



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL**

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES

Tema

**SISTEMA DE SEGURIDAD CON TECNOLOGÍA IOT Y RECONOCIMIENTO
FACIAL PARA LA COMPAÑÍA DE TAXIS PATRIA PATRIATAX S.A.**

Trabajo de Titulación Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo a
la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones.

ÁREA: Física y Electrónica

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Sistemas Electrónicos

AUTOR: Cristian Daniel Lema Amores

TUTOR: Ing. Santiago Altamirano Meléndez, Mg.

Ambato – Ecuador

agosto - 2023

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del Trabajo de Titulación con el tema: SISTEMA DE SEGURIDAD CON TECNOLOGÍA IOT Y RECONOCIMIENTO FACIAL PARA LA COMPAÑÍA DE TAXIS PATRIA PATRIATAX S.A., desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación por el señor Cristian Daniel Lema Amores, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito indicar que el estudiante ha sido tutorado durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 15 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y el numeral 7.4 del respectivo instructivo.

Ambato, agosto 2023.

Ing. Santiago Altamirano Meléndez, Mg.

TUTOR

AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado SISTEMA DE SEGURIDAD CON TECNOLOGÍA IOT Y RECONOCIMIENTO FACIAL PARA LA COMPAÑÍA DE TAXIS PATRIA PATRIATAX S.A., es absolutamente original, auténtico y personal. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, agosto 2023

Cristian Daniel Lema Amores
C.C. 0503115123
AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación en favor de la Universidad Técnica de Ambato, con fines de difusión pública. Además, autorizo su reproducción total o parcial dentro de las regulaciones de la institución.

Ambato, agosto 2023

Cristian Daniel Lema Amores
C.C. 0503115123
AUTOR

APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del Informe Final del Trabajo de Titulación presentado por el señor Cristian Daniel Lema Amores, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, titulado SISTEMA DE SEGURIDAD CON TECNOLOGÍA IOT Y RECONOCIMIENTO FACIAL PARA LA COMPAÑÍA DE TAXIS PATRIA PATRIATAX S.A., nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 17 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y al numeral 7.6 del respectivo instructivo. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con la señora Presidente del Tribunal.

Ambato, agosto 2023.

Ing. Pilar Urrutia, Mg.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Pamela Castro, Mg.

PROFESOR CALIFICADOR

Ing. Mario García, Mg.

PROFESOR CALIFICADOR

DEDICATORIA

A Dios, porque sin él todos mis logros no hubieran sido posible, su fortaleza, fé y sus enseñanzas complementan mi formación Universitaria y como persona.

A mis padres, Luis Eduardo y Gladys Esmeralda, sus consejos, valores y apoyo en todo momento, fueron los pilares que hicieron posible esta etapa de mi vida, siempre viviré agradecido con ustedes. Los AMO MUCHO.

A mis hermanos, Luis y a las Gemelitas Josselyn y Jissela, ustedes me sostuvieron y me animaron a cumplir este objetivo.

A mi Tío Mario Lema, que desde el cielo me cuida, siempre recordaré sus palabras y enseñanzas, por confiar en mí e impulsarme a superarme.

Cristian Daniel Lema Amores

AGRADECIMIENTO

A mi tutor Ing. Santiago Altamirano por sus enseñanzas, constancia y apoyo fue de gran ayuda en mi proceso de titulación.

A la FISEI, mis compañeros y Docentes que tuve la oportunidad de tener en mi vida universitaria que formaron parte del importante proceso de mi formación profesional y personal.

A mis amigos Davo, Cons, Juank, Leslie, Pablo por todas las historias, enseñanzas, y horas de estudio que compartimos y que nunca me dejaron desistir.

Cristian Daniel Lema Amores

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	II
AUTORÍA III	
DERECHOS DE AUTOR	IV
APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO.....	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
ÍNDICE GENERAL.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
RESUMEN EJECUTIVO	XIV
ABSTRACT.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVI
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 Tema de Investigación.....	1
1.2 Antecedentes Investigativos	1
1.2.1 Contextualización del Problema	4
1.2.2 Fundamentación Teórica.....	5
1.2.3 Seguridad vial, transporte seguro.....	5
1.2.4 Sistema de seguridad vehicular.....	6
1.2.4.1 Tipos de sistema de seguridad vehicular	7
1.2.3 Sistemas biométricos.....	7
1.2.3.1 Clasificación de los sistemas biométricos	8
1.2.3.2 Ventajas y desventajas de tecnología biométrica	10

