configura tu proyecto	19
Ilustración 7. Ubicación geográfica donde se realizó el proyecto	25
Ilustración 8. Resultado de tipos de usuarios.....	31
Ilustración 9. Resultado pregunta 1.....	32
Ilustración 10. Resultado pregunta 2.....	32
Ilustración 11. Resultado pregunta 3.....	33
Ilustración 12. Resultado pregunta 4.....	34
Ilustración 13. Resultados de pregunta 5	34
Ilustración 14. Resultado pregunta 6.....	35
Ilustración 15. Resultado pregunta 7.....	36
Ilustración 16. Resultado pregunta 8.....	36
Ilustración 17. Resultado pregunta 9.....	37
Ilustración 18. Resultado pregunta 10.....	38
Ilustración 19. Diagrama de bloques.....	40
Ilustración 20. Diseño planimétrico del parqueadero	43
Ilustración 21. Etiquetado de las imágenes para el entrenamiento	44
Ilustración 22. Estructura del dataset	45
Ilustración 23. Archivo de configuración del dataset .yaml.....	45
Ilustración 24. Verificación de ultralytics utilizando Yolo v8	46
Ilustración 25. Inicio del entrenamiento del modelo Yolo v8 Epoch 1/100	47
Ilustración 26. Fin del entrenamiento del modelo Yolo v8 Epoch 100/100	47
Ilustración 27. Parqueadero UTEQ primera prueba.....	48
Ilustración 28. Resultados de la primera validación	48
Ilustración 29. Parqueadero UTEQ segunda prueba.....	49
Ilustración 30. Resultados de la segunda prueba de validación	49
Ilustración 31. Parqueadero UTEQ cuarta prueba	50
Ilustración 32. Parqueadero UTEQ tercera prueba	50
Ilustración 33. Aplicación Web del Sistema inteligente	51
Ilustración 34. Sistema inteligente de monitoreo en tiempo real	51
Ilustración 35. Permiso de uso del parqueadero.....	64
Ilustración 36. Información de usuarios del parqueadero	65
Ilustración 37. Prueba de funcionamiento de cámara	66
Ilustración 38. Prueba de ubicación de cámara.....	67
Ilustración 39. Ubicación de cámara.....	68
Ilustración 40. Funcionamiento del sistema.....	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Código Dublín	xv
Tabla 2. Entrada de datos.....	40
Tabla 3. Núcleo del sistema.....	41
Tabla 4. Visualización de resultados	42

CÓDIGO DUBLÍN

Tabla 1. Código Dublín

Título:	GESTIÓN INTELIGENTE DEL TRÁFICO VEHICULAR EN EL PARQUEADERO DEL CAMPUS ING. MANUEL HAZ ÁLVAREZ DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO.		
Autores:	<u>Solange Isabela Villarroel Intriago</u>		
Palabras clave:	gestión inteligente	tráfico vehicular	visión artificial
	YOLO v8	Raspberry pi4	parqueadero
Fecha de publicación:	Noviembre del 2024		
Editorial:	Universidad Técnica Estatal de Quevedo		
Resumen:	El presente proyecto, titulado "Gestión inteligente del tráfico vehicular en el parqueadero del campus Ing. Manuel Haz Álvarez de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ)", tiene como objetivo principal resolver los problemas de congestión vehicular a través de la implementación de un sistema inteligente. Para ello, se empleó el modelo de visión artificial YOLOv8, el cual fue entrenado para detectar y gestionar en tiempo real los espacios de estacionamiento disponibles. Dicho sistema, desarrollado sobre una Raspberry Pi 4, permite visualizar la disponibilidad de espacios en un monitor, lo que mejora significativamente la fluidez vehicular y reduce la congestión. Además, la investigación analiza los factores que contribuyen al problema, complementando con una discusión detallada sobre las tecnologías, dispositivos electrónicos y herramientas más idóneas para optimizar el flujo de tráfico en el campus.		
Abstract:	This project present titled "Intelligent Traffic Management in the Parking Lot of the Ing. Manuel Haz Álvarez Campus at the Technical State University of Quevedo (UTEQ)" aims to address vehicle congestion issues through the implementation of an intelligent system. The YOLOv8 computer vision model was trained to detect and manage real-time available parking spaces. The system, developed using a Raspberry Pi 4, displays available parking spots on a monitor, significantly improving traffic flow and reducing congestion. The research includes an analysis of contributing factors to the parking issue, as well as a discussion of the most suitable technologies for optimizing traffic flow on campus.		
Descripción:	83 hojas: dimensiones 29x21 cm		
URI:			

INTRODUCCIÓN

En la dinámica y tecnológicamente avanzada sociedad actual, se buscan constantemente soluciones que simplifiquen y optimicen las tareas cotidianas. Uno de los ámbitos donde estas demandas son más evidentes es en la gestión del tráfico vehicular y el uso eficiente de los espacios de estacionamiento. En muchas ciudades alrededor del mundo, la congestión vehicular y la escasez de espacios de estacionamiento son problemas críticos que afectan la movilidad. En América Latina, y particularmente en Ecuador, estos desafíos también son notorios.

La planificación urbana moderna se enfoca cada vez más en la implementación de soluciones inteligentes que promuevan una movilidad sostenible y eficiente. En Estados Unidos (EE. UU.) la gestión inteligente de parqueaderos mediante el Internet de las Cosas (IoT) permiten la monitorización en tiempo real del estado del parqueadero [1]. En Alemania, las torres automatizadas optimizan el estacionamiento [2]. En los Países Bajos, se gestiona eficientemente el espacio limitado mediante un sistema automatizado, y en Japón, la tecnología automatizada con inteligencia artificial (IA) maximiza el uso del espacio disponible [3]. Estos sistemas que optimizan el flujo vehicular, representan un avance importante en la gestión urbana.

En Ecuador, se desarrolló un prototipo de sistema de parqueo inteligente para la Facultad de Informática y Electrónica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, empleando tecnologías basadas en IoT. El sistema utiliza sensores ultrasónicos y redes inalámbricas para monitorear en tiempo real las plazas de aparcamiento, permitiendo la visualización y reserva de espacios a través de una aplicación web [4]. Este enfoque demuestra la viabilidad de soluciones tecnológicas locales para optimizar la gestión de estacionamientos.

La gestión del tráfico vehicular en parqueaderos universitarios es un desafío común, siendo clave un flujo óptimo para asegurar movilidad y comodidad de la comunidad estudiantil, académica y administrativa. En el campus Ing. Manuel Haz Álvarez de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), la ausencia de una gestión eficiente ha generado congestión y un uso inadecuado del espacio disponible.

El presente proyecto de investigación se enfocó en la implementación de un sistema inteligente para gestionar el flujo de tráfico vehicular en el parqueadero del campus Ing. Manuel Haz Álvarez de la UTEQ. La propuesta buscó disminuir la congestión vehicular

y optimizar la movilidad mediante el uso de tecnologías avanzadas. Este estudio se llevó a cabo en Quevedo, Provincia de Los Ríos, Ecuador, y contó con la guía y supervisión del Ing. Ángel Iván Torres Quijije, M.Sc., quien aportó sus conocimientos y experiencia para asegurar la calidad y el cumplimiento de los objetivos propuestos.

El presente documento está organizado en VII capítulos que abordan distintos aspectos relacionados con el proyecto de investigación.

En el Capítulo I, titulado "Contextualización de la Investigación", se aborda la problemática que motiva este proyecto. Se presenta la formulación y sistematización del problema, destacando los desafíos y limitaciones identificados en el contexto actual del parqueadero del campus Ing. Manuel Haz Álvarez de la UTEQ. Se examinan los factores que contribuyen a la congestión vehicular en el parqueadero, incluyendo las prácticas de gestión actuales. Además, se exponen los objetivos generales y específicos que guiarán el desarrollo de la investigación. Asimismo, se brinda una justificación clara y fundamentada sobre la importancia y relevancia de abordar esta problemática, tanto para la comunidad universitaria como para la optimización de los recursos y el espacio del campus.

El Capítulo II, denominado "Fundamentación Teórica de la Investigación", constituye un pilar fundamental para comprender el marco teórico en el cual se sustenta el proyecto. Explora y analiza el marco referencial, conceptual y legal, abordando temas relacionados con tecnologías aplicables a la gestión inteligente del tráfico vehicular, la optimización de espacios de estacionamiento y las experiencias previas en la implementación de sistemas similares. Se revisan diversos dispositivos electrónicos como sensores, cámaras, visión artificial, microcontroladores y más, evaluando su pertinencia y aplicabilidad en el contexto del parqueadero universitario. Además, se citan fuentes confiables y proporcionando referencias bibliográficas para respaldar la fundamentación teórica, asegurando una base sólida para la propuesta de implementación del sistema inteligente de gestión del tráfico vehicular en el campus de la UTEQ.

El Capítulo III, nombrado "Metodología de la investigación" se centra en la metodología aplicada para llevar a cabo el proyecto de gestión inteligente del tráfico vehicular en el parqueadero del campus Ing. Manuel Haz Álvarez de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Describe la localización del estudio, los tipos de investigación utilizados (aplicada, bibliográfica y descriptiva), los métodos de investigación (cuantitativos y

cualitativos), así como las fuentes de recopilación de información, diseño de la investigación, y los recursos humanos y materiales necesarios para el desarrollo e implementación del sistema propuesto.

En el Capítulo IV, el contenido presenta los resultados y la discusión de los objetivos del estudio. Primero, fueron identificados los factores que contribuyen a la congestión en el parqueadero del campus, como la señalización deficiente y la capacidad limitada. Luego, se determinó que la combinación de cámaras entrenada con visión artificial YOLOv8 y Raspberry Pi constituye la opción tecnológica más adecuada para gestionar el tráfico vehicular. Finalmente, fue desarrollado un sistema inteligente que muestra en un monitor los espacios disponibles en tiempo real, mejorando significativamente la fluidez y reduciendo la congestión en el parqueadero.

El capítulo V presenta conclusiones y recomendaciones basadas en los resultados del proyecto de investigación sobre el sistema de gestión del tráfico vehicular en el parqueadero del Campus Ing. Manuel Haz Álvarez de la UTEQ.

El capítulo VI, titulado Bibliografía, reúne las fuentes clave consultadas para el proyecto de investigación. Incluye artículos académicos, estudios técnicos y trabajos relevantes sobre gestión de tráfico y sistemas de estacionamiento inteligente. Esta sección establece el fundamento teórico y práctico del proyecto, ofreciendo una base sólida para las soluciones implementadas y permitiendo a los lectores profundizar en la literatura que respalda la investigación.

El Capítulo VII, titulado Anexos, presenta la documentación complementaria clave para respaldar el proyecto. Incluye el permiso otorgado por el Vicerrectorado Administrativo para el desarrollo del sistema inteligente, así como el número total de usuarios del parqueadero en la planta baja. Además, se anexan fotografías que muestran la implementación del sistema en dicho lugar.

CAPÍTULO I:
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

El campus Ing. Manuel Haz Álvarez de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ) enfrenta desafíos significativos en la gestión del tráfico vehicular en su parqueadero. Actualmente, la ausencia de un sistema que optimice y gestione de manera eficiente los flujos de vehículos ha llevado a una utilización ineficiente del espacio disponible y a un aumento en la frustración de la comunidad universitaria. Además, la falta de información en tiempo real sobre la disponibilidad de espacios contribuye a la congestión y al caos en el parqueadero.

En este contexto, se planteó la necesidad de realizar pruebas para implementar un sistema de gestión inteligente del tráfico vehicular que integre herramientas tecnológicas avanzadas, en una sección del parqueadero en planta baja con el cual se esperó mejorar la movilidad, la eficiencia en el uso del espacio y la satisfacción de los usuarios en el parqueadero del campus.

Diagnóstico

El parqueadero del campus Ing. Manuel Haz Álvarez de la UTEQ presenta varios problemas críticos en la gestión del tráfico vehicular. La falta de un sistema eficiente ha dado lugar a congestiones frecuentes, largos tiempos de espera y una asignación ineficiente de espacios de estacionamiento. Actualmente, la gestión se realiza de manera manual y reactiva, lo que no permite una optimización adecuada del flujo vehicular. La carencia de herramientas tecnológicas avanzadas y estrategias de optimización, junto con la ausencia de información en tiempo real sobre la disponibilidad de espacios, agrava la situación, generando frustración y caos entre los usuarios del parqueadero.

Pronóstico

La implementación de una gestión inteligente del tráfico vehicular en el parqueadero del campus Ing. Manuel Haz Álvarez de la UTEQ promete abordar estos desafíos de manera efectiva mediante el uso de herramientas tecnológicas avanzadas. Se espera mejorar significativamente la movilidad y la eficiencia en el uso del espacio de estacionamiento. Este enfoque tecnológico permitirá reducir los tiempos de espera y disminuir la congestión vehicular. Además, la recopilación y análisis de datos proporcionará información valiosa para la toma de decisiones futuras y la mejora continua del sistema.

de gestión del tráfico vehicular en el campus. En conclusión, se espera que las pruebas de implementación de este trabajo de integración curricular tengan un impacto positivo tanto a corto como a largo plazo en la comunidad universitaria, mejorando la experiencia de los usuarios y optimizando el uso de los recursos disponibles.

1.1.2. Formulación del problema

El problema que se plantea en este proyecto es:

¿Cómo se puede gestionar de manera inteligente el tráfico vehicular en el parqueadero del campus Ing. Manuel Haz Álvarez de la UTEQ para mejorar la movilidad vehicular?

1.1.3. Sistematización del problema

La sistematización del problema se puede formular en las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son los principales factores que contribuyen a la congestión en el parqueadero del campus Ing. Manuel Haz Álvarez de la UTEQ según la percepción de los usuarios?
- ¿Qué herramientas tecnológicas son más adecuadas para el sistema inteligente, considerando los parámetros de mayor relevancia?
- ¿Cómo se puede desarrollar un sistema inteligente para la visualización en tiempo real de espacios disponibles en el parqueadero del campus Ing. Manuel Haz Álvarez de la UTEQ?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Implementar un sistema inteligente para gestionar el flujo de tráfico vehicular en el parqueadero del campus Ing. Manuel Haz Álvarez de la UTEQ, basado en procesamiento de imágenes.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Identificar los principales factores que contribuyen a la congestión en el parqueadero del campus Ing. Manuel Haz Álvarez de la UTEQ mediante una encuesta a los usuarios para la recopilación de información.
- Seleccionar las herramientas tecnológicas más adecuadas, comparando parámetros de mayor relevancia para el sistema inteligente.

- Desarrollar un sistema inteligente en el parqueadero del campus Ing. Manuel Haz Álvarez de la UTEQ, utilizando las herramientas tecnológicas seleccionadas para la visualización en tiempo real de espacios disponibles.

1.3. Justificación

La justificación de este proyecto de investigación radica en la necesidad de gestionar de manera eficiente el tráfico vehicular en el parqueadero del campus Ing. Manuel Haz Álvarez de la UTEQ. Una movilidad eficiente dentro del parqueadero es esencial para garantizar un ambiente seguro y ordenado para estudiantes, docentes, personal administrativo y visitantes. Actualmente, la congestión vehicular y los largos tiempos de espera afectan negativamente la satisfacción de los usuarios al utilizar esta área.

La implementación de un sistema inteligente con herramientas tecnológicas avanzadas promete mejorar significativamente la sostenibilidad y la eficiencia en el uso del espacio. Al optimizar la asignación de espacios de estacionamiento y reducir los tiempos de búsqueda, se minimiza el consumo innecesario de combustible y las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas con la circulación constante en busca de un lugar para estacionar. Esto se alinea con los objetivos de la universidad en términos de responsabilidad ambiental y desarrollo sostenible.

Además, la implementación de una gestión inteligente del tráfico vehicular en el parqueadero del campus puede servir como un ejemplo para otras instituciones educativas y organizaciones en la región. Al demostrar los beneficios de estas tecnologías, se puede fomentar su adopción más amplia en otros entornos, contribuyendo así a una movilidad más eficiente y sostenible en la comunidad en general.