1.2.4	Sistema de procesamiento digital de imágenes	11
1.2.5	Reconocimiento facial.....	13
1.2.5.1	Aplicaciones de reconocimiento facial.....	13
1.2.5.2	Ventajas y desventajas de reconocimiento facial	14
1.2.5.3	Métodos Basados en Rasgos Faciales	14
1.2.5.4	Sistemas de reconocimiento facial en automóviles.....	15
1.2.5.5	Algoritmos predominantes en el reconocimiento facial.....	16
1.2.5.6	Sistema de posicionamiento global vehicular	18
1.2.5.7	Sistema Alcolock.....	19
1.3	Objetivos	19
1.3.3	Objetivo general	19
1.3.4	Objetivos Específicos.....	19
CAPÍTULO II		21
METODOLOGÍA.....		21
2.1	Materiales	21
2.2	Métodos	21
2.2.1	Modalidad de Investigación	21
2.2.2	Recolección de Información	22
2.2.3	Procesamiento y análisis de datos	22
2.2.4	Propuesta de solución.....	23
CAPÍTULO III.....		25
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		25
3.1	Análisis y discusión de los resultados	25
3.1.1	Desarrollo de la propuesta.....	25
3.1.2	Estructura general del sistema.....	26
3.1.1	Requerimiento del sistema de seguridad vehicular	28
3.1.1.1	Selección de los componentes del sistema	28

3.1.2	Diseño del sistema de reconocimiento facial.....	33
3.1.3	Implementación del sistema de seguridad.....	34
3.1.4	Diseño Electrónico.....	34
3.1.5	Programación de reconocimiento Facial.....	39
3.1.6	Diseño de Interfaz.....	41
3.1.7	Sistema de reconocimiento facial.....	44
3.1.8	Pruebas de Funcionamiento.....	50
CAPÍTULO IV.....		71
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		71
4.1.	Conclusiones.....	71
4.2.	Recomendaciones.....	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Equipos para la seguridad vehicular [12].	7
Tabla 2. Características y funciones comunes en un sistema de procesamiento digital de imágenes [18].	12
Tabla 3. Tarjetas microcontroladoras [27].....	29
Tabla 4. Pantallas LCD [28].	30
Tabla 5. GPS [29].	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Dispositivos de control y monitoreo de transporte [11].	6
Figura 2. Aspectos y cualidades de un sistema biométrico.	8
Figura 3. Sistemas biométricos según su tecnología [17].	9
Figura 4. Tipos de servidores de streaming [19].	13
Figura 5. Ventajas y desventajas de reconocimiento facial	14
Figura 6. Métodos basados en rasgos faciales	15
Figura 7. Diagrama del sistema de reconocimiento facial [9] [10].	16
Figura 8. Geolocalización vehicular en tiempo real [23].	18
Figura 9. Funcionamiento del sistema alcolock [25].	19
Figura 10. Estructura general del sistema de seguridad	27
Figura 11. Módulo mq3 (alcoholímetro)	31
Figura 12. ESP32-CAM.	32
Figura 13. Inicialización de librerías	34
Figura 14. Inicialización del puerto serial	35
Figura 15. Programación de la pantalla LCD	35
Figura 16. Código de lectura del alcoholímetro	35
Figura 17. Lectura del puerto serial, posicionamiento GPS	36
Figura 18. Envío de datos al módulo ESP8266	36
Figura 19. Programación del modulo ESP8266	37
Figura 20. Envío de valores por MQTT	37
Figura 21. Programación de ESP32 CAM.	38
Figura 22. Código de detección de rostro	38
Figura 23. Programación de reconocimiento facial	39
Figura 24. Programación de los descriptores faciales	40
Figura 25. Comprobar los descriptores con la base de datos.	41

Figura 26. Interfaz Grafana.....	42
Figura 27. Visualización de ubicación y nivel de alcohol	43
Figura 28. Montaje y ensamblado del sistema de seguridad vehicular	43
Figura 29. Implementación del sistema en la unidad vehicular.....	44
Figura 30. Fotografía para sacar datos faciales	44
Figura 31. Segmentacion del rostro	45
Figura 32. Puntos faciales.....	45
Figura 33. Encoding.....	46
Figura 34. Fotografía en el taxi.....	47
Figura 35. Reconocimiento de rostro y puntos faciales.....	47
Figura 36. Reconocimiento de rostro y puntos faciales en otro angulo.....	48
Figura 37. Reconocimiento de rostro.....	48
Figura 38. Rostro reconocido	49
Figura 39. Fotografía en otro ambiente	49
Figura 40. Rostro no reconocido	50
Figura 41. Visualización de la etapa inicial del sistema.....	51
Figura 42. Sistema de alcoholímetro en funcionamiento	52
Figura 43. Comprobación de conectividad.....	52
Figura 44. Reconocimiento y captura de rostro del pasajero.....	53

RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto de investigación se enfoca en el diseño de un sistema de seguridad basado en el reconocimiento facial para la empresa de taxis Patriatax S.A. ubicada en el cantón Latacunga. Este proyecto surge debido al aumento de la delincuencia en las cooperativas de taxis en la zona, por lo que se busca implementar un método efectivo que permita reducir la delincuencia y la victimización a través del reconocimiento facial del conductor y del pasajero.

La importancia de este sistema radica en que permite obtener información relevante sobre los pasajeros, como posibles problemas con la ley, si son criminales buscados o tienen antecedentes penales, lo que contribuye a prevenir situaciones de peligro para los pasajeros y el conductor. Además, el reconocimiento facial del conductor garantiza que el vehículo solo sea utilizado por el conductor designado para esa unidad, lo que aumenta la seguridad de los pasajeros. También se incorpora una prueba de alcoholemia, que puede reducir el número de accidentes causados por conductores en estado etílico.