Este trabajo de integración curricular se justifica por la necesidad de mejorar la movilidad, la eficiencia y la sostenibilidad en el parqueadero del campus universitario. Al mismo tiempo, establece un precedente para la adopción de soluciones innovadoras en la gestión del tráfico vehicular en la región. La implementación y evaluación de este sistema proporcionarán información valiosa para futuros desarrollos en el área, así como para la toma de decisiones estratégicas por parte de la universidad y otras instituciones interesadas en optimizar sus recursos y mejorar la experiencia de sus usuarios.

CAPÍTULO II:
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco referencial

El marco referencial de esta investigación se centra en la revisión y análisis de estudios previos y tecnologías aplicadas en la gestión inteligente del tráfico vehicular en estacionamientos. Este análisis incluye investigaciones internacionales que han abordado problemas similares, así como las tecnologías y estrategias utilizadas para optimizar la movilidad y eficiencia en el uso del espacio de estacionamiento.

2.2.1. Investigaciones internacionales

2.2.1.1. " SFPark: Aparcamiento inteligente en San Francisco ".

SFPark es una iniciativa lanzada por la ciudad de San Francisco para gestionar el estacionamiento en áreas urbanas congestionadas. El proyecto utiliza sensores inalámbricos para monitorear la ocupación de los espacios de estacionamiento y ajustar las tarifas en tiempo real. Los datos recopilados por los sensores son accesibles a través de una aplicación móvil, que informa a los conductores sobre la disponibilidad de espacios y las tarifas actuales. Este proyecto ha demostrado una reducción significativa en la congestión y una mejora en la eficiencia del uso del espacio de estacionamiento [5].

2.2.1.2. " IoT based smart parking system using deep long short memory network ".

La congestión del tráfico es uno de los problemas de transporte urbano más destacados, ya que provoca un alto consumo de energía y contaminación del aire. La falta de espacios de estacionamiento libres es una de las principales causas de los atascos. La congestión y el estacionamiento están interrelacionados porque la búsqueda de un lugar libre crea demoras adicionales y aumenta la circulación local. En el centro de las grandes ciudades, el 10% del tráfico se debe a la búsqueda de estacionamiento, con conductores que pasan casi 20 minutos buscando un espacio libre. Por lo tanto, es necesario desarrollar un sistema de predicción de disponibilidad de estacionamiento que pueda informar a los conductores con anticipación sobre la ocupación de los estacionamientos según la ubicación, el día y la hora. En este artículo, proponen un marco basado en una red profunda de memoria a largo plazo (LSTM) para predecir la disponibilidad de espacios de estacionamiento, integrando el IoT, la tecnología en la nube y redes de sensores [6].

2.2.2. Investigaciones nacionales

2.2.2.1. "Diseño de un prototipo de sistema de parqueo inteligente para el edificio de la fie utilizando tecnologías basado en el internet de las cosas".

El objetivo del trabajo de titulación fue diseñar un prototipo de sistema de parqueo inteligente para el edificio de la Facultad de Informática y Electrónica (FIE) de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) utilizando tecnologías basadas en el Internet de las Cosas (IoT). El prototipo consiste en una red inalámbrica que emplea tarjetas de desarrollo Arduino y Nodemcu, conformada por dos nodos: el sensor y el recolector de datos, que monitorean en tiempo real el estado de las plazas de aparcamiento del parqueadero de la FIE. Se utilizaron sensores ultrasónicos para detectar la presencia de vehículos, enviando señales al Arduino ubicado en el nodo sensor. Los datos se transmiten al nodo recolector mediante tecnología Bluetooth con topología maestro-esclavo y se envían al servidor K2S01(FL-US) a través de Wi-Fi. Los datos se visualizan en tiempo real en una aplicación web, permitiendo a los usuarios reservar una plaza de aparcamiento. Las pruebas demostraron que el sistema tiene un error absoluto de +/- 1 cm en las mediciones de distancia y una repetitividad de datos no mayor al 1%, sin pérdida de paquetes en la interconexión con la plataforma IoT [4].

2.2.2.2. "Diseño de un sistema de parqueo inteligente para el centro histórico de la ciudad de Cuenca, aplicando una red LPWAN".

El presente trabajo de titulación aborda la problemática del aumento del tráfico y la restricción de movilidad en las grandes ciudades, proponiendo el diseño de un sistema de parqueo inteligente para mejorar el tráfico en el centro histórico de la ciudad de Cuenca. Este sistema se basa en tecnologías inalámbricas de gran alcance y bajo consumo de energía, específicamente en Redes de área amplia de bajo consumo (LPWAN), que cumplen satisfactoriamente con estos requerimientos para luego proceder con una revisión de conceptos sobre el Internet de las Cosas, redes de sensores inalámbricos, redes LPWAN, la tecnología de larga distancia (LoRa) y la red de área amplia de larga distancia (LoRaWAN), y estado del arte de implementaciones de sistemas de parqueo en el mundo, tomando en cuenta detalles sobre la delimitación e identificación de zonas de parqueo en el centro histórico, tecnologías utilizadas, algoritmo de optimización, seguridad, funcionamiento y planificación de la red [7].

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Control inteligente del tráfico

El crecimiento de la población y la densidad del tráfico exigen enfoques innovadores en la planificación urbana. La gestión inteligente del tráfico no solo mejora la movilidad y la seguridad, sino que también contribuye a la protección del medio ambiente. Con la tecnología adecuada de sensores y sistemas de información y análisis, es posible gestionar el tráfico de manera más eficaz y segura [8].

2.2.1.1. Solución de registro del tráfico.

Phoenix Contact, en colaboración con Fraunhofer IOSB-INA, ha desarrollado la Smart Road Interface, un sistema inteligente que optimiza el flujo de tráfico mediante el registro anónimo de flujos vehiculares y su evaluación con inteligencia artificial. Los datos obtenidos, que incluyen tipos de vehículos, cantidad y direcciones de circulación, se transmiten en tiempo real a sistemas de control o directamente a los usuarios. Esto permite el control inteligente de semáforos, reduciendo los tiempos de viaje y disminuyendo las emisiones de CO₂. Además, mediante sensores y sistemas avanzados de análisis, previsión e información, las carreteras se integran en la gestión del tráfico a través de una red de comunicaciones, mejorando la calidad de vida en las ciudades al optimizar los flujos de tráfico y reducir el impacto ambiental y el consumo de energía. Todo el proceso cumple con las normativas de protección de datos al registrar el tráfico de manera anónima [9].

Ilustración 1. Registro del tráfico vehicular



Autor: Fabian Pasimeni

Fuente: Gestión del tráfico inteligente | Phoenix Contact

2.2.2. Gestión del tráfico con IA

En un mundo que busca ser más sostenible, la movilidad urbana enfrenta grandes desafíos relacionados con la congestión y la contaminación. La inteligencia artificial (IA) se presenta como una solución clave al mejorar la gestión del tráfico mediante el análisis en tiempo real de datos provenientes de sensores y cámaras, lo que permite ajustar semáforos y señales según las condiciones. Esto reduce los tiempos de espera, el ralentí de los vehículos, ahorra combustible y disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero. A medida que la IA continúa desarrollándose, se espera una reducción significativa de la congestión, mejoras en la calidad del aire y una mayor accesibilidad a opciones de transporte sostenible. En los próximos años, el impacto positivo de la IA en el medio ambiente y la calidad de vida será cada vez más evidente, transformando cómo nos movemos y vivimos en nuestras comunidades [10].

2.2.3. Soluciones de gestión de parqueadero para instituciones educativas

El estacionamiento es un desafío importante en las instituciones educativas debido al elevado número de estudiantes y empleados que necesitan estacionar sus vehículos diariamente. Entre los principales problemas se encuentran la congestión del tráfico, el desorden en la gestión de espacios y la seguridad. Para abordar estos problemas, se proponen varias soluciones: reducir la congestión al minimizar el tiempo de búsqueda de estacionamiento, mejorar la organización del flujo vehicular y la gestión del estacionamiento, y garantizar la seguridad de los usuarios. Además, se puede implementar el uso compartido de llaves digitales mediante aplicaciones móviles y reservar estacionamientos especiales para padres con niños pequeños, ofreciendo una solución más inclusiva y eficiente [11].

2.2.4. Internet de las cosas (IoT)

La IoT se basa en sistemas de dispositivos físicos capaces de recibir y transmitir datos a través de redes inalámbricas con mínima intervención humana. Esto es posible gracias a la incorporación de dispositivos informáticos en una amplia variedad de objetos cotidianos, desde electrodomésticos hasta vehículos. A través de esta conectividad, el IoT permite que los dispositivos intercambien información y trabajen de manera coordinada para mejorar la eficiencia y automatizar tareas en diversos ámbitos [12].

2.2.4.1. Funcionamiento de IoT.

El funcionamiento del IoT se caracteriza por un ciclo continuo de envío, recepción y análisis de datos. Un ejemplo es un termostato inteligente que recibe información de la ubicación de un automóvil conectado, permitiendo ajustar la temperatura del hogar, aunque el usuario no esté presente. Dependiendo de la tecnología utilizada, los datos recopilados pueden ser procesados de forma casi inmediata por personas, sistemas de inteligencia artificial o aprendizaje automático, o pueden ser analizados a lo largo de un periodo de tiempo determinado, optimizando la toma de decisiones [12].

2.2.5. Sensores de presión

Un sensor de presión es un dispositivo que incluye un elemento encargado de detectar la presión aplicada, utilizando diversos principios de medición. Este sensor, además, cuenta con otros componentes que transforman la información obtenida en una señal de salida [13].

Ilustración 2. Sensores de presión



Autor: HBM

Fuente: [¿Qué es un sensor de presión? | HBM](#)

2.2.6. Sensores ultrasónicos

Un sensor ultrasónico, también conocido como ultrasonido, detecta la distancia de un objeto utilizando ondas sonoras de alta frecuencia, inaudibles para el oído humano, para evitar molestias. Estas ondas tienen frecuencias superiores a 20 kHz, que es el límite de audición humana. El sensor emite una señal de sonido que rebota en el objeto y regresa

al sensor. Midiendo el tiempo que tarda en regresar la señal, el sensor calcula la distancia del objeto mediante fórmulas matemáticas [14].

Ilustración 3. Sensores ultrasónicos



Autor: MADE

*Fuente: Sensor Ultrasónico HC-SR04 con código de programación Arduino.
(electronicamade.com)*

2.2.7. Visión artificial

La visión artificial surge con el objetivo de brindar a las máquinas un sistema visual que les permita automatizar el proceso de percepción visual a través del procesamiento de imágenes digitales. Este campo multidisciplinario implica la integración de diversas ciencias como matemáticas, física, ingeniería eléctrica, electrónica, robótica e informática. La visión por computadora, en particular, se define como el proceso de extraer, caracterizar e interpretar información de imágenes bidimensionales para comprender el mundo tridimensional [15].

La visión artificial, también conocida como visión por computadora, persigue la reproducción de la capacidad perceptiva de ciertos organismos para procesar imágenes, interpretar su contenido y ejecutar acciones correspondientes. Este campo se fundamenta en algoritmos y técnicas de procesamiento de imágenes que permiten el análisis y la extracción de información visual con el fin de tomar decisiones o realizar acciones en entornos virtuales o del mundo real [16]. En este contexto, se emplean métodos de reconocimiento de patrones, aprendizaje automático y procesamiento de señales para desarrollar sistemas capaces de comprender y responder de manera automatizada a estímulos visuales, lo cual encuentra aplicaciones en diversos campos como la robótica, la medicina, la seguridad, entre otros.

Los organismos vivos, incluido el ser humano, tienen la habilidad de capturar la luz mediante los ojos, y esta información se transmite a través del nervio óptico al cerebro para su procesamiento. Se argumenta que, en el proceso de visión, el primer paso implica la identificación y detección de elementos simples en la imagen, como segmentos y arcos, con el fin de descomponerla. Posteriormente, el cerebro interpreta la escena y realiza acciones correspondientes en función de esta interpretación [17].

2.2.7.1. Entrenamiento de una cámara con visión artificial.

Entrenar una cámara con visión artificial para detectar objetos implica usar técnicas de aprendizaje profundo (deep learning), que enseña a un sistema de IA a interpretar y analizar imágenes o videos capturados por la cámara. El proceso incluye recopilar y etiquetar datos de imágenes, seleccionar y configurar un modelo de red neuronal, entrenar el modelo con los datos, y finalmente ajustar y evaluar su rendimiento para garantizar una detección precisa de los objetos [18].

Recopilación de datos:

Se recopilan muchas imágenes o videos que representan las situaciones o los objetos que la cámara debe reconocer. Estos datos deben ser variados y representativos del entorno real.

Etiquetado de imágenes:

Las imágenes o videos recopilados se etiquetan manualmente para identificar los objetos o características de interés. Usa herramientas de etiquetado como LabelImg o RectLabel para dibujar cuadros delimitadores alrededor de los objetos en las imágenes. Debes indicar qué objeto está presente en cada cuadro.

Modelo de detección y entrenamiento:

Para entrenar una cámara con visión artificial en la detección de objetos, se elige un modelo de red neuronal, como YOLO, SSD o Faster R-CNN. Se puede usar un modelo pre entrenado y aplicar ajuste fino con un conjunto de datos personalizado. El entrenamiento utiliza aprendizaje profundo y redes neuronales convolucionales (CNN) para ajustar el modelo a fin de que reconozca patrones en las imágenes etiquetadas.

Implementación de la cámara:

Después de entrenar y evaluar el modelo, se implementa en la cámara o sistema de visión artificial integrándose con el software para procesar imágenes en tiempo real. Dependiendo del uso, puede ser necesario optimizar el modelo para que funcione eficientemente en dispositivos con recursos limitados.

2.2.8. Sensores de identificación por radiofrecuencia (RFID)

La Identificación por Radiofrecuencia (RFID) es una tecnología que utiliza ondas de radio para identificar y rastrear objetos, animales o personas de manera automática y sin contacto físico. Este sistema se compone de etiquetas RFID con un chip y una antena para almacenar y transmitir información, lectores RFID que capturan los datos de las etiquetas, y un sistema de procesamiento que interpreta la información recibida. RFID se emplea en diversas áreas como gestión de inventarios, seguimiento de activos y control de acceso [19].

2.2.9. Sistemas de LiDAR

Los sistemas LIDAR (Light Detection and Ranging) son tecnologías de detección que utilizan pulsos de luz láser para medir distancias y crear imágenes tridimensionales del entorno. Estos sistemas emiten pulsos de láser hacia un objetivo y miden el tiempo que tardan en reflejarse y regresar al sensor. La información recopilada se utiliza para calcular la distancia entre el sensor y el objeto, generando datos precisos sobre la forma, tamaño y ubicación de los objetos en el entorno. Los sistemas LIDAR se aplican en diversas áreas, como mapeo topográfico, navegación autónoma de vehículos, y en la creación de modelos digitales del terreno [20].

2.2.10. Arduino

Arduino es una plataforma de hardware libre utilizada para desarrollar proyectos electrónicos interactivos. Consiste en una placa con un microcontrolador programable y pines de entrada y salida que permiten conectar sensores y actuadores, facilitando la creación de dispositivos electrónicos. Tanto el hardware como el software de Arduino son de libre acceso, lo que fomenta la colaboración y la innovación en la comunidad. Usando un entorno de desarrollo integrado (IDE) basado en Processing, es ideal para

proyectos educativos y sistemas de automatización, siendo popular por su facilidad de uso y versatilidad [21].

2.2.11. Raspberry Pi 4

Es un microordenador compacto y económico diseñado para ser versátil y accesible. Tiene un procesador ARM Cortex-A72 de cuatro núcleos a 1.5 GHz, versiones con 2GB, 4GB o 8GB de RAM, conectividad Wi-Fi, Bluetooth, puertos USB y Ethernet, y soporta vídeo en 4K a través de dos puertos micro-HDMI. Utiliza tarjetas microSD para almacenamiento y sistema operativo. Es comúnmente usado como ordenador de escritorio, centro multimedia, en proyectos DIY de automatización y robótica, o como servidor. También es una herramienta educativa popular para aprender programación y electrónica, ampliamente utilizada en la comunidad "maker" [22].

2.2.12. ESP32

Es un microcontrolador de bajo coste y consumo desarrollado por Espressif Systems, muy utilizado en proyectos de IoT por sus capacidades avanzadas. Integra un procesador Tensilica Xtensa LX6 de doble núcleo (hasta 240 MHz), conectividad Wi-Fi (802.11 b/g/n) y Bluetooth v4.2/BLE. Dispone de 520 KB de RAM, 448 KB de ROM y múltiples interfaces periféricas, como 34 pines GPIO, ADC de 12 bits, DAC de 8 bits y sensores táctiles. Es ideal para aplicaciones de IoT, dispositivos portátiles y sistemas de automatización, siendo una herramienta versátil para desarrolladores y entusiastas de la electrónica [23].

2.2.13. Firebase de google

Firebase es una plataforma en la nube desarrollada por Google que se utiliza para crear aplicaciones web y móviles de manera más eficiente. Fue adquirida por Google en 2014 y ha evolucionado desde su inicio como una base de datos en tiempo real. Firebase ofrece una variedad de herramientas y servicios que simplifican el desarrollo de aplicaciones y abarca cuatro áreas principales: desarrollo, crecimiento, monetización y análisis. Su objetivo principal es acelerar el proceso de desarrollo de aplicaciones y simplificar la gestión del backend, permitiendo a los desarrolladores centrarse en la calidad y funcionalidad de sus aplicaciones en lugar de en la infraestructura subyacente [24].

2.2.13.1. Configuración de firebase.

Crea una cuenta de Firebase: Si todavía no se dispone de una cuenta de Firebase, nos registramos en Firebase utilizando una cuenta de Google.

Ilustración 4. Primeros pasos en firebase



Autor: Firebase

Fuente: Capturada de firebase

Crea un proyecto: Desde la consola de Firebase, procedemos a crear un nuevo proyecto y se le asigna un nombre descriptivo. Esto servirá como contenedor para tus aplicaciones y datos relacionados.

Ilustración 5. Crea tu proyecto



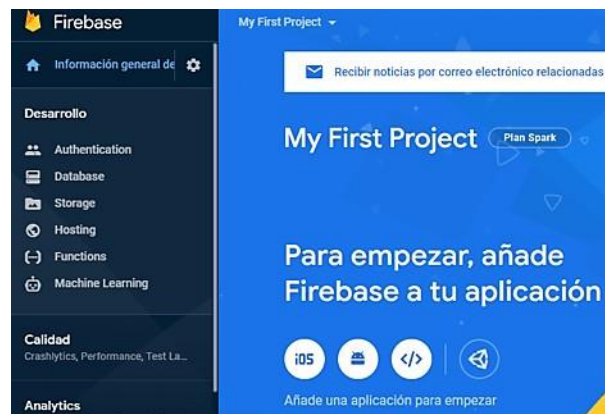
Autor: Firebase

Fuente: Capturada de firebase

Configura tu proyecto: Una vez creado el proyecto, Firebase nos guiará para realizar algunas configuraciones iniciales. Esto incluirá la habilitación de servicios como Firebase

Realtime Database, Firebase Authentication, etc. Y solo seguimos las instrucciones en pantalla.

Ilustración 6. Configura tu proyecto



Autor: Firebase

Fuente: Capturada de firebase

Obtén las credenciales: En la configuración del proyecto, vamos a "Configuración del proyecto" y luego a "Cuentas de servicio." Aquí, podremos descargar un archivo JSON que contiene las credenciales del proyecto.

2.2.13.4. Presentación de datos en tiempo real con firebase.

Una de las funciones más destacadas y esenciales de Firebase es su Realtime Database. Esta herramienta se basa en bases de datos en tiempo real alojadas en la nube y utiliza un enfoque NoSQL para almacenar datos en formato JSON. La característica principal de esta base de datos es su capacidad para mantener los datos de una aplicación actualizados en tiempo real, incluso si un usuario no está interactuando activamente con la aplicación.

Firebase automáticamente envía eventos a las aplicaciones cuando los datos cambian, asegurando que los datos se mantengan actualizados en los dispositivos de los usuarios. Incluso en situaciones donde no hay conexión a Internet, Firebase almacena los datos localmente y los sincroniza automáticamente cuando se restablece la conexión, garantizando que los usuarios siempre tengan acceso a la información más reciente [24].

2.2.14. Detección de objetos "You Only Look Once" (YOLO)

You Only Look Once (YOLO) es un algoritmo avanzado de detección de objetos en tiempo real que utiliza una única red neuronal convolucional (CNN) para analizar toda la imagen de una vez. Trata la detección de objetos como un problema de regresión,

generando cajas delimitadoras y asignando probabilidades a cada objeto identificado en la imagen. Este enfoque permite que YOLO sea extremadamente rápido y eficiente, ideal para aplicaciones que requieren identificar y localizar objetos simultáneamente en tiempo real [25].

2.2.14.1. Diseño de red YOLO.

El diseño de la red YOLO se basa en una red neuronal convolucional con 24 capas convolucionales y 2 capas completamente conectadas, inspirada en el modelo GoogLeNet. A diferencia de GoogLeNet, YOLO usa capas de reducción 1x1 seguidas de capas convolucionales 3x3. También se desarrolló una versión rápida, Fast YOLO, que reduce el número de capas convolucionales a 9 para mejorar la velocidad, manteniendo los mismos parámetros de entrenamiento y prueba que el modelo completo. Ambas versiones se evaluaron en el conjunto de datos PASCAL VOC para detección de objetos [26].

2.2.14.2. Versiones de YOLO.

Cada versión de YOLO ha aportado mejoras significativas en la detección de objetos, adaptándose a diversas necesidades y aplicaciones a lo largo del tiempo [27].

- YOLO (2015) introdujo la detección de objetos en una sola pasada de la imagen. YOLO9000 (2016) mejoró la precisión y detectó más de 9000 clases de objetos.
- YOLOv2 (2017) optimizó aún más la precisión y velocidad, mientras que Fast YOLO (2017) fue una versión más rápida pero menos precisa.
- YOLOv3 (2018) mejoró la arquitectura de la red, aumentando la precisión.
- YOLOv4 (2020), desarrollado por otro equipo, mejoró la precisión y velocidad, y YOLOv5 (2020) de Ultralytics se destacó por su facilidad de uso.
- YOLOR (2021) combinó características de YOLO y otros modelos.
- YOLOv6 (2022) fue diseñado para aplicaciones industriales, y YOLOv7 (2022) mejoró la segmentación y estimación de poses humanas.
- YOLOv8 (2023), la última versión de Ultralytics, incluye detección, segmentación y seguimiento de objetos.

2.2.14.2.1. YOLOv8.

YOLOv8 es la versión más reciente de la serie de detectores de objetos YOLO, reconocida por su alto rendimiento en precisión y velocidad para detección en tiempo

real. Aprovechando los avances de versiones anteriores, YOLOv8 incorpora innovaciones y optimizaciones que lo consolidan como una opción excelente para tareas de detección de objetos en una amplia variedad de aplicaciones. YOLOv8 incorpora arquitecturas avanzadas en su red troncal y cabezal, mejorando la extracción de características y la detección de objetos. Su diseño sin anclas aumenta la precisión y la eficiencia del proceso, equilibrando de forma óptima la velocidad y la precisión, lo que lo hace ideal para detección en tiempo real en diversas aplicaciones. Además, ofrece múltiples modelos preentrenados adaptables a diferentes necesidades y casos de uso[28].

2.3. Marco legal

2.3.1. Ley orgánica de telecomunicaciones

Artículo 11.

El Artículo 11 de la ley establece los requisitos para el establecimiento y la explotación de redes públicas de telecomunicaciones. En este contexto, se subraya la necesidad de obtener un título habilitante de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones para llevar a cabo estas actividades. Los operadores de estas redes están obligados a cumplir con planes técnicos, normas y reglamentos específicos que rigen la implementación y operación de la red, asegurando así su interoperabilidad con otras redes públicas de telecomunicaciones. La regulación integral de este proceso está a cargo de la mencionada agencia, que tiene la responsabilidad de establecer las normativas necesarias para garantizar el adecuado funcionamiento y la cohesión del sistema en su totalidad [29].

2.3.2. Regulación centros de información y aplicaciones en red de internet

Se establecen las normativas para locales que ofrecen acceso público a la información y aplicaciones a través de la red de internet. A continuación, se parafrasean los artículos más relevantes:

Artículo 2:

Queda prohibida la prestación de servicios de telecomunicaciones sin la debida autorización o convenio de reventa registrado según la legislación vigente [30].

Artículo 3:

Los centros pueden ofrecer servicios de voz sobre internet sujeto a regulación, pero con restricciones, limitándose al tráfico internacional saliente. Se establece la necesidad de un certificado de registro para aquellos que ofrezcan este servicio [30].

2.3.3. Ley de comercio electrónico y mensajes de datos

La Ley de Comercio Electrónico, Firmas Electrónicas y Mensajes de Datos, en particular, en su Artículo 3 que trata sobre la Incorporación por Remisión, establece el reconocimiento de la validez jurídica de la información que no esté directamente contenida en un mensaje de datos, siempre y cuando aparezca en el mismo como remisión o anexo accesible mediante un enlace electrónico directo. Es esencial que el contenido de esta información sea conocido y aceptado expresamente por las partes involucradas para que tenga validez [31].

2.3.4. Regulación de uso de tecnologías y cámaras

En Ecuador, el uso de tecnologías en parqueaderos, como cámaras de seguridad, sistemas de control de acceso y otros dispositivos, está regulado para garantizar la seguridad y la privacidad de las personas. Aquí hay algunos aspectos clave:

Justificación y Transparencia

La implementación de tecnologías de vigilancia, como cámaras de seguridad, debe estar justificada y los usuarios deben ser informados sobre su presencia y propósito [32], [33]. Esto es crucial para proteger la privacidad de las personas.

Protección de la Privacidad

Las cámaras y otros dispositivos no deben colocarse en áreas que comprometan la intimidad, como baños o vestidores [33]. Además, los datos recopilados deben ser manejados de manera segura y solo para los fines establecidos.

Regulación del Uso de Datos

La información capturada por estas tecnologías debe ser protegida conforme a las leyes de protección de datos personales. Esto incluye la obligación de no compartir datos sin el consentimiento de las personas afectadas [32].

Responsabilidad de los Administradores

Los administradores de los parqueaderos deben asegurarse de que las tecnologías utilizadas cumplan con las normativas vigentes y que cualquier queja sobre la invasión de privacidad sea atendida adecuadamente [33].

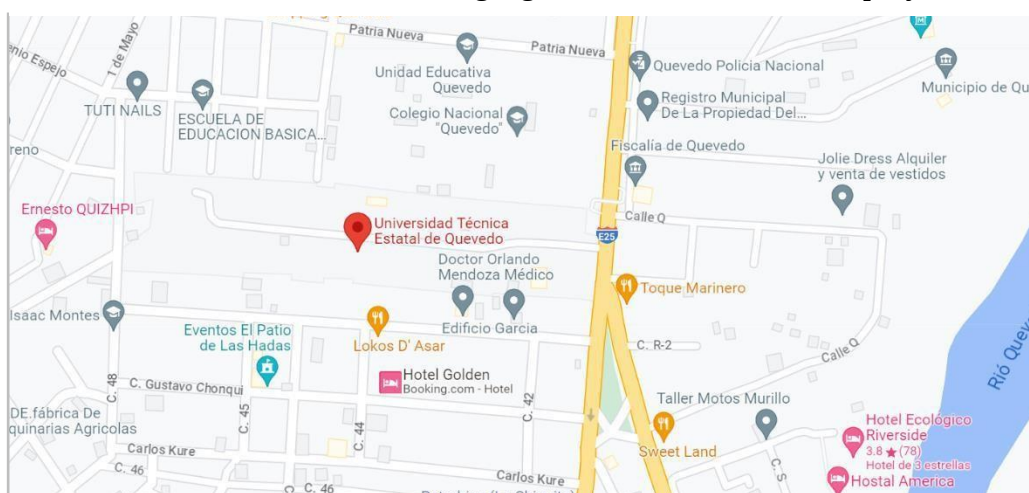
CAPÍTULO III:
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

Este proyecto de investigación se llevó a cabo en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, campus Ing. Mauel Haz Álvarez, situado en la provincia de Los Ríos, cantón Quevedo, específicamente en la Av. Carlos J. Arosemena 38. El campus se encuentra adyacente a la Casa Judicial y la Unidad Educativa Quevedo.

Para proporcionar una referencia más precisa de la ubicación en el mapa, se utilizó Google Maps para georreferenciar la dirección exacta del lugar. Las coordenadas geográficas correspondientes son: -1.0124909129374078, -79.46953818003655. Estas coordenadas garantizan una identificación precisa de la ubicación del proyecto dentro del campus universitario.

Ilustración 7. Ubicación geográfica donde se realizó el proyecto



Autor: Solange Villarroel

Fuente: Capturada de Google maps

El anexo 1 adjunto presenta la autorización otorgada por el vicerrectorado administrativo del proyecto de investigación realizado en el edificio del parqueadero del campus Ing. Manuel Haz Álvarez de la UTEQ.

3.2. Tipo de investigación

3.2.1. Investigación aplicada

Este tipo de investigación tuvo como propósito resolver problemas específicos y prácticos. En este caso, la investigación buscó implementar un sistema inteligente para la gestión del tráfico vehicular en el parqueadero del campus Ing. Manuel Haz Álvarez de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. La finalidad fue mejorar la eficiencia en la

gestión del tráfico vehicular dentro del campus, aplicando tecnologías como la visión artificial y el Internet de las Cosas (IoT).

3.2.2. Investigación bibliográfica

Consistió en la recopilación y análisis de información existente en documentos como libros, artículos científicos, tesis, y otros recursos académicos. En esta investigación, se utilizó para fundamentar teóricamente el proyecto, revisando estudios previos sobre gestión de tráfico vehicular, visión artificial, y uso de tecnologías como Raspberry Pi en la automatización de procesos.

3.2.3. Investigación descriptiva

Este tipo de investigación se centró en describir las características de un fenómeno o población en particular. En este caso, se describió el funcionamiento actual del parqueadero, las características del tráfico vehicular y las necesidades de los usuarios.

3.3. Métodos de investigación

3.3.1. Método cualitativo

Permitió entender en profundidad las percepciones de los usuarios sobre el estado del parqueadero a través de una encuesta, proporcionando una visión más completa de los factores que contribuyen a la congestión vehicular.

3.4. Fuentes de recopilación de información

3.4.1. Fuentes primarias:

Para identificar los factores que contribuyen a las congestiones y falta de fluidez, se utilizó una escala de Likert con una puntuación de 1 a 5, donde 1 equivale a nunca, 2 casi nunca, 3 a veces, 4 casi siempre y 5 siempre, en un cuestionario distribuido entre los usuarios del parqueadero (estudiantes, administrativos, externos y docentes).

Se diseñaron diez preguntas para recopilar las opiniones y experiencias de los usuarios del parqueadero.

3.4.2. Fuentes secundarias:

Se incluyeron artículos científicos, libros, tesis y reportes técnicos relacionados con la gestión del tráfico vehicular, visión artificial, y tecnologías IoT. Estos sirvieron para

fundamentar el desarrollo del sistema y comparar los resultados obtenidos con estudios previos.

3.4.3. Fuentes terciarias:

Se utilizaron bases de datos de investigación, índices y resúmenes que recopilaban y sintetizaron información de múltiples estudios y publicaciones, facilitando el acceso a una amplia gama de investigaciones relevantes.

3.5. Diseño de la investigación

Fase 1: Revisión bibliográfica

En esta fase, se recopiló y analizó información teórica relevante sobre sistemas de gestión del tráfico vehicular, tecnologías de visión artificial y aplicaciones de IoT. Se revisaron fuentes como libros, artículos científicos, y tesis para fundamentar teóricamente el desarrollo del proyecto. Además, se identificaron estudios previos que proporcionaron una base comparativa para el diseño e implementación del sistema propuesto.