La realización de este sistema depende en gran medida de la existencia de tecnología avanzada de reconocimiento facial y plataformas IOT que permiten la recolección y visualización en tiempo real de los datos. Los efectos de la implementación de este sistema son altamente significativos, puesto que no solo mejora la calidad del servicio prestado por la empresa de taxis Patriatax S.A, sino que también aumenta la confianza de los usuarios en el transporte público. Como resultado, se espera que el número de usuarios de los servicios de la compañía de taxis aumente, lo que tiene un impacto positivo en la seguridad y calidad del servicio de transporte, así como en la confianza de los usuarios que se beneficia del mismo.

Palabras clave: Reconocimiento facial, seguridad, alcoholemia, plataforma IOT

ABSTRACT

The research project focuses on the design of a facial recognition-based security system for the taxi company Patriatax S.A., located in the Latacunga city. This project arises due to the increase in crime in taxi cooperatives in the area, so it seeks to implement an effective method to reduce crime and victimization through facial recognition of the driver and the passenger.

The importance of this system lies in its ability to obtain relevant information about passengers, such as possible legal issues, whether they are wanted criminals or have criminal records, which contributes to preventing dangerous situations for both passengers and the driver. Additionally, the facial recognition of the driver ensures that the vehicle is only used by the designated driver for that unit, increasing the safety of the passengers. An alcohol test is also incorporated, which can reduce the number of accidents caused by intoxicated drivers.

The implementation of this system heavily relies on the existence of advanced facial recognition technology and IoT platforms that allow real-time data collection and visualization. The effects of implementing this system are highly significant, as it not only improves the quality of service provided by Patriatax S.A. taxi company but also increases the trust of users in public transportation. As a result, it is expected that the number of users of the taxi company's services will increase, positively impacting the safety and quality of transportation services and benefiting the confidence of the users.

Keywords: Facial recognition, security, alcohol test, IoT platform.

INTRODUCCIÓN

El transporte público ha estado evolucionando durante varias décadas para mejorar la movilidad de las personas, ya sea en vehículos compartidos como autobuses o en medios de transporte más directos, como los taxis. En el año 2022, el transporte público a nivel mundial experimentó un aumento de aproximadamente 93,5 millones de usuarios en comparación con el año anterior. Sin embargo, también aumentó en la inseguridad, especialmente en las cooperativas de taxis que carecen de sistemas de seguridad adecuados, lo que ha afectado principalmente a los usuarios. Este problema parece estar en aumento, ya que los estudios indican que la cifra de delitos podría aumentar considerablemente en el año 2023. Además, se espera que para el año 2027 la cantidad de usuarios del transporte público alcance los 4.500 millones [1].

El proyecto denominado Sistema de seguridad con tecnología IoT y reconocimiento facial para la compañía de taxis Patria Patriatax S.A. se desarrolla como un sistema de seguridad vehicular mediante el reconocimiento facial del pasajero y del conductor permitiendo mejorar la seguridad en el transporte público y contribuyendo a reducir la delincuencia en este tipo de servicio. La importancia de este sistema radica en que permite obtener información importante sobre los pasajeros, como si tienen problemas con la ley, si son criminales buscados o tienen antecedentes penales, lo que puede ayudar a prevenir situaciones de peligro para los demás pasajeros y para el conductor [2].

Además, el reconocimiento facial del conductor asegura que el vehículo solo sea utilizado por el conductor designado para esa unidad, lo que aumenta la seguridad de los pasajeros. La incorporación de una prueba de alcoholemia también es importante, ya que puede reducir el número de accidentes causados por conductores en estado etílico.

La factibilidad de este sistema radica en la disponibilidad de tecnología avanzada de reconocimiento facial y plataformas IOT que permiten la recopilación de datos y su visualización en tiempo real. El impacto de la implementación de este sistema contribuye a mejorar la calidad del servicio de la Compañía y aumenta la confianza de los usuarios en el transporte público, al igual que el número de socios que utilizan sus servicios.

Para la ejecución exitosa del proyecto, es indispensable contar con equipos adecuados, módulos de contenidos, codificación y distribución de contenidos a los usuarios, todo ello destinado al desarrollo de la plataforma. La inclusión de tecnología de fibra óptica y la integración de servicios OTT brindan mayores opciones en cuanto a flexibilidad y escalabilidad en la plataforma, aspectos vitales para la satisfacción de las exigencias y requerimientos de los clientes.

Los beneficiarios directos de este sistema son los pasajeros y conductores de la Compañía de taxis Patriatax S.A., ya que se mejora las medidas de seguridad en el transporte público y se reduce la delincuencia. Los familiares de los pasajeros también se benefician al tener acceso a información en tiempo real sobre los diferentes parámetros de la unidad a través de la plataforma IOT.

El desarrollo del proyecto investigativo y su aporte en la seguridad de transporte se desglosa en cuatro capítulos expuesto en este apartado.

Capítulo I, se aplica la metodología de investigación, donde se emplean los conocimientos adquiridos durante la carrera para desarrollar el sistema de seguridad electrónica en la Compañía de Taxis. Además, se recopila información a través de la investigación para abarcar los conocimientos necesarios al desarrollo del proyecto.