Fase 2: Diagnóstico del estado actual

Durante esta fase, se realizó un análisis del estado actual del tráfico vehicular en el parqueadero del campus. Se llevaron a cabo encuestas a los usuarios del parqueadero para recopilar datos sobre su percepción en cuanto a la eficiencia y organización del tráfico vehicular del campus.

Fase 3: Análisis y determinación de tecnologías a usar en el sistema

En esta fase, se llevó a cabo un análisis exhaustivo de las tecnologías disponibles para implementar un sistema inteligente de gestión del tráfico vehicular en el parqueadero del campus Ing. Manuel Haz Álvarez de la UTEQ. El objetivo principal de esta etapa fue identificar las herramientas tecnológicas más adecuadas que permitan abordar los problemas de congestión vehicular y mejorar la fluidez en el parqueadero.

Fase 4: Desarrollo e implementación del sistema

En esta etapa, el diseño y desarrollo del sistema inteligente para la gestión del tráfico vehicular utilizó un Raspberry Pi 4 como centro de control. Una cámara con un ángulo de 180°, entrenada con un modelo de visión artificial basado en YOLO v8, detecta y

analiza el flujo vehicular en tiempo real. Adicionalmente, un monitor fue configurado para mostrar estos datos de forma instantánea.

3.6. Instrumentos de investigación

Los instrumentos para esta investigación fueron las siguientes preguntas que se usaron en la encuesta aplicando el método de la escala de Likert.

1. ¿La señalización dentro del parqueadero es clara y fácil de seguir?
2. ¿El número de espacios de estacionamiento es suficiente para la demanda diaria?
3. ¿La distribución de los espacios en el parqueadero es de fácil acceso?
4. ¿El tiempo promedio para encontrar un espacio en el parqueadero es razonable?
5. ¿Experimentó problemas de congestión al entrar o salir del parqueadero?
6. ¿El uso de tecnología facilita el acceso al parqueadero?
7. ¿El parqueadero presenta congestiones durante el inicio y final de la jornada de clases?
8. ¿Está generalmente satisfecho con la gestión del tráfico en el parqueadero?
9. ¿Considera que el estacionamiento cumple adecuadamente con las necesidades diarias del parqueadero?
10. ¿El comportamiento de los conductores contribuye a la fluidez del tráfico en el parqueadero?

3.7. Recursos humano y materiales

A continuación, se detallan los recursos necesarios.

3.7.1. Recursos humanos

- Tesista (SOLANGE ISABELA VILLARROEL INTRIAGO): Encargado de la ejecución integral de la investigación, desde la conceptualización hasta la implementación. Responsable del desarrollo, y coordinación de las diferentes fases del proyecto.
- Director de Proyecto de Investigación (Ing. ÁNGEL IVÁN TORRES QUIJIJE, M. Sc.): Desempeñó un papel crucial proporcionando orientación experta, asesoramiento y supervisión a lo largo de todo el proceso de investigación. Su experiencia garantizó la calidad y relevancia del proyecto.

3.7.2. Recursos materiales (Hardware y Software)

Raspberry Pi 4: Se utilizó como el núcleo del sistema, gestionando la comunicación entre la cámara, y la base de datos.

Cámara: Permite capturar imágenes en tiempo real del parqueadero, detectando y analizando el flujo vehicular mediante el modelo entrenado.

Modelo de visión artificial: El sistema fue implementado para la detección de vehículos y la gestión inteligente del tráfico, utilizando un modelo de visión artificial entrenado con YOLO v8. El modelo se entrenó con un dataset optimizado para asegurar alta precisión y eficiencia en la detección y análisis del flujo vehicular.

Monitor: Se usó para mostrar en tiempo real los datos procesados por el sistema, proporcionando una visualización clara y directa del estado del tráfico vehicular en el parqueadero.

3.7.3. Recursos financieros

El financiamiento de esta investigación estuvo a cargo del tesista (SOLANGE ISABELA VILLARROEL INTRIAGO). Este financiamiento cubrió los costos asociados a la adquisición de materiales y equipos, gastos de transporte, y cualquier otro desembolso relacionado con la implementación y ejecución del proyecto. La gestión económica se llevó a cabo de manera eficiente para optimizar el uso de los recursos disponibles y garantizó el éxito del proyecto.

CAPÍTULO IV:

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

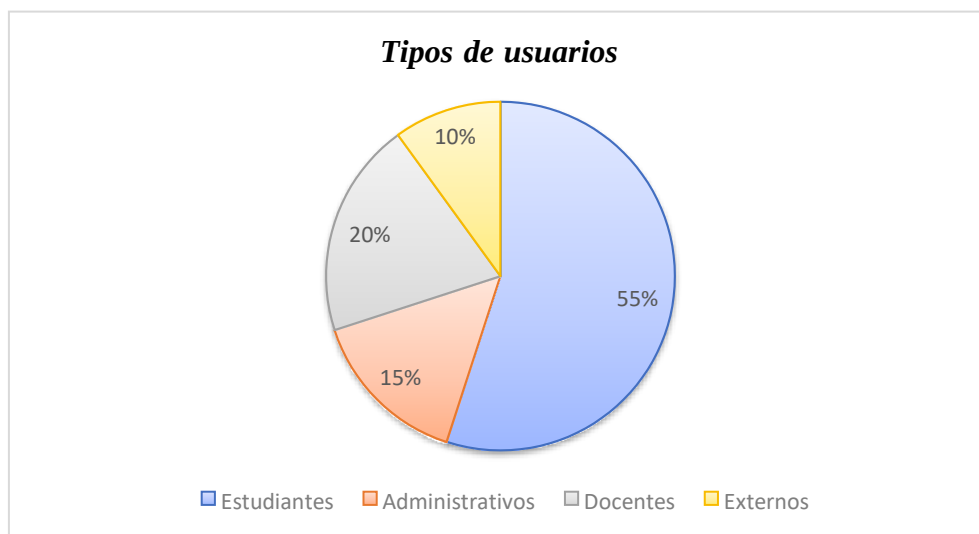
4.1.1. Factores que contribuyen al congestionamiento

En el marco de este estudio, se llevó a cabo una encuesta con el modelo de la escala de Likert en el parqueadero del campus Ing. Manuel Haz Álvarez de la UTEQ. Según la información proporcionada por el Vicerrectorado Administrativo, representado por el Ing. Roberto Pico Saltos, PhD, adjunta en el anexo 2, documento donde indica que la planta baja del parqueadero cuenta con aproximadamente 92 usuarios en total, de los cuales 70 son usuarios fijos que utilizan el parqueadero por fracciones de minutos.

4.1.1.1 Encuesta del parqueadero.

Para identificar los principales factores que influyen en la congestión vehicular y la falta de fluidez, se encuestó a 72 usuarios, distribuidos en estudiantes, administrativos, docentes y externos.

Ilustración 8. Resultado de tipos de usuarios



Autor: Solange Villarroel

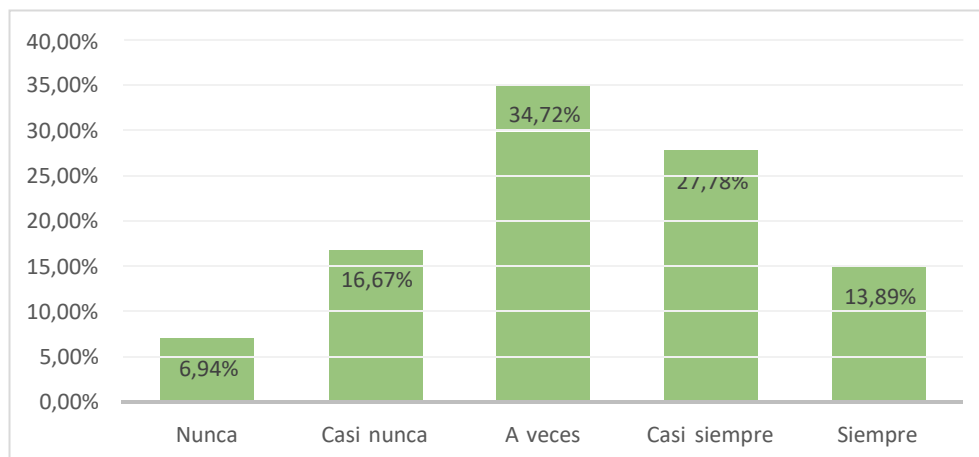
Fuente: Encuesta del parqueadero campus central

4.1.1.2 Preguntas y resultados de la encuesta.

Las respuestas se recolectaron utilizando una escala de Likert de 5 puntos, donde 1 significa "Nunca", 2 "Casi Nunca", 3 "A veces", 4 "Casi Siempre", y 5 "Siempre".

1. ¿La señalización dentro del parqueadero es clara y fácil de seguir?

Ilustración 9. Resultado pregunta 1



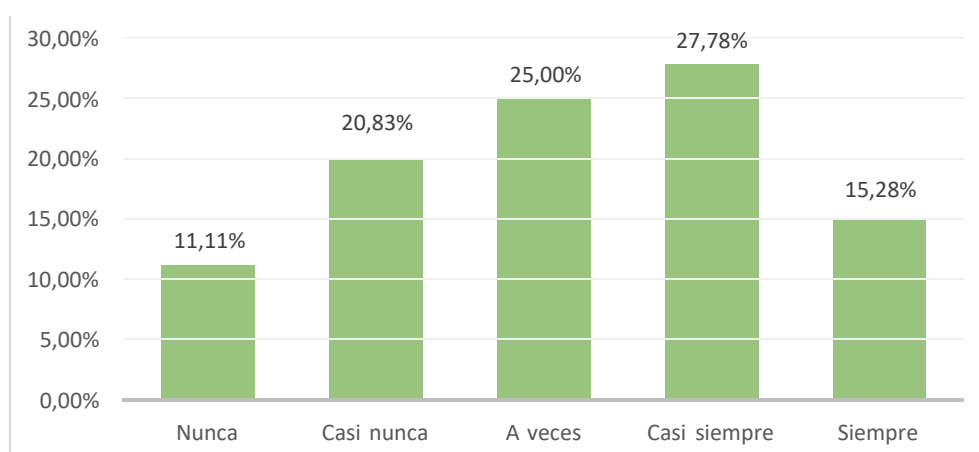
Autor: Solange Villarroel

Fuente: Encuesta del parqueadero campus central

La mayoría de los encuestados considera que la señalización dentro del parqueadero es clara solo en algunas ocasiones, mientras que un grupo significativo indica que suele ser clara con mayor frecuencia. Sin embargo, también se identifica un grupo de usuarios que rara vez o nunca percibe la señalización como clara. Estos resultados sugieren que hay margen para mejorar la visibilidad y la facilidad de seguimiento de las señales dentro del parqueadero.

2. ¿El número de espacios de estacionamiento es suficiente para la demanda diaria?

Ilustración 10. Resultado pregunta 2



Autor: Solange Villarroel

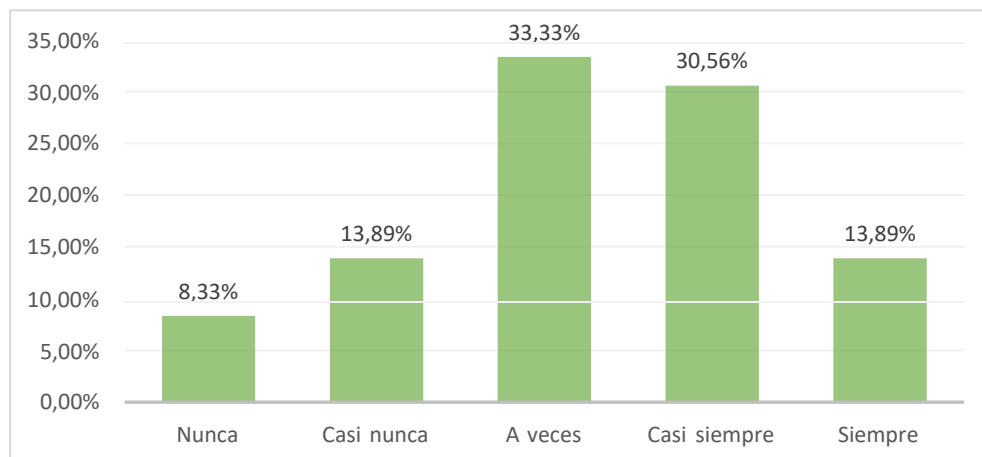
Fuente: Encuesta del parqueadero campus central

Los resultados muestran una percepción diversa sobre si el número de espacios de estacionamiento es adecuado para la demanda diaria. Aunque una parte considerable de

los encuestados opina que en ocasiones el número de espacios es suficiente, otro grupo significativo señala que rara vez lo es. Una proporción menor considera que siempre se cuenta con suficientes espacios, lo que sugiere que la capacidad del parqueadero podría ser ajustada para atender mejor las necesidades de los usuarios.

3. ¿La distribución de los espacios en el parqueadero es de fácil acceso?

Ilustración 11. Resultado pregunta 3



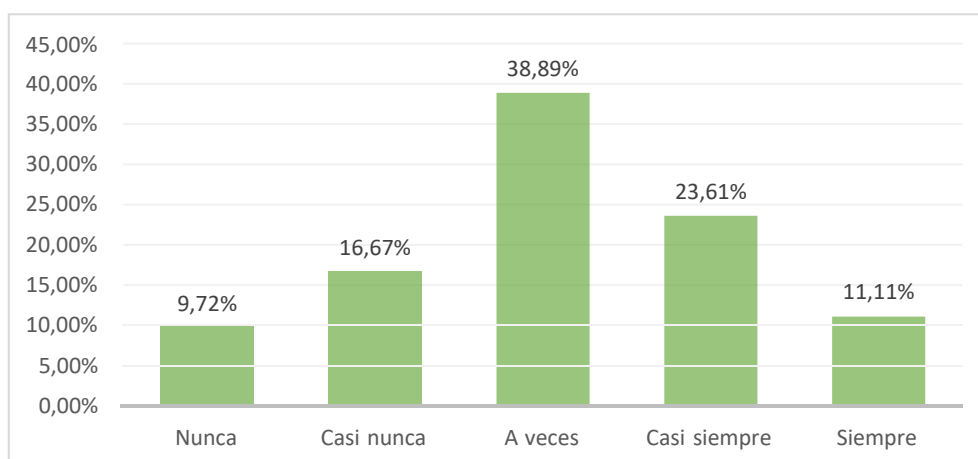
Autor: Solange Villarroel

Fuente: Encuesta del parqueadero campus central

Los encuestados ofrecen respuestas variadas sobre la accesibilidad de la distribución de los espacios en el parqueadero. Una parte significativa menciona que el acceso es fácil en algunas ocasiones, mientras que otro grupo considerable opina que suele ser accesible con más frecuencia. No obstante, hay quienes encuentran que la distribución presenta dificultades en su acceso, lo que indica que podría haber áreas para mejorar en cuanto a la facilidad de uso del parqueadero.

4. ¿El tiempo promedio para encontrar un espacio en el parqueadero es razonable?

Ilustración 12. Resultado pregunta 4



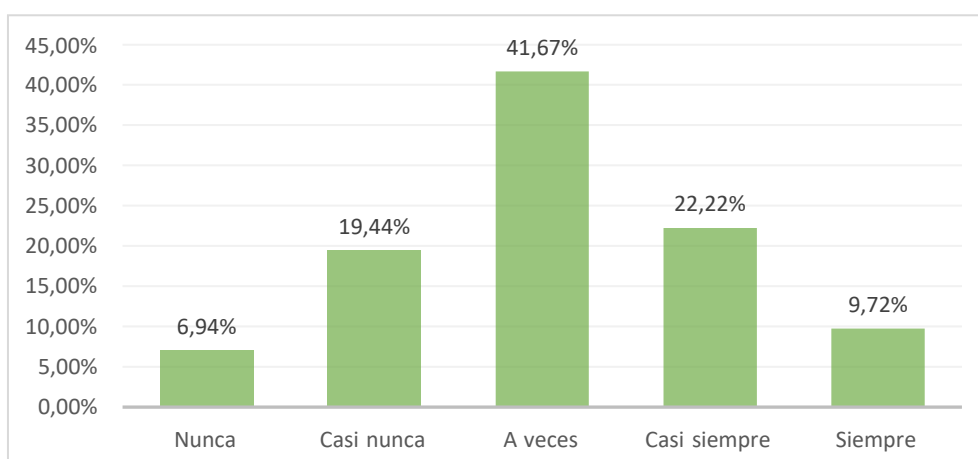
Autor: Solange Villarroel

Fuente: Encuesta del parqueadero campus central

Las respuestas reflejan que una parte significativa de los encuestados considera que, en ocasiones, el tiempo promedio para encontrar un espacio en el parqueadero es razonable. Sin embargo, otro grupo relevante indica que, con mayor frecuencia, dicho tiempo resulta insuficiente. Aunque una menor proporción cree que siempre es razonable, todavía existen quienes perciben que casi nunca o nunca es adecuado, lo que sugiere que podría haber margen para mejorar la eficiencia en la disponibilidad de espacios.

5. ¿Experimentó problemas de congestión al entrar o salir del parqueadero?

Ilustración 13. Resultados de pregunta 5



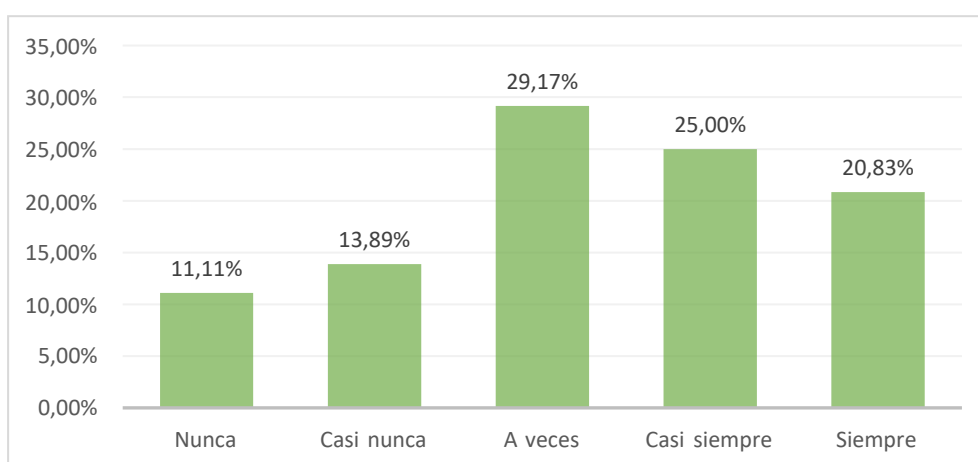
Autor: Solange Villarroel

Fuente: Encuesta del parqueadero campus central

Los resultados muestran que una cantidad considerable de usuarios experimenta problemas de congestión al ingresar o salir del parqueadero en algunas ocasiones, mientras que un grupo relevante menciona que estos problemas ocurren con mayor frecuencia. Aunque hay quienes rara vez enfrentan estas dificultades, todavía se identifica una proporción que afirma que la congestión es siempre un problema, lo que sugiere posibles mejoras en la gestión del tráfico vehicular en las áreas de entrada y salida del parqueadero.

6. ¿El uso de tecnología facilita el acceso al parqueadero?

Ilustración 14. Resultado pregunta 6



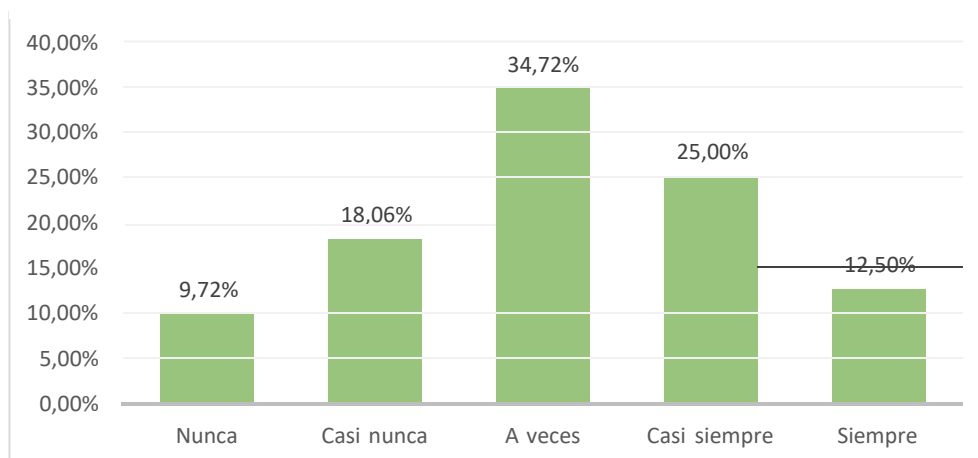
Autor: Solange Villarroel

Fuente: Encuesta del parqueadero campus central

Los encuestados muestran opiniones diversas sobre si el uso de tecnología facilita el acceso al parqueadero. Aunque una parte significativa considera que la tecnología ayuda en algunas ocasiones, otro grupo importante opina que facilita el acceso de manera más constante. Sin embargo, también hay quienes perciben que la tecnología rara vez o nunca mejora el acceso, lo que sugiere la necesidad de evaluar su efectividad en optimizar la experiencia de los usuarios.

7. ¿El parqueadero presenta congestiones durante el inicio y final de la jornada de clases?

Ilustración 15. Resultado pregunta 7



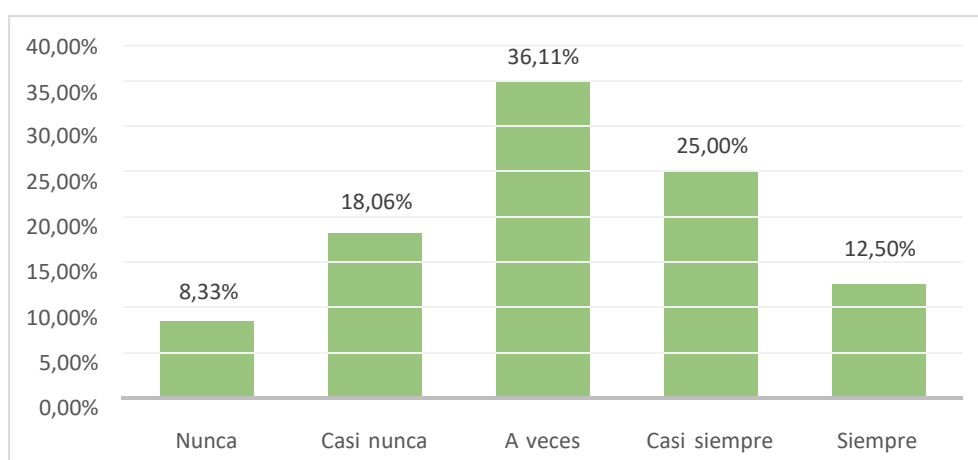
Autor: Solange Villarroel

Fuente: Encuesta del parqueadero campus central

Los resultados indican que muchos encuestados experimentan congestiones en el parqueadero durante el inicio y final de la jornada de clases en algunas ocasiones, mientras que un grupo considerable menciona que esto ocurre con mayor frecuencia. Aunque hay quienes raramente enfrentan problemas de congestión, también se observa una proporción que señala que siempre hay congestiones en esos momentos. Esto sugiere que podría ser beneficioso implementar estrategias para mejorar la fluidez del tráfico en el parqueadero durante los horarios críticos.

8. ¿Está generalmente satisfecho con la gestión del tráfico en el parqueadero?

Ilustración 16. Resultado pregunta 8



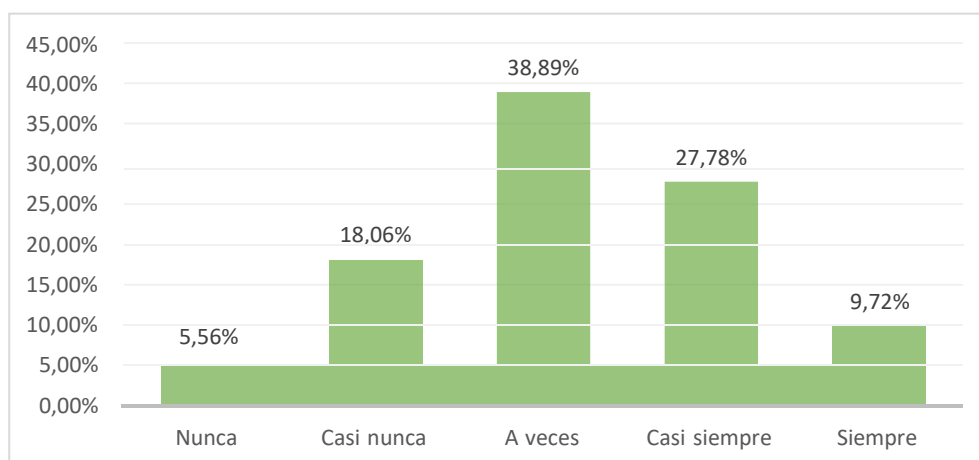
Autor: Solange Villarroel

Fuente: Encuesta del parqueadero campus central

Las respuestas reflejan una variedad de opiniones sobre la satisfacción con la gestión del tráfico en el parqueadero. Una parte significativa de los encuestados indica que, en ocasiones, están satisfechos con la gestión, mientras que otro grupo importante señala que su satisfacción es más frecuente. Sin embargo, también hay quienes expresan insatisfacción, ya sea rara vez o nunca, lo que sugiere que existen áreas de mejora en la gestión del tráfico para aumentar la satisfacción de los usuarios.

9. ¿Considera que el estacionamiento cumple adecuadamente con las necesidades diarias del parqueadero?

Ilustración 17. Resultado pregunta 9



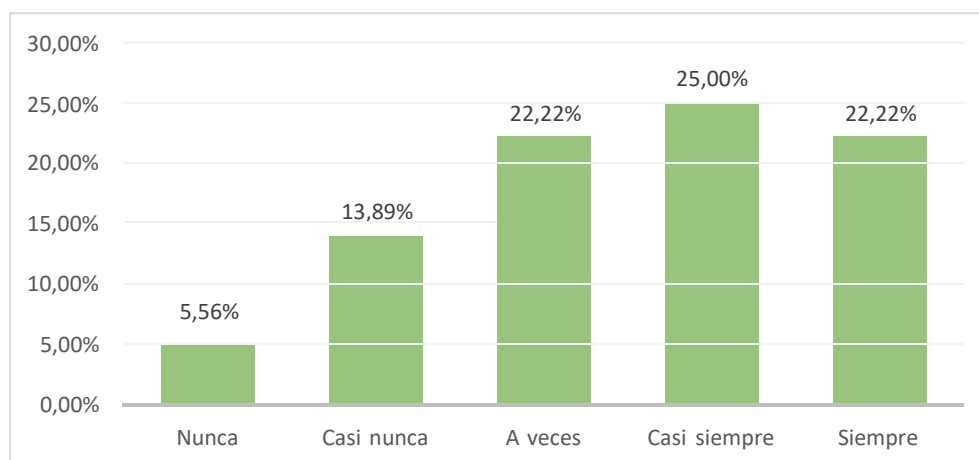
Autor: Solange Villarroel

Fuente: Encuesta del parqueadero campus central

Los resultados muestran que muchos encuestados creen que el estacionamiento cumple con sus necesidades diarias en algunas ocasiones, mientras que un número considerable indica que lo hace con mayor frecuencia. Sin embargo, también hay quienes sienten que el estacionamiento nunca o rara vez satisface sus necesidades, lo que sugiere que hay oportunidades para mejorar la adecuación del parqueadero a las expectativas y requerimientos de los usuarios.

10. ¿El comportamiento de los conductores contribuye a la fluidez del tráfico en el parqueadero?

Ilustración 18. Resultado pregunta 10



Autor: Solange Villarroel

Fuente: Encuesta del parqueadero campus central

Las opiniones sobre el comportamiento de los conductores y su impacto en la fluidez del tráfico en el parqueadero son variadas. Un grupo significativo de encuestados considera que, en ocasiones, el comportamiento de los conductores contribuye a una circulación adecuada, mientras que otro grupo importante opina que esto ocurre con más frecuencia. Sin embargo, también existen quienes sienten que la conducta de los conductores nunca o rara vez mejora la fluidez, lo que sugiere que podrían ser necesarias medidas para fomentar un comportamiento más positivo entre los usuarios.

4.1.1.3. Principales factores que contribuyen al congestionamiento.

Los resultados de la encuesta realizada a los usuarios del parqueadero del Campus Ing. Manuel Haz Álvarez de la UTEQ revelan varios factores que contribuyen a la congestión, y cada uno indica áreas donde se puede mejorar significativamente la experiencia de los usuarios.

Insuficiente señalización: El 23.61% de los encuestados mencionó que la señalización dentro del parqueadero es confusa y difícil de seguir. Este problema genera incertidumbre y hace que los conductores pierdan tiempo intentando orientarse, lo que ralentiza el flujo vehicular. Una señalización clara y visible en puntos clave del parqueadero no solo facilita la navegación, sino que permitiría un flujo más continuo de vehículos, disminuyendo las demoras y frustraciones.

Capacidad limitada de estacionamiento: El 31.94% de los usuarios cree que los espacios disponibles son insuficientes para la demanda diaria. Este déficit provoca que los conductores pasen más tiempo buscando un lugar libre, lo que contribuye al congestionamiento dentro del parqueadero. Aumentar la capacidad de estacionamiento o implementar estrategias como un sistema de reservas en tiempo real podría reducir significativamente este problema, aliviando la saturación en las horas de mayor afluencia.

Accesibilidad de los espacios: El 22.22% de los encuestados expresó que la distribución de los espacios no facilita el acceso. Esto significa que, además de la falta de espacios, la disposición de los mismos obliga a realizar maniobras complicadas, generando retrasos y aumentando la congestión. Reorganizar la distribución de los estacionamientos, con un diseño más eficiente y accesible, permitiría a los conductores estacionar con mayor rapidez y sin complicaciones.

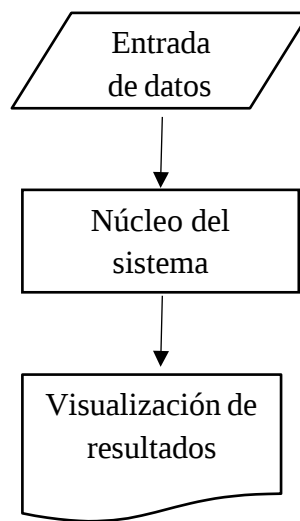
Problemas de congestión en entradas y salidas: Un 26.38% de los usuarios indicó que experimenta congestión regularmente al entrar o salir del parqueadero. Este cuello de botella es uno de los mayores inconvenientes para los usuarios, afectando tanto el tiempo de entrada como de salida, y empeorando la experiencia general. Mejorar el control del flujo vehicular en estos puntos críticos, como la implementación de un sistema automatizado de control de acceso, podría aliviar la congestión en estas áreas.

Estos resultados sugieren la necesidad urgente de mejorar la infraestructura y la gestión del parqueadero en el campus, con el objetivo de reducir la congestión y proporcionar una experiencia más fluida y eficiente a los usuarios. Implementar soluciones como señalización clara, aumentar la capacidad de estacionamiento y optimizar las entradas y salidas beneficiaría significativamente a toda la comunidad universitaria.

4.1.2. Herramientas tecnológicas a implementar

Para determinar las herramientas tecnológicas a implementar en el sistema se realizó un diagrama el cual tiene tres bloques principales, cada uno de los cuales representa una parte crucial del sistema de gestión inteligente del tráfico vehicular. Estos bloques fueron para facilitar la comprensión de cómo interactúan entre sí y cómo contribuyen al funcionamiento global del sistema. A continuación, se presenta el diagrama:

Ilustración 19. Diagrama de bloques



Autor: Solange Villarroel

Fuente: Graficado en Word

4.1.2.1. Dispositivo electrónico para la entrada de datos.

Este cuadro comparó diferentes dispositivos tecnológicos de entrada de datos que pueden ser utilizadas para detectar y gestionar la presencia de vehículos en el parqueadero. Fueron considerados parámetros clave como la precisión, el costo, la facilidad de implementación, el mantenimiento y su adecuación para el parqueadero del campus.