Capítulo II, se detalla la metodología utilizada en el estudio del proyecto, en la que se describen los materiales y herramientas utilizados para ampliar el conocimiento en el área de seguridad en el transporte, así como el procedimiento de recolección y análisis de datos.

Capítulo III, el proyecto se ejecuta siguiendo el plan general de la propuesta, utilizando las herramientas adecuadas de hardware y software para lograr los objetivos establecidos. Se valida el sistema implementado en el área de estudio mediante la evaluación del rendimiento del prototipo desarrollado, realizando las pruebas de funcionamiento necesarias.

Capítulo IV, En esta sección se presentan las conclusiones y recomendaciones derivadas del proyecto de investigación, en el que se evalúa el desempeño y la eficacia del sistema desarrollado en relación con el problema estudiado. Se exponen los datos

obtenidos y se extraen las conclusiones pertinentes, junto con recomendaciones para posibles mejoras en el sistema implementado.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Tema de Investigación

SISTEMA DE SEGURIDAD CON TECNOLOGÍA IOT Y RECONOCIMIENTO FACIAL PARA LA COMPAÑÍA DE TAXIS PATRIA PATRIATAX S.A.

1.2 Antecedentes Investigativos

Se realizó la investigación en los diferentes repositorios de las Universidades tanto nacionales como internacionales, en artículos científicos de revisas que pueda aportar una información relevante sobre la seguridad electrónica y reconocimiento facial en transportes públicos.

En el artículo de investigación denominado “Sistema de seguridad con reconocimiento facial en módulo ESP32” En el año 2022, el autor Carlos Bazán Prieto desarrolló un sistema de seguridad con el propósito de proveer confianza en la seguridad de ciertos bienes o lugares. Para este fin, se utilizaron imágenes de rostros de personas para entrenar el modelo de reconocimiento facial y se capturaron imágenes en tiempo real por medio de la cámara del módulo ESP32 para la detección y reconocimiento facial. La programación del módulo ESP32 y el algoritmo de reconocimiento facial se llevó a cabo en el IDE de Arduino, mientras que la biblioteca OpenCV se empleó para el procesamiento de imágenes y el entrenamiento del modelo, Por su parte, la plataforma de desarrollo DeepLearning4j se aprovechó para la implementación del modelo de reconocimiento facial basado en redes neuronales, además de un ordenador personal para el entrenamiento del modelo y la configuración del módulo ESP32. En cuanto a la implementación del dispositivo de alarma, se utilizó un zumbador. El sistema de seguridad implementado fue altamente eficiente, lo que se tradujo en una disminución significativa de los incidentes. El sistema de seguridad constó de varias etapas, que incluyeron la captura de imágenes en tiempo real, el procesamiento de imágenes, la detección y reconocimiento facial, la activación de una alarma en caso de detección de rostros desconocidos y la transmisión de imágenes a un dispositivo móvil para monitoreo en tiempo real. Los servicios utilizados para el funcionamiento del sistema

de seguridad fueron adecuados y ofrecieron el soporte necesario para su correcto desempeño [3].

La investigación realizada por Arturo Castillo en el año 2021, denominado “Desarrollo de módulo de reconocimiento facial a través de cámaras de seguridad, para la empresa Accenture LTDA.” realizó un sistema de reconocimiento facial mediante una base de datos de imágenes faciales que contenía 400 imágenes de 40 individuos distintos, cada uno con 10 imágenes. Las imágenes fueron capturadas en diferentes condiciones de iluminación, expresiones faciales, oclusión y poses. Se utilizó el software MATLAB para el procesamiento y análisis de las imágenes faciales, incluyendo la extracción de características faciales mediante el algoritmo de Eigenfaces y la realización de pruebas de reconocimiento facial mediante la técnica de reconocimiento de patrones. Todo esto se llevó a cabo en una computadora personal con las especificaciones técnicas adecuadas para ejecutar el software MATLAB, con el objetivo de aplicar el reconocimiento facial a los servicios existentes de la empresa. Se llevó a cabo una investigación en relación con el procesamiento de imágenes, con el fin de utilizar esta información para aplicaciones web o de seguridad para los clientes. Posteriormente, se diseñó un módulo de reconocimiento facial que cumplía con los requisitos de Accenture LTDA, empleando cámaras de seguridad, procesadores de imágenes y un software libre de programación en Python. Como resultado, se mejoró el sistema de seguridad preexistente de Accenture y se logró un reconocimiento facial adecuado. El uso de cámaras de seguridad y procesadores de imágenes permitió la captura de imágenes precisas y de alta calidad, lo que aumentó la eficacia del sistema. Además, la programación en software libre permitió la integración del módulo de reconocimiento facial con los sistemas preexistentes de la empresa [4].