Tabla 2. Entrada de datos

Dispositivo electrónico	Precisión	Costo (USD)	Facilidad de implementación	Mantenimiento	Adecuación para el parqueadero
Sensores de Presión	±90%	50 - 100	Requiere instalación en el suelo	Alto	Adecuado para detectar presencia

Sensores ultrasónicos	±95%	20 - 50	Fácil de instalar en cualquier superficie	Bajo	Ideal para áreas abiertas
Cámara con Visión Artificial	±98%	30 - 300	Instalación en puntos estratégicos	Medio	Excelente para monitoreo continuo
Sensores RFID	±95%	30 - 80	Requiere integración de etiquetas RFID	Bajo	Bueno para áreas controladas
Sistemas de Lidar	±99%	1,000 - 2,500	Complejo, requiere alineación precisa	Alto	Óptimo para análisis detallado

4.1.2.2. Núcleo del sistema.

Este cuadro comparó las tecnologías que pueden servir como el núcleo del sistema para procesar los datos obtenidos de los sensores y cámaras. Se consideraron parámetros como la capacidad de procesamiento, el costo, la facilidad de programación, el consumo energético y la compatibilidad con las tecnologías de entrada seleccionadas.

Tabla 3. Núcleo del sistema

Tecnología	Capacidad de procesamiento	Costo (USD)	Facilidad de programación	Consumo energético (W)	Compatibilidad con dispositivos de entrada de datos
Arduino	16 MHz, 2 KB RAM	20 - 30	Alta	0.5	Compatible con sensores básicos
Raspberry Pi 4	1.5 GHz quad-core, 2-8 GB RAM	75 - 125	Alta	3.7 - 5.1	Compatible con cámaras y sensores avanzados
ESP32	240 MHz dual-core, 520 KB RAM	10 - 20	Media	0.6 - 1.2	Compatible con sensores y dispositivos IoT

4.1.2.3. Visualización de resultados.

Este cuadro comparó las opciones disponibles para visualizar los resultados obtenidos por el sistema, considerando parámetros como la interactividad y la facilidad de acceso

Tabla 4. Visualización de resultados

Opción de visualización	Interactividad	Facilidad de acceso	Compatibilidad con tecnologías Seleccionadas
Interfaz web	Baja	Alta	Muy Alta
Aplicación móvil	Alta	Baja	Alta

4.1.2.4. Tecnologías determinadas para el sistema.

Tras un análisis detallado de varias tecnologías, se seleccionaron las siguientes opciones para implementar el sistema de gestión inteligente del tráfico vehicular en el parqueadero del campus Ing. Manuel Haz Álvarez de la UTEQ. Estas tecnologías fueron elegidas considerando su capacidad para proporcionar resultados en tiempo real, su fiabilidad y su capacidad.

Cámara con visión artificial: La cámara equipada con un sistema de visión artificial permitió detectar y analizar el flujo vehicular y la ocupación de espacios de estacionamiento en tiempo real. Se eligió esta tecnología por su alto nivel de precisión, asegurando así una efectividad en la detección de vehículos y en la identificación de espacios disponibles. Esta precisión fue esencial para el sistema, ya que permitió un monitoreo continuo y confiable del parqueadero, proporcionando datos precisos sobre la ocupación en cada momento. La cámara se integró con YOLOv8, para aumentar su efectividad en el análisis visual.

Raspberry Pi 4: Este microordenador fue seleccionado por sus capacidades técnicas que facilitaron el procesamiento de datos de manera eficiente. Equipado con un procesador de 1.5 GHz y una memoria RAM de 4 GB, el Raspberry Pi 4 tiene la potencia suficiente para manejar múltiples procesos complejos simultáneamente, incluyendo el procesamiento de imágenes capturadas por la cámara y la actualización de la disponibilidad de espacios en tiempo real. Su tamaño compacto y bajo consumo energético lo convirtió en una opción práctica para el entorno del parqueadero, permitiendo una implementación discreta y económica sin afectar el espacio físico ni el consumo de energía de manera significativa.

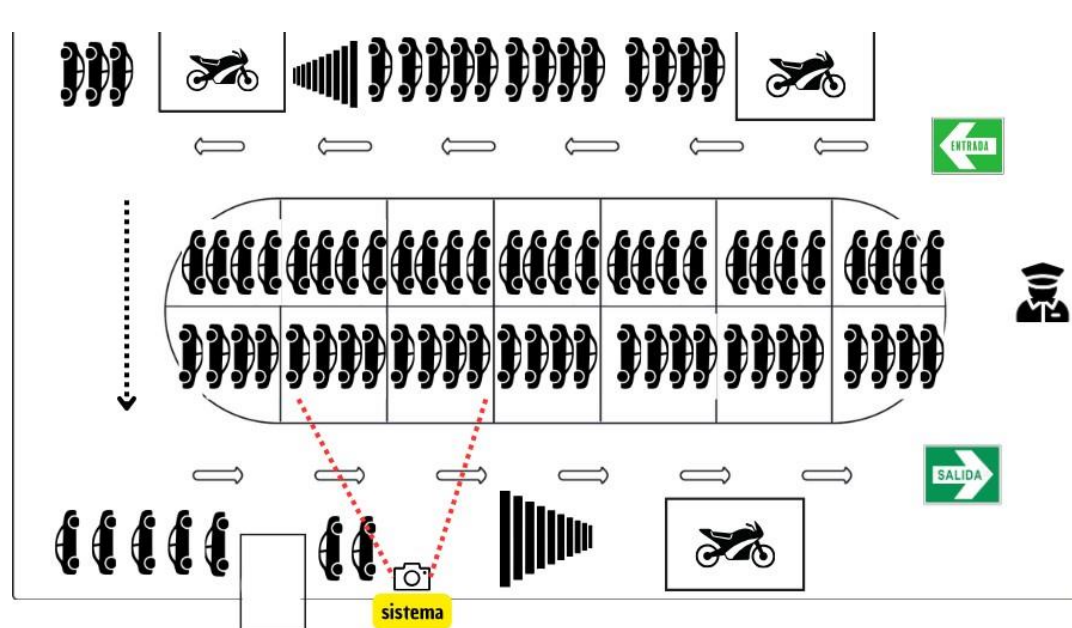
Interfaz web para visualización de resultados: Para proporcionar una herramienta de visualización fácil y accesible, se optó por el desarrollo de una interfaz web. Esta interfaz muestra en tiempo real el estado de ocupación de los espacios de estacionamiento, permitiendo a los usuarios conocer la disponibilidad de manera inmediata. La elección de una interfaz web responde a su bajo costo y alta compatibilidad con el sistema. Además, al reducir la necesidad de buscar espacios de estacionamiento disponibles de forma manual, contribuyó a disminuir la congestión en el parqueadero.

4.1.3. Desarrollo del sistema inteligente

La implementación del sistema inteligente en una sección del parqueadero universitario específicamente en la planta baja utilizando las herramientas tecnológicas seleccionadas ha demostrado ser exitosa por su cumplimiento con el propósito del sistema el cual fue mostrar en tiempo real los espacios disponibles de parqueo. A continuación, se detalla el desarrollo del sistema.

4.1.3.1. Ubicación del sistema.

Ilustración 20. Diseño planimétrico del parqueadero



Autor: Solange Villarroel

Se ha incorporado un diseño planimétrico, que puede observarse en la Ilustración 20, donde se identifica la ubicación de la cámara instalada en el parqueadero. En el anexo 5 adjunto muestra la ubicación de la cámara colocada la cual está a una altura aproximada de 2.6 metros y a una distancia de 8.5 metros del área de observación. La elección de esta ubicación responde a la necesidad de obtener un ángulo de visión amplio aprovechando

al máximo la el rango de captación de la cámara el cual es de 180° y que permita cubrir la mayor parte de una sección del parqueadero, optimizando la captación de imágenes y la detección de espacios disponibles.

En esta fase del proyecto, la cámara implementada tiene la capacidad de detectar 8 espacios de estacionamiento de un total de 79, que se encuentran ubicados en la planta baja del parqueadero. Debido a razones económicas, se ha decidido instalar una sola cámara como parte de este proyecto, con el fin de evaluar el funcionamiento del sistema. Para lograr una visualización completa de todo el parqueadero, se estima que serían necesarias 13 cámaras distribuidas estratégicamente para cubrir la totalidad de los espacios.

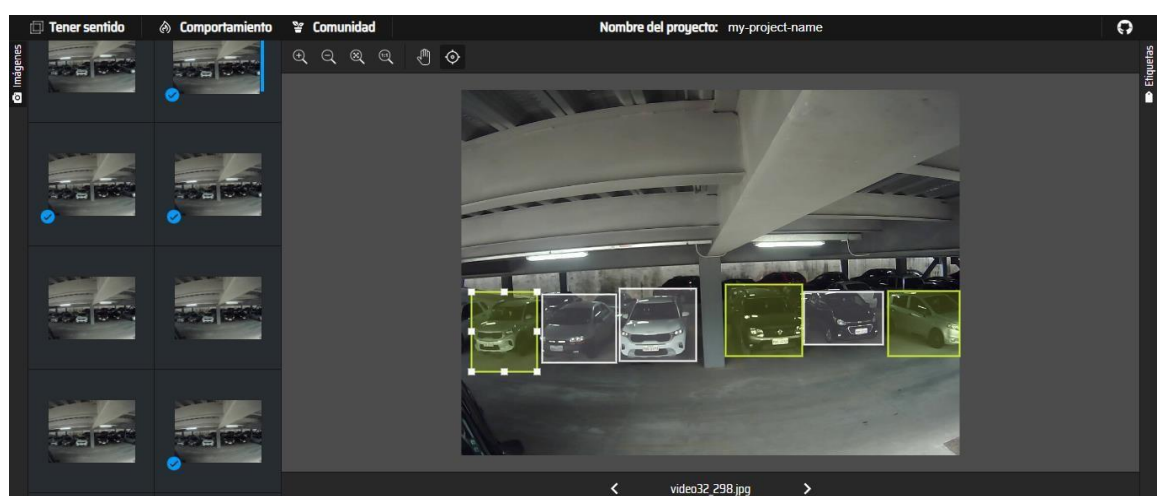
4.1.3.2. Entrenamiento del modelo Yolo v8.

El entrenamiento de un modelo Yolo v8 implica ajustar iterativamente los parámetros del modelo a lo largo de múltiples épocas para minimizar las pérdidas y mejorar la precisión en la detección de objetos. Luego se valida la precisión de un modelo en las divisiones `val` o `test` del conjunto de datos previamente obtenidos.

Estructura del dataset utilizado para el entrenamiento del modelo utilizando Yolo v8.

El conjunto de datos se dividió en tres partes: entrenamiento, validación y pruebas. La configuración para este proyecto fue: 70% para entrenamiento, 20% para validación y 10% para prueba. Las cuales cuentan con un conjunto de 900 fotos y 10 videos que fueron utilizados para el correcto entrenamiento del modelo Yolo v8.

Ilustración 21. Etiquetado de las imágenes para el entrenamiento



Autor: Solange Villarroel

Estructura del Dataset con las imágenes del modelo etiquetadas listas para el entrenamiento.

Ilustración 22. Estructura del dataset



Autor: Solange Villarroel

El archivo data.yaml se utilizó para especificar la configuración del dataset, incluyendo las rutas a los archivos de entrenamiento, validación y prueba, así como las clases de objetos.

Ilustración 23. Archivo de configuración del dataset .yaml.

```
Car-1 > ! data.yaml
1  train: ../train/images
2  val: ../valid/images
3  nc: 1 # Número de clases
4  names: ['car'] # Nombres de las clases
```

Autor: Solange Villarroel

En este caso se lo utilizó para definir los hiperparámetros de entrenamiento en el archivo data.yaml, como la tasa de aprendizaje, el tamaño del lote, y otros parámetros que afectan el rendimiento del modelo.

En este procesamiento de datos, se muestran resultados en tiempo real. Ultralytics es la organización detrás de las versiones más recientes de los modelos YOLO. Los arrays numéricos representan datos de entrada, pesos del modelo, y resultados intermedios de cálculos. Los valores booleanos están verificando condiciones específicas durante el entrenamiento o la inferencia.

Ilustración 24. Verificación de ultralytics utilizando Yolo v8

```

Downloading https://ultralytics.com/assets/Arial.ttf to 'C:\Users\franc\AppData\Roaming\Ultralytics\Arial.ttf'...

0%|          | 0.00/755k [00:00<?, ?B/s]
51%|#####| 384k/755k [00:00<00:00, 2.45MB/s]
100%|#####| 755k/755k [00:00<00:00, 3.03MB/s]
Overriding model.yaml nc=80 with nc=1

   from  n  params module arguments
0      -1  1    464 ultralytics.nn.modules.conv.Conv [3, 16, 3, 2]
1      -1  1   4672 ultralytics.nn.modules.conv.Conv [16, 32, 3, 2]
2      -1  1   7360 ultralytics.nn.modules.block.C2f [32, 32, 1, True]
3      -1  1   18560 ultralytics.nn.modules.conv.Conv [32, 64, 3, 2]
4      -1  2   49664 ultralytics.nn.modules.block.C2f [64, 64, 2, True]
5      -1  1   73984 ultralytics.nn.modules.conv.Conv [64, 128, 3, 2]
6      -1  2   197632 ultralytics.nn.modules.block.C2f [128, 128, 2, True]
7      -1  1   295424 ultralytics.nn.modules.conv.Conv [128, 256, 3, 2]
8      -1  1   460288 ultralytics.nn.modules.block.C2f [256, 256, 1, True]
9      -1  1   164608 ultralytics.nn.modules.block.SPPF [256, 256, 5]
10     -1  1         0 torch.nn.modules.upsampling.Upsample [None, 2, 'nearest']
11     [-1, 6] 1         0 ultralytics.nn.modules.conv.Concat [1]
12     -1  1   148224 ultralytics.nn.modules.block.C2f [384, 128, 1]
13     -1  1         0 torch.nn.modules.upsampling.Upsample [None, 2, 'nearest']
14     [-1, 4] 1         0 ultralytics.nn.modules.conv.Concat [1]
15     -1  1   37248 ultralytics.nn.modules.block.C2f [192, 64, 1]
16     -1  1   36992 ultralytics.nn.modules.conv.Conv [64, 64, 3, 2]
17     [-1, 12] 1         0 ultralytics.nn.modules.conv.Concat [1]
18     -1  1   123648 ultralytics.nn.modules.block.C2f [192, 128, 1]
19     -1  1   147712 ultralytics.nn.modules.conv.Conv [128, 128, 3, 2]
20     [-1, 9] 1         0 ultralytics.nn.modules.conv.Concat [1]
21     -1  1   493056 ultralytics.nn.modules.block.C2f [384, 256, 1]
22     [15, 18, 21] 1   751507 ultralytics.nn.modules.head.Detect [1, [64, 128, 256]]

Model summary: 225 layers, 3,011,043 parameters, 3,011,027 gradients, 8.2 GFLOPs

```

Autor: Solange Villarroel

YOLOv8 es un algoritmo de detección de objetos que se entrena para identificar y localizar objetos en imágenes. Durante el entrenamiento, el modelo ajusta sus parámetros para mejorar su precisión. Aquí están los componentes clave que se muestran en la imagen:

Épocas (Epochs): Cada pasada completa a través del conjunto de datos de entrenamiento. El modelo se entrena en múltiples épocas para mejorar su rendimiento.

Memoria de GPU (GPU mem): La cantidad de memoria de la tarjeta gráfica utilizada durante el entrenamiento. Es importante para manejar grandes volúmenes de datos y cálculos.

Pérdidas (Losses):

- **box_loss:** La pérdida asociada a la precisión de las cajas delimitadoras que encierran los objetos.
- **cls_loss:** La pérdida relacionada con la clasificación correcta de los objetos.
- **obj_loss:** La pérdida asociada a la detección de objetos en general.

Instancias (Instances): El número de ejemplos procesados hasta el momento.

Tamaño (Size): El tamaño de las imágenes procesadas.