La investigación realizada por Dora de las Mercedes Lindao, en el año 2020 con el tema “Desarrollo de un sistema de seguridad vehicular para la detección de personas autorizadas aplicando reconocimiento facial.” Se desarrolló un prototipo con el objetivo de disminuir la delincuencia en Guayaquil, el cual garantiza seguridad a vehículos privados mediante el reconocimiento facial. En este proyecto, se emplearon componentes de hardware como una laptop Toshiba, una placa Raspberry Pi 3 model B y una cámara PiNoir. La cámara captura imágenes faciales, las cuales son almacenadas en una base de datos para su posterior reconocimiento facial. Además, el

sistema permite autorizar el encendido del vehículo solo si el rostro del conductor coincide con el registrado en la base de datos. El reconocimiento facial se realiza mediante la técnica de Histogramas de Patrones Binarios Locales (LBPH) que viene incluida en el paquete de OpenCV. Para la detección de rostros se utiliza el clasificador Haar Cascade y se emplea OpenCV para el procesamiento de imágenes. Se creó una base de datos de rostros almacenados en una subcarpeta llamada "dataset", y otra base de datos para identificar al dueño del vehículo y almacenar la información de las fotografías tomadas. Este proyecto representa un avance en la tecnología de reconocimiento facial en vehículos y aunque no es monitoreado a través de internet y su uso es local, constituye una importante contribución a la investigación sobre las mejores herramientas aplicables al reconocimiento facial en el transporte público [5].

Elías Aracayo en su investigación publicada en el año 2019, con el tema “Aplicación móvil de geolocalización para el control y la gestión de la seguridad en conductores de la Empresa de Taxi Exitoso E.I.R.L.” Se llevó a cabo la creación de una aplicación móvil para dispositivos móviles que permita el rastreo y localización de los vehículos de la cooperativa de taxis Exitoso con el fin de disminuir los incidentes en las rutas de los conductores y mejorar el control y gestión de la seguridad en tiempo real. La aplicación fue desarrollada para sistemas operativos Android e iOS utilizando la plataforma de desarrollo móvil Xamarin, la cual utiliza la tecnología GPS para la geolocalización de los conductores de taxi. Para la metodología de desarrollo se adoptó la estrategia incremental Scrum, la cual permitió establecer las etapas del proyecto según las necesidades del mismo. En cuanto al software utilizado, se empleó Xamarin para la plataforma de desarrollo móvil, Google Maps API para la visualización de mapas y ubicación de los conductores de taxi, MySQL para almacenar la información de los conductores de taxi y servicio web RESTful para la comunicación entre la aplicación móvil y la base de datos. Los resultados del análisis estadístico a través de la prueba T-Student para dos muestras relacionadas demuestran que la implementación de la aplicación móvil de geolocalización es una herramienta altamente efectiva para el control y la gestión de la seguridad. En conclusión, se puede afirmar que el desarrollo de esta aplicación ha tenido un impacto positivo en la mejora del control y gestión de la seguridad en la cooperativa de taxis Exitoso [6].

En el artículo “Sistema de monitoreo y seguridad para transporte público en la modalidad de taxi” realizado por Francisco Jurado, Tannia Mayorga, Erika Escobar y Diego Donoso en el año 2019, El proyecto se centra en una caja negra con el objetivo de recolectar información sobre el comportamiento del vehículo, incluyendo su ubicación, velocidad, imágenes de video del entorno y otra información relevante durante su desplazamiento diario. Para esto, se utiliza un microcontrolador Arduino Mega 2560 (Atmega 2560) y varios sensores, como un sensor de aceleración e inclinación (Módulo MPU6050), un sensor de agua (Raindrop) y un sensor de calidad del aire dentro del vehículo MQ135. Además, el sistema cuenta con un botón de pánico que puede ser activado por el conductor en caso de emergencia. Los datos recopilados por los sensores son procesados por el microcontrolador y almacenados en una tarjeta SD. Este sistema también presenta funciones para registrar datos de velocidad y ubicación, así como diferentes imágenes tomadas del entorno según la ubicación del taxista, con el fin de obtener datos para determinar los motivos o hechos que conllevaron a un incidente futuro. También se han incluido medidas de seguridad adicionales en caso de robo del vehículo. Los autores destacan que la medición de la calidad del aire en el interior del vehículo es una característica importante, ya que puede alertar al conductor sobre problemas de salud debido a la exposición a niveles inadecuados de contaminantes en el aire. La incorporación de estos parámetros también contribuye a mejorar la seguridad en la conducción al reducir el riesgo de accidentes causados por una disminución en la capacidad de reacción del conductor debido a problemas de salud [7].

1.2.1 Contextualización del Problema

La seguridad es un área extensa considerado como factor primordial en cada proceso que demande un riesgo, y el adquirir sistemas de seguridad siempre se debe considerar como una inversión productiva y no un gasto, puesto que el objetivo principal es cuidar y salvaguardar los bienes propios, públicos y privados, así como la vida misma, en este caso el proyecto de investigación se enfoca en los sistemas de seguridad vehicular [8].

La Compañía de taxis Patria Patriatax S.A., es una organización de transporte de pasajeros y cargas menores que brindan sus servicios a la ciudad de Latacunga en beneficio de las necesidades requeridas, entidad que realiza convocatorias entre cada

socio para discutir temas referentes a la organización, eventos, rendición de cuentas, aprobación de estatutos, seguridad, etc.