Métricas de Rendimiento:

Precisión (P): La proporción de verdaderos positivos entre los resultados positivos.

Recall @: La proporción de verdaderos positivos entre todos los casos que deberían haber sido identificados.

mAP@0.5 y mAP@0.5:0.95: Promedio de precisión en diferentes umbrales de Intersección sobre Unión (IoU), que mide la superposición entre las predicciones del modelo y las cajas delimitadoras reales.

Entrenamiento del modelo: Epoch 1/100

Ilustración 25. Inicio del entrenamiento del modelo Yolo v8 Epoch 1/100

Epoch	GPU_mem	box_loss	cls_loss	dfl_loss	Instances	Size
0%	0/3 [00:00<?, ?it/s]					
1/100	0G	1.629	3.006	1.463	170	640: 0%
1/100	0G	1.629	3.006	1.463	170	640: 33% ###3 1/3 [00:05<00:10, 5.03s/it]
1/100	0G	1.641	3.032	1.465	163	640: 33% ###3 1/3 [00:09<00:10, 5.03s/it]
1/100	0G	1.641	3.032	1.465	163	640: 67% #####6 2/3 [00:09<00:04, 4.79s/it]
1/100	0G	1.608	3.063	1.454	71	640: 67% #####6 2/3 [00:11<00:04, 4.79s/it]
1/100	0G	1.608	3.063	1.454	71	640: 100% ##### 3/3 [00:11<00:00, 3.28s/it]
1/100	0G	1.608	3.063	1.454	71	640: 100% ##### 3/3 [00:11<00:00, 3.71s/it]
	Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50 mAP50-95): 0%
	Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50 mAP50-95): 100% ##### 1/1 [00:02<00:00, 2.01s/it]
	Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50 mAP50-95): 100% ##### 1/1 [00:02<00:00, 2.01s/it]
	all	11	79	0.0236	0.987	0.301 0.144

Autor: Solange Villarroel

Entrenamiento del modelo: Epoch 100/100

Ilustración 26. Fin del entrenamiento del modelo Yolo v8 Epoch 100/100

0%	0/3 [00:00<?, ?it/s]					
100/100	0G	1.084	0.5787	1.102	101	640: 0%
100/100	0G	1.084	0.5787	1.102	101	640: 33% ###3 1/3 [00:03<00:07, 3.90s/it]
100/100	0G	1.122	0.5771	1.099	101	640: 33% ###3 1/3 [00:07<00:07, 3.90s/it]
100/100	0G	1.122	0.5771	1.099	101	640: 67% #####6 2/3 [00:07<00:03, 3.82s/it]
100/100	0G	1.087	0.5727	1.096	30	640: 67% #####6 2/3 [00:08<00:03, 3.82s/it]
100/100	0G	1.087	0.5727	1.096	30	640: 100% ##### 3/3 [00:08<00:00, 2.61s/it]
100/100	0G	1.087	0.5727	1.096	30	640: 100% ##### 3/3 [00:08<00:00, 2.95s/it]
	Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50 mAP50-95): 0%
	Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50 mAP50-95): 100% ##### 1/1 [00:01<00:00, 1.18s/it]
	Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50 mAP50-95): 100% ##### 1/1 [00:01<00:00, 1.18s/it]
	all	11	79	0.999	1	0.995 0.628

100 epochs completed in 0.295 hours.
Optimizer stripped from runs\detect\train3\weights\last.pt, 6.3MB
Optimizer stripped from runs\detect\train3\weights\best.pt, 6.3MB

Validating runs\detect\train3\weights\best.pt...

Ultralytics YOLOv8.2.98 Python-3.12.4 torch-2.4.1+cpu CPU (11th Gen Intel Core(TM) i5-11400 2.60GHz)
Model summary (fused): 168 layers, 3,005,843 parameters, 0 gradients, 8.1 GFLOPs

	Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50	mAP50-95): 0%
	Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50	mAP50-95): 100% ##### 1/1 [00:01<00:00, 1.04s/it]
	Class	Images	Instances	Box(P	R	mAP50	mAP50-95): 100% ##### 1/1 [00:01<00:00, 1.04s/it]
	all	11	79	1	1	0.995	0.651

Speed: 1.2ms preprocess, 66.2ms inference, 0.0ms loss, 15.8ms postprocess per image
Results saved to runs\detect\train3

Autor: Solange Villarroel

Pruebas y validación del modelo entrenado

En las pruebas y validación del modelo, se realizaron ensayos para verificar la precisión en la detección de vehículos y la correcta identificación de espacios disponibles como se muestra en los anexos 3, 4 y 6. Se midió el rendimiento del modelo evaluando su efectividad y ajustando parámetros según fuera necesario. También se consideró la capacidad del modelo para operar en tiempo real, asegurando su fiabilidad en el entorno del parqueadero. Estos resultados permitieron validar la precisión del sistema y realizar ajustes finales para optimizar su funcionamiento.

Ilustración 27. Parqueadero UTEQ primera prueba



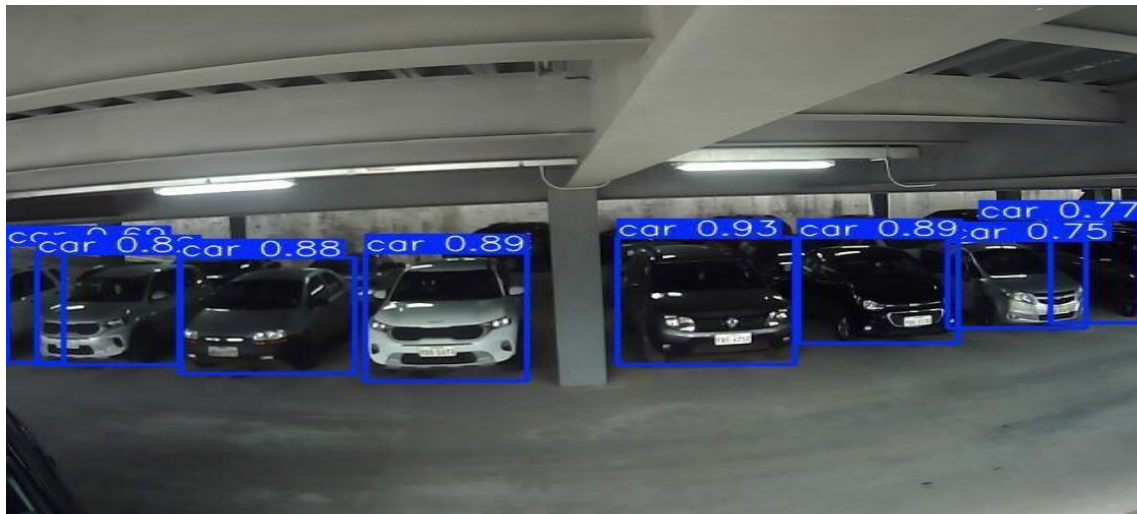
Autor: Solange Villarroel

Ilustración 28. Resultados de la primera validación

```
image 1/1 c:\Users\franc\OneDrive\Escritorio\Parking\5_jpg.rf.05945f8a75a2e4e450f93c6352e9548d.jpg: 640x640 7 cars, 99.3ms  
Speed: 4.0ms preprocess, 99.3ms inference, 2.1ms postprocess per image at shape (1, 3, 640, 640)  
Detectados 7 coches en la imagen.
```

Autor: Solange Villarroel

Ilustración 29. Parqueadero UTEQ segunda prueba



Autor: Solange Villarroel

Ilustración 30. Resultados de la segunda prueba de validación

```
image 1/1 c:\Users\franc\OneDrive\Escritorio\Parking\output_video2_155_jpg.rf.eec81253f0677af50cd749a1068e311b.jpg: 640x640 8 cars, 99.1ms  
Speed: 4.0ms preprocess, 99.1ms inference, 1.0ms postprocess per image at shape (1, 3, 640, 640)  
Detectados 8 coches en la imagen.
```

Autor: Solange Villarroel

La primera prueba realizada del funcionamiento del sistema que se muestra en la ilustración 27 fue el día 7 de septiembre del 2024, donde se encontraban 7 vehículos ocupando el estacionamiento y un espacio disponible en la sección que enfoca la cámara del sistema. En la ilustración 29 se visualiza 8 espacios ocupados, este resultado se obtuvo en la fecha antes mencionada.

La tercera prueba se muestra en la ilustración 31 donde la interfaz web muestra los espacios disponibles y los espacios ocupados, dando como resultado solo 1 espacio disponible, esta prueba fue realizada el 14 de septiembre del 2024, tiempo después en la ilustración 32 se muestra como un vehículo hizo uso del espacio disponible quedando así 0 espacios disponibles en la sección que enfoca la cámara.

Ilustración 32. Parqueadero UTEQ tercera prueba



Autor: Solange Villarroel

Ilustración 31. Parqueadero UTEQ cuarta prueba



Autor: Solange Villarroel

4.1.3.3. Desarrollo del sistema inteligente de monitoreo en tiempo real para la visualización de espacios disponibles.

El sistema es una aplicación web desarrollada con Python que utiliza el modelo de detección de objetos YOLO v8. Está conectada a una cámara instalada en una Raspberry Pi 4, la cual realiza la detección de vehículos en tiempo real. Esto permite identificar automáticamente los espacios ocupados y disponibles en el parqueadero.

La interfaz web proporciona una visualización dinámica de la disponibilidad de los espacios de parqueo, actualizando la información en tiempo real. De este modo, se facilita la gestión y el acceso a datos precisos sobre el estado del parqueadero.

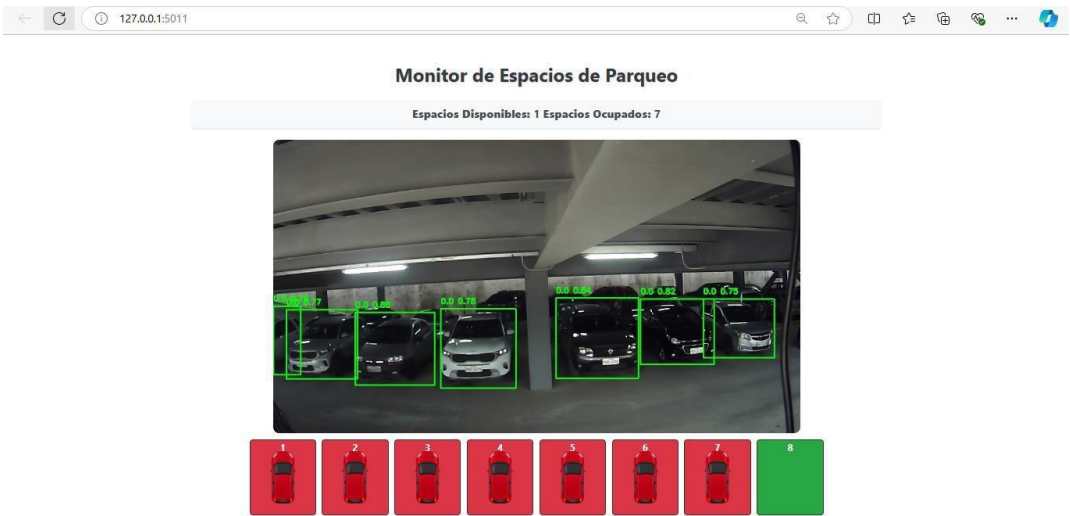
Ilustración 33. Aplicación Web del Sistema inteligente



Autor: Solange Villarroel

La ilustración 33 muestra un sistema de gestión inteligente de tráfico vehicular en una sección del parqueadero. Se trata de un “Monitor de Espacios de Parqueo” que visualiza ocho espacios de estacionamiento, numerados del 1 al 8. Siete de estos espacios están ocupados por vehículos, mientras que uno está disponible.

Ilustración 34. Sistema inteligente de monitoreo en tiempo real



Autor: Solange Villarroel

En la parte inferior de la imagen en la ilustración 34, hay representaciones gráficas de autos en rojo para los espacios ocupados y uno en verde para el espacio disponible.

4.1.3.4. Precisión de detección.

El modelo YOLO v8, entrenado específicamente para identificar espacios de estacionamiento ocupados y libres, mostró una alta precisión en la detección. En pruebas realizadas con un conjunto de datos de validación, logró la identificación precisa de los espacios disponibles. Se eligió YOLO (You Only Look Once) debido a su capacidad para realizar detección de objetos en tiempo real de manera rápida y eficiente, lo que es crucial en un sistema de monitoreo de estacionamientos. Este modelo utiliza redes neuronales convolucionales (CNN) y algoritmos optimizados, incluyendo un enfoque de detección en un solo paso y técnicas como Non-Maximum Suppression (NMS), para identificar con precisión las clases de objetos y las cajas delimitadoras en una imagen, lo que lo hace ideal para aplicaciones con limitaciones de hardware como Raspberry Pi 4. La capacidad del modelo para detectar correctamente los espacios ocupados y libres se demostró a través de la evaluación de imágenes en tiempo real, con una tasa de error relativamente baja.

4.1.3.5. Visualización en tiempo real.

La integración del modelo YOLO v8 con el sistema de captura de video permitió la visualización efectiva de los espacios de estacionamiento en tiempo real. El software desarrollado mostró en pantalla los espacios ocupados y libres, resaltando las áreas disponibles para los usuarios. La interfaz de usuario presentada por monitor resultó ser intuitiva y fácil de interpretar, con una clara indicación de los espacios disponibles mediante marcadores visuales sobre las imágenes capturadas.

4.1.3.6. Optimización y rendimiento.

La versión reducida del modelo permitió mantener un equilibrio entre precisión y rendimiento, evitando sobrecargar el sistema con demandas computacionales excesivas. La configuración y ajuste del modelo contribuyeron a la eficiencia general del sistema, logrando una detección precisa sin comprometer el rendimiento.

4.2. Discusión

La implementación del sistema de detección de espacios disponibles en el parqueadero del campus Ing. Manuel Haz Álvarez de la UTEQ utilizando la Raspberry Pi 4 y el modelo

YOLOv8 ha demostrado ser efectiva al mostrar en tiempo real los espacios disponibles mediante un monitor ubicado en la entrada del parqueadero. Esta solución tecnológica ha permitido mejorar la eficiencia en la gestión de los espacios, optimizando el tiempo que los conductores pasan buscando un lugar libre. Al comparar estos resultados con otros estudios relacionados, es posible observar varias similitudes y diferencias que destacan los beneficios y las oportunidades de mejora del sistema implementado.

4.2.1. Discusión con trabajos relacionados

El sistema desarrollado en la UTEQ proporciona una visualización en tiempo real de los espacios disponibles en el parqueadero a través de una interfaz gráfica que se muestra en un monitor. Utilizando una Raspberry Pi 4 y el modelo de visión artificial YOLO v8, el proyecto aborda de manera efectiva la necesidad de información actualizada para los usuarios.

En comparación, el proyecto SFPark en San Francisco se considera un referente en el ámbito del estacionamiento inteligente. SFPark implementó sensores inalámbricos para monitorear la ocupación de los espacios y ajustar las tarifas en tiempo real. Aunque el sistema implementado en la UTEQ no incluye la gestión de tarifas en su sistema, ambos proyectos comparten el objetivo de mejorar la eficiencia del estacionamiento y reducir la congestión al ofrecer datos en tiempo real. SFPark ha demostrado ser exitoso en la reducción del tráfico, un logro que se asemeja al del sistema de la UTEQ, que también busca descongestionar el parqueadero mediante la provisión de información instantánea.

Asimismo, el estudio titulado "IoT Based Smart Parking System Using Deep Long Short Memory Network" desarrolló un sistema predictivo basado en redes neuronales LSTM para anticipar la disponibilidad de estacionamientos. Aunque el sistema implementado en la UTEQ no utiliza predicciones avanzadas, ambos proyectos se benefician del uso de tecnologías IoT y dispositivos electrónicos para monitorear el estado de los espacios en tiempo real. La integración de algoritmos predictivos, como los utilizados en este estudio, podría representar una mejora significativa para el sistema de la UTEQ, permitiendo a los usuarios conocer de antemano la disponibilidad de espacios y así optimizar aún más su experiencia.

Otro trabajo relevante es el diseño de un prototipo de sistema de parqueo inteligente en el edificio de la FIE (ESPOCH), que también empleó tecnologías de IoT como Arduino y sensores ultrasónicos. Al igual que el sistema de la UTEQ, este proyecto permite la visualización de datos en tiempo real a través de una aplicación web. Sin embargo, la utilización de sensores ultrasónicos en lugar de la visión artificial podría resultar menos eficiente dando falsos positivos. En este sentido, el uso de YOLO v8 en la UTEQ ofrece una ventaja significativa en términos de precisión y velocidad de detección, lo que se traduce en un margen de error bajo en comparación con los sensores ultrasónicos.

Por último, el diseño de un sistema de parqueo inteligente para el centro histórico de Cuenca, que utiliza LPWAN (redes de área amplia de bajo consumo), aborda la movilidad urbana desde una perspectiva diferente. Aunque ambos proyectos se centran en la gestión del tráfico y el estacionamiento, el enfoque en Cuenca se basa en tecnologías inalámbricas de largo alcance, mientras que la UTEQ opta por la Raspberry Pi 4 y el procesamiento de imágenes. La aplicación de redes LPWAN podría considerarse en futuras expansiones del sistema de la UTEQ, especialmente para cubrir toda el área o para implementar una red más descentralizada.

CAPÍTULO V:
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones:

La encuesta realizada en el parqueadero del campus identificó varios factores que contribuyen al congestionamiento vehicular, tales como señalización insuficiente, capacidad limitada de espacios, accesibilidad reducida en ciertas áreas y congestión en los puntos de entrada y salida. Estos elementos generan tiempos de espera prolongados y afectan el flujo continuo de vehículos. Mejorar la visibilidad de la señalización, aumentar la capacidad de estacionamiento, reorganizar la distribución de los espacios y automatizar el control en las zonas críticas contribuiría a una experiencia de usuario más fluida, facilitando el acceso y la salida del parqueadero de forma más ágil y ordenada.

El desarrollo del sistema con las herramientas tecnológicas seleccionadas resultó ser una opción adecuada para la detección en tiempo real de los espacios de estacionamiento disponibles, optimizando así la gestión del parqueadero. Al integrar una Raspberry Pi 4 como unidad de procesamiento, el sistema pudo manejar de los datos capturados por una cámara equipada con el modelo de visión artificial YOLOv8. Esta combinación permitió una detección rápida y precisa de vehículo para identificar espacios ocupados y disponibles. Los resultados se mostraron en una interfaz web intuitiva, lo que brindaría a los usuarios una visualización en tiempo real de la disponibilidad de estacionamiento. Esta visualización no solo facilita la búsqueda de espacios, reduciendo el tiempo necesario para estacionar, sino que también contribuye a una mejor organización y flujo vehicular en el parqueadero.

La implementación de este sistema trae numerosos beneficios, optimizando la administración de los espacios de estacionamiento y facilitando una experiencia de uso más ágil y satisfactoria. La visualización instantánea de los espacios disponibles permite a los usuarios encontrar estacionamiento de manera más rápida y eficiente, reduciendo el tiempo de búsqueda y mejorando el flujo vehicular en el parqueadero. Además, la expansión del sistema a otras áreas del estacionamiento beneficiaría a un mayor número de usuarios, fortaleciendo la gestión integral de los espacios de estacionamiento y contribuyendo a un entorno más ordenado y accesible para todos.

5.2. Recomendaciones:

Actualmente, el sistema se limita a una zona específica del parqueadero en el campus Ing. Manuel Haz Álvarez de la UTEQ. Para optimizar su funcionamiento, se recomienda

extender la cobertura hacia otras áreas de estacionamiento dentro del campus. Esto permitiría ofrecer información en tiempo real sobre la disponibilidad de espacios en más sectores, reduciendo la congestión y permitiendo una gestión más fluida del tráfico en todos los puntos de estacionamiento. Además, una cobertura más amplia beneficiaría a un mayor número de usuarios, facilitando el acceso y la organización de vehículos de manera integral.

Implementar algoritmos de aprendizaje automático que analicen patrones de uso del parqueadero podría anticipar los momentos de mayor demanda y prever la disponibilidad de espacios. Estos algoritmos pueden aprovechar datos históricos para identificar horas pico, días de alta ocupación y otros patrones que influyen en el uso del parqueadero. Al anticipar la ocupación de espacios, el sistema no solo ofrecería información en tiempo real, sino también recomendaciones predictivas que permitirían a los usuarios planificar su llegada al campus. Esta funcionalidad mejoraría la comodidad y satisfacción de los usuarios, especialmente en horarios críticos como el inicio y final de las clases.

Aunque el sistema actual depende principalmente de la visión artificial, se sugiere evaluar el uso de sensores de presión o sensores ultrasónicos en futuras fases del proyecto. Estos dispositivos complementarios proporcionarían datos adicionales para detectar con precisión la presencia de vehículos en cada espacio de estacionamiento, aumentando la fiabilidad del sistema. Los sensores de presión podrían colocarse en el pavimento de cada espacio, detectando de manera precisa el peso de un vehículo estacionado, mientras que los sensores ultrasónicos serían capaces de medir la distancia hasta el vehículo y determinar su presencia. La combinación de estas tecnologías con la visión artificial aumentaría la precisión general del sistema, permitiendo una supervisión más exhaustiva y reduciendo cualquier margen de error en la detección de espacios ocupados o disponibles.

CAPÍTULO VI:
BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía:

- [1] EZYTEC, «7 tendencias tecnológicas para parqueaderos inteligentes». Accedido: 4 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://ezytec.co/blog/tendencias-parqueaderos-inteligente/>
- [2] IS-ARQuitectura, «Las torres de coches del Autostadt», feb. 2018. Accedido: 4 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://is-arquitectura.com/arquitectura/torres/autostadt-towers/>
- [3] Jimmy Pepinosa, «Cómo funcionan los parqueaderos automatizados con inteligencia artificial». [En línea]. Disponible en: <https://www.infobae.com/tecno/2024/05/04/como-funcionan-los-parqueaderos-automatizados-con-inteligencia-artificial/>
- [4] E. J. Saltos Taípe, «Diseño de un prototipo de sistema de parqueo inteligente para el edificio de la FIE utilizando tecnologías basado en el Internet de las Cosas.», Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2018. Accedido: 4 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10930>
- [5] K. Wheler, «SFPark: Aparcamiento inteligente en San Francisco», may 2011. Accedido: 4 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.tecnocarreteras.es/2011/05/25/sfpark-aparcamiento-inteligente-en-san-francisco/>
- [6] G. Ali *et al.*, «IoT based smart parking system using deep long short memory network», *Electronics (Switzerland)*, vol. 9, n.º 10, pp. 1-18, oct. 2020, doi: 10.3390/electronics9101696.
- [7] D. H. Cuzco Torres y S. J. Pinos Carangui, «Diseño de un sistema de parqueo inteligente para el centro histórico de la ciudad de Cuenca, aplicando una red LPWAN», Universidad Politécnica Salesiana, 2022. Accedido: 4 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22405>
- [8] Tuteorica, «Gestión del tráfico con semáforos inteligentes_ revolución de la IA - tuteorica». Accedido: 4 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://tuteorica.com/blog/ia/gestion-del-traffic-con-semaforos-inteligentes/>
- [9] F. Pasimeni, «Gestión inteligente del tráfico». [En línea]. Disponible en: <https://www.phoenixcontact.com/es-pc/industrias/aplicaciones/gestion-inteligente-del-traffic>

- [10] Qaleon, «La IA en el futuro de la Movilidad Sostenible». Accedido: 4 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://qaleon.com/blog/el-futuro-de-la-movilidad-sostenible-como-la-inteligencia-artificial-esta-transformando-la-forma-de-movernos/#:~:text=Gesti%C3%B3n%20Inteligente%20del%20Tr%C3%A1fic>
- [11] Parklio, «Soluciones de gestión de estacionamiento para instituciones educativas». [En línea]. Disponible en: <https://parklio.com/es/casos-de-uso/soluciones-de-gestion-de-estacionamiento-para-instituciones-educativas>
- [12] Red Hat, «¿Qué es el Internet de las cosas (IoT)?» Accedido: 4 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.redhat.com/es/topics/internet-of-things/what-is-iot>
- [13] HBM, «¿Qué es un sensor de presión?» [En línea]. Disponible en: <https://www.hbm.com/es/7646/que-es-un-sensor-de-presion/>
- [14] Ingeniería Mecafenix, «¿Qué es un sensor ultrasónico?» [En línea]. Disponible en: <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/sensores/ultrasonico/>
- [15] I. S., V. S., y T. Infinita, «LA VISIÓN ARTIFICIAL Y LOS CAMPOS DE APLICACIÓN ARTIFICIAL», *Tierra Infinita*, vol. 1, pp. 98-108, abr. 2015, doi: 10.32645/26028131.76.
- [16] V. Alvear-Puertas, P. Rosero-Montalvo, D. Peluffo-Ordóñez, y J. Pijal-Rojas, «Internet of Things and Artificial Vision, Performance and Applications: Literature Review», *Enfoque UTE*, vol. 8, n.º 1, pp. 244-256, feb. 2017, doi: 10.29019/enfoqueute.v8n1.121.
- [17] J. F. Vélez Serrano, J. L. E. Sánchez-Marín, A. B. Moreno Díaz, y A. Sánchez Calle, *Vision Por Computador*, 6.ª ed. 2016. Accedido: 5 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://www.visionporcomputador.es/libroVision/libro.html>
- [18] clearview, «Cómo Entrenar un Sistema de Deep Learning para Visión Artificial». [En línea]. Disponible en: <https://www.clearview-imaging.com/es/blog/c>
- [19] Nephos IT, «¿CÓMO FUNCIONA EL RFID?» [En línea]. Disponible en: <https://www.nephosit.com/que-es-rfid-como-funciona-y-en-que-se-utiliza/>
- [20] Geoinnova, «¿Qué es un sistema LiDAR?» Accedido: 5 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://geoinnova.org/blog-territorio/que-es-un-sistema-lidar/>

- [21] Y. Fernández, «Qué es Arduino, cómo funciona y qué puedes hacer con uno». Accedido: 5 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>
- [22] B. Santana, «Raspberry Pi 4 Para qué sirve y qué podemos hacer con él». Accedido: 5 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://es.ign.com/raspberry-pi/153948/feature/raspberry-pi-4-para-que-sirve-y-que-podemos-hacer-con-el>
- [23] CircuitSchools, «¿Qué es ESP32, cómo funciona y qué se puede hacer con ESP32?» [En línea]. Disponible en: <https://www.circuitschools.com/what-is-esp32-how-it-works-and-what-you-can-do-with-esp32/>
- [24] S. López Mora, «Firebase qué es, para qué sirve, funcionalidades y ventajas». Accedido: 5 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://digital55.com/blog/que-es-firebase-funcionalidades-ventajas-conclusiones/>
- [25] Zoumana Keita, «¿Qué es YOLO?» Accedido: 22 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.datacamp.com/es/blog/yolo-object-detection-explained>
- [26] J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, y A. Farhadi, «You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection», jun. 2015, [En línea]. Disponible en: <http://arxiv.org/abs/1506.02640>
- [27] «Modelos admitidos por Ultralytics». Accedido: 22 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://docs.ultralytics.com/es/models/#why-should-i-use-ultralytics-hub-for-machine-learning-projects>
- [28] «Ultralytics YOLOv8». Accedido: 27 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://docs.ultralytics.com/models/yolov8/#can-i-benchmark-yolov8-models-for-performance>
- [29] Ó. del gobierno del E. Registro oficial, «Ley orgánica de telecomunicaciones», 18 de febrero de 2015 Accedido: 5 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/05/Ley-Org%C3%A1nica-de-Telecomunicaciones.pdf>
- [30] CONATEL, «REGULACION CENTROS DE INFORMACION Y APLICACIONES EN RED DE INTERNET», abr. 2009. Accedido: 5 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/11/Regulacion-Centros-de-Informacion-y-Aplicaciones-en-Red-de-Internet.pdf>

- [31] CONATEL, «LEY DE COMERCIO ELECTRONICO, FIRMAS Y MENSAJES DE DATOS», abr. 2002. Accedido: 5 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/11/Ley-de-Comercio-Electronico-Firmas-y-Mensajes-de-Datos.pdf>
- [32] EL COMERCIO, «Empleadores deben justificar el uso de cámaras de seguridad». Accedido: 20 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/empleadores-justificar-uso-camaras-seguridad.html>
- [33] Ecuador Empleos, «Uso de Cámaras de Seguridad en el Trabajo deberá ser Justificado 2024». Accedido: 20 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://ecuadoreempleos.org/articulos/empleadores/uso-de-camaras-de-seguridad-en-el-trabajo-debera-ser-justificado/>

CAPÍTULO VII:
ANEXOS

Anexo 1

Ilustración 35. Permiso de uso del parqueadero



Universidad Técnica Estatal de Quevedo
La primera universidad agropecuaria del Ecuador

Vicerrectorado Administrativo

Quevedo, 29 de agosto de 2024.

UTEQ-VICADMIN-2024-34-O

ASUNTO: Autorización para aplicación de trabajo de integración curricular en edificio de parqueo del campus central.

Srta.

Solange Isabela Villarroel Intriago

Estudiante de la carrera de Telemática – FCI

Presente

De mi consideración:

En contestación a su requerimiento con oficio sin número de fecha 21 de agosto de 2024, mediante el cual solicita colaboración para su trabajo de integración curricular titulado “Gestión inteligente del tráfico vehicular del parqueadero del Campus Ing. Manuel Haz Álvarez de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo”, y una vez revisado los objetivos del proyecto, beneficios del proyecto, tipo de equipo a utilizar, tengo a bien señalar lo siguiente.

Mediante el presente AUTORIZO a la Srta. **Solange Isabela Villarroel Intriago**, con cédula de indentidad: 0942685157, estudiante del décimo módulo de la carrera de Telemática, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, implementar el proyecto titulado “Gestión inteligente del tráfico vehicular del parqueadero del Campus Ing. Manuel Haz Álvarez de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo”, en el edificio de parqueo del campus central, de acuerdo a lo siguiente:

Objetivo del proyecto: Implementar un sistema inteligente para gestionar el flujo de tráfico vehicular en el parqueadero del campus central.

Fecha de implementación: Lunes 02 de septiembre de 2024 hasta viernes 18 de octubre de 2024.

Tipo de equipo a utilizar: Cámaras, raspberry, cables, LEDs y pantalla.

Espacio a utilizar y a aplicar el proyecto: Planta baja, fila de en medio del edificio de parqueos campus central.

Atentamente.



SOLIVAR ROBERTO
PICO SALTOS

Roberto Pico Saltos, PhD

Vicerrector Administrativo

Anexo 2

Ilustración 36. Información de usuarios del parqueadero



Vicerrectorado Administrativo

Quevedo, 29 de agosto de 2024.

UTEQ-VICADMIN-2024-33-O

ASUNTO: Respuesta a Requerimiento de información para ser aplicado en trabajo de integración curricular.

Srta.

Solange Isabela Villarroel Intriago

Estudiante de la carrera de Telemática – FCI

Presente

De mi consideración:

En contestación a su requerimiento con oficio sin número de fecha 21 de agosto de 2024, mediante el cual solicita colaboración para su trabajo de integración curricular titulado “Gestión inteligente del tráfico vehicular del parqueadero del Campus Ing. Manuel Haz Álvarez de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo”, tengo a bien señalar lo siguiente.

1.- Cantidad de usuarios del edificio de parqueos del campus central: fijos 70; entre personal que utilizan por fracción de minutos: 92 usuarios aproximadamente en total.

Atentamente.



BOLIVAR ROBERTO
PICO SALTOS

Ing. Roberto Pico Saltos, PhD

Vicerrector Administrativo

Anexo 3

Ilustración 37. Prueba de funcionamiento de cámara



Anexo 4

Ilustración 38. Prueba de ubicación de cámara



Anexo 5

Ilustración 39. Ubicación de cámara



Anexo 6

Ilustración 40. Funcionamiento del sistema