Debido a los últimos acontecimientos de inseguridad presentes en estos años en el servicio de transporte público evidenciados por parte de la institución, se rigen dos factores principales como es la gran cantidad de afiliados de la cooperativa y la delincuencia y victimización como un problema grave actualmente en la sociedad, conformado lo expuesto se evidencia inconvenientes de inseguridad, e intranquilidad tanto del conductor como el pasajero, produciendo desconfianza en cada ruta al no saber qué clase de persona se está transportando o se permite conducir [9], según los datos de la Federación Nacional de Taxis revelan que en el país a 10 000 de los 63 000 afiliados no se les instalaron equipos de seguridad y desconocen el número de socios que poseen inconvenientes en daños de equipos o mantenimiento de las 1334 cooperativas o compañías, declarando reclamos en reparaciones y altos costos que representan estos sistemas que va desde los 200 y 900 dólares, por esta razón y con el apoyo de la tecnología en el área de la electrónica, se buscara llevar un mejor control de seguridad en la compañía [10].

Se desea implementar un prototipo para el sistema de seguridad electrónica el cual proporcione un reconocimiento facial de los pasajeros que ingresan a los taxis de la Compañía de taxis Patria Patriatax S.A., así como del conductor ya que las unidades deben ser utilizadas únicamente por la persona designada, garantizando la confianza puesto que por medio este sistema se obtendrá información específica del conductor y del pasajero, si poseen o no inconvenientes legales anticipando la seguridad y previniendo futuros desenlaces delictivos como asaltos de bienes personales, robo de unidades, estafas, muertes, etc.

1.2.2 Fundamentación Teórica

1.2.3 Seguridad vial, transporte seguro

La seguridad vial se define como la manera de salvaguardar la vida de peatones y conductores en las vías, al minimizar los efectos y reducir los accidentes. También abarca la protección de todos aquellos expuestos a peligros. Según la Agencia Nacional de Tránsito (ANT), un transporte seguro implica disminuir el índice de riesgo

vehicular a través de una planificación del servicio que utilice elementos y dispositivos de control y monitoreo, como botones de auxilio, rastreo satelital, cámaras de video y sensores de presencia [11]. Estos elementos contribuyen a proteger a los ocupantes del vehículo y a reducir el riesgo de accidentes figura1.

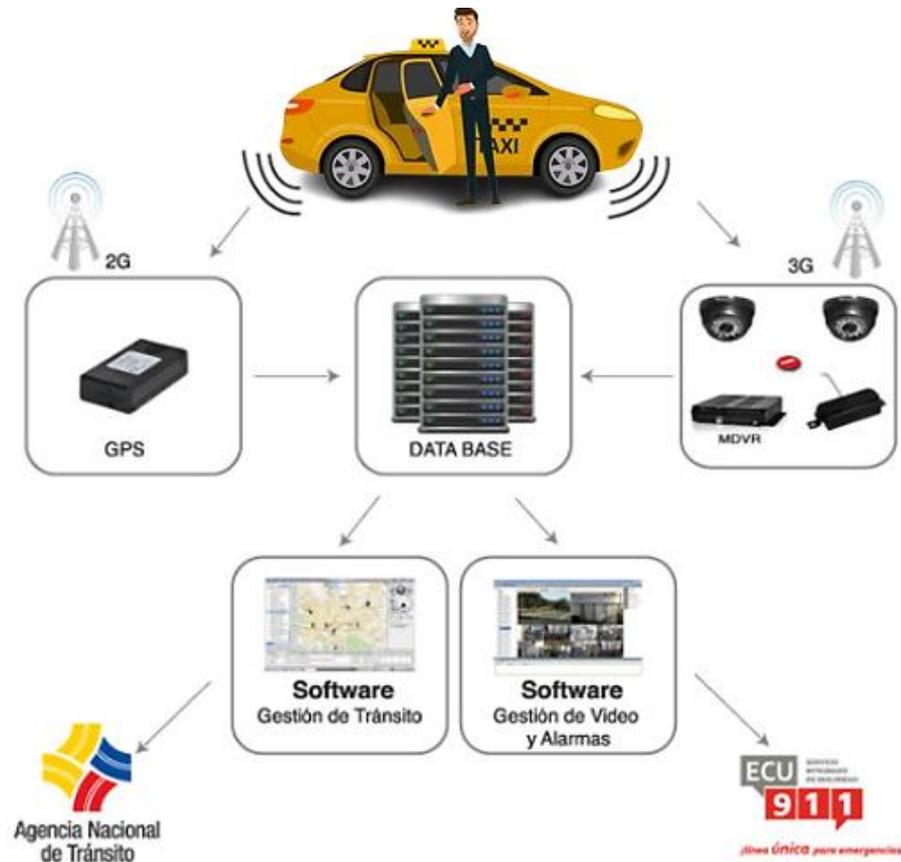


Figura 1. Dispositivos de control y monitoreo de transporte [11].

1.2.4 Sistema de seguridad vehicular

Se consideran sistemas de seguridad vehicular a los dispositivos que permiten prevenir accidentes así también para proteger y salvaguardar la vida de los ocupantes del vehículo buscando reducir el índice de siniestralidad, estos dispositivos ayudan a monitorear, alertar y comunicar señales de emergencia frente a estos hechos, permiten estar en constante gestión entre las rutas de cada unidad, actualmente los equipos que usan ayudan a grabar audio y video, en tiempo real con botones de auxilio para mandar información de la emergencia, en la tabla 1, se presentan los equipos utilizados para la seguridad del transporte [12].

1.2.4.1 Tipos de sistema de seguridad vehicular

Los sistemas de seguridad vehicular abarcan una variedad de tecnologías y características destinadas a salvaguardar a los ocupantes de un vehículo. La tabla 1, presenta los sistemas de seguridad actuales utilizados en el transporte público para su análisis.

Tabla 1. Equipos para la seguridad vehicular [12].

Sistemas y equipos de seguridad	Descripción
<p>Botones de auxilio</p> 	Permite bloquear funciones o alertar al ECU911, de alguna emergencia en la cual se presente el conductor, así como el pasajero del vehículo.
<p>Dispositivo de rastreo satelital GPS</p> 	Permite tener conocimiento en tiempo real de la ubicación del vehículo con la información de velocidad tura y estatus por medio de un monitoreo y el uso de tecnología GPS.
<p>Cámara de video infrarroja</p> 	Por medio del calor y la temperatura la cámara convierte y detecta imágenes fijas o video de alta calidad.
<p>Sensores para puertas</p> 	Detecta el movimiento de perturbaciones, personas u objetos enviando señales al software de la puerta y activa o desactiva la apertura de las puertas.
<p>UPS</p> 	Su función es abastecer de energía como fuente para todos los aparatos electrónicos que requieran ser cargados previo a su uso.

Elaborado por: El Investigador

1.2.3 Sistemas biométricos

Las características y aspectos físicos o comportamentales únicos se denominan biométricas, y mediante el uso de tecnología, permiten identificar la identidad de una

persona utilizando sus rasgos distintivos. Los sistemas biométricos se emplean en diversas necesidades, como control de acceso, autenticación, seguimiento y seguridad. Se consideran uno de los métodos más precisos para el seguimiento y almacenamiento de datos en términos de seguridad [13].

Para lograr una eficacia y utilidad óptimas, los sistemas biométricos deben cumplir con una serie de aspectos y cualidades esenciales, que se detallan en el esquema de la figura 2:

<p style="text-align: center;">Unicidad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificación precisa y confiable • Características únicas para cada persona 	<p style="text-align: center;">Permanencia</p> <ul style="list-style-type: none"> • Son estables y perduran en el tiempo • Identificación consistente y a largo plazo 	<p style="text-align: center;">Distintividad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Puede distinguir correctamente entre identidades • Evitan falsas coincidencias 	<p style="text-align: center;">Universalidad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Poseen características utilizables • Implementación generalizada
<p style="text-align: center;">Medible y cuantificable</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mediante algoritmos y técnicas • Comparación precisa de datos capturados y almacenados 	<p style="text-align: center;">Resistencia al fraude</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uso de algoritmos de detección falsa • Resistentes a las técnicas de suplantación 	<p style="text-align: center;">Rendimiento y velocidad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Permite una verificación instantánea • Tiempos de respuesta rápidos y eficientes 	<p style="text-align: center;">Privacidad y seguridad</p> <ul style="list-style-type: none"> • Medidas de protección adecuadas • Cifrado de datos, almacenamiento seguro y prevención

Figura 2. Aspectos y cualidades de un sistema biométrico

Elaborado por: El Investigador a partir de las fuentes [14] [15].

1.2.3.1 Clasificación de los sistemas biométricos

La clasificación de los sistemas biométricos se realiza en base a las características que poseen para autenticar o verificar la identidad de los individuos, y esto se hace considerando los siguientes criterios: tipo, tecnología y aplicación.

- **Sistemas biométricos según su tipo**

La clasificación de los sistemas biométricos se basa en diferentes enfoques según su tipo, considerando el análisis de características estáticas y dinámicas.

Biometría estática: se basan en el análisis de características biométricas que son constantes y no cambian con el tiempo. Estas características se evalúan y comparan con las muestras almacenadas para la verificación y autenticación. Algunos ejemplos de sistemas biométricos estáticos son las huellas dactilares, el reconocimiento facial estático y el reconocimiento ocular.

Biometría dinámica: se basan en el análisis de características biométricas que varían con el tiempo de acuerdo a especificaciones comparando patrones almacenados en base de datos. Algunos ejemplos son reconocimiento de voz dinámico, firma, escritura dinámica [16].

- **Sistemas biométricos según su tecnología**

A medida que las necesidades de aplicación han ido evolucionando, los sistemas biométricos también han experimentado avances para satisfacer dichas necesidades. Por lo tanto, en el esquema de la figura 3, se describen varios tipos de sistemas biométricos en relación a la tecnología utilizada [17].

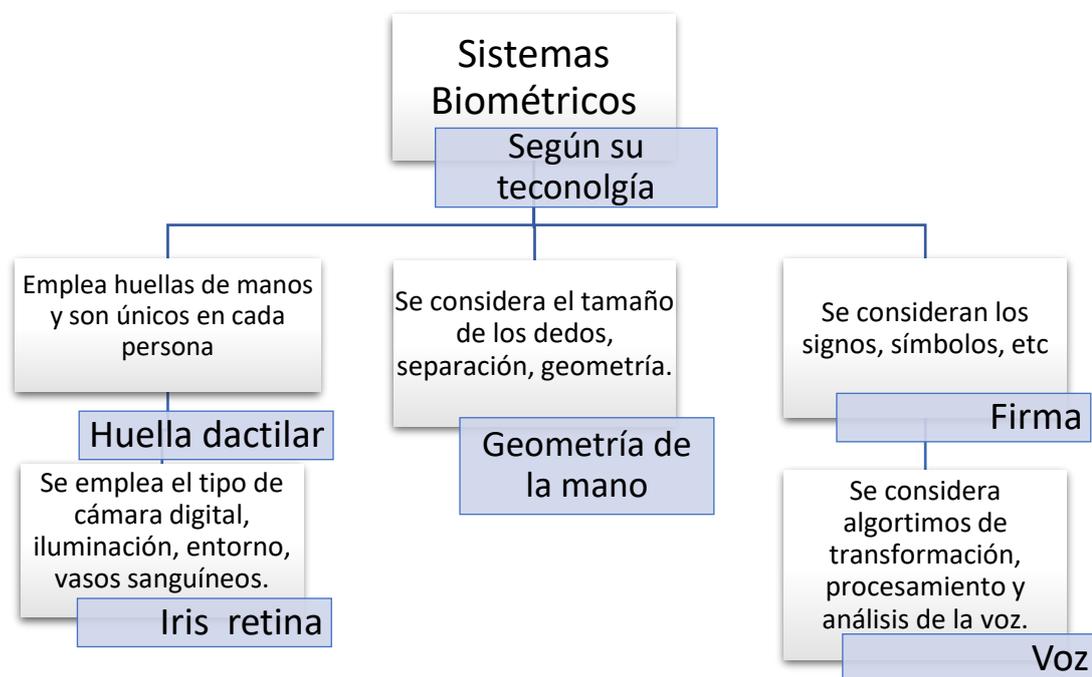
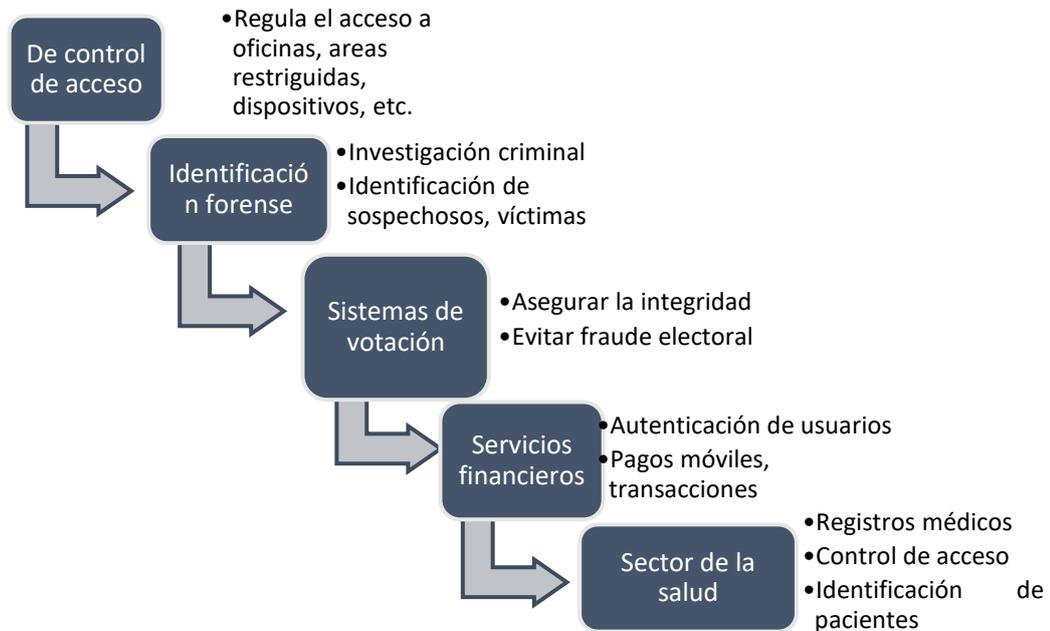


Figura 3. Sistemas biométricos según su tecnología [17].

- **Sistemas biométricos según su uso**

Tal como en el apartado anterior estos sistemas utilizan características físicas y comportamentales que permiten la identificación del usuario, y según su uso o la orientación a la que se aplica se clasifica en las siguientes áreas.



1.2.3.2 Ventajas y desventajas de tecnología biométrica

Siendo sistemas que se utiliza de acuerdo a las necesidades que se desee, brinda beneficios, así como también fallos lo cual se describe en ventajas y desventajas a continuación.

Ventajas



- **Mayor precisión.**-Identificación y verificación de individuos, únicos y difíciles de falsificar
- **Mayor seguridad .-** Nivel adicional de seguridad, contraseñas, tarjetas de identificación.
- **Mejora de eficiencia .-** Rápida y conveniente, eficiente en diversas aplicaciones.
- **Reducción de fraude.-** Reduce la suplantación de identidad, en contextos diversos.

Desventajas

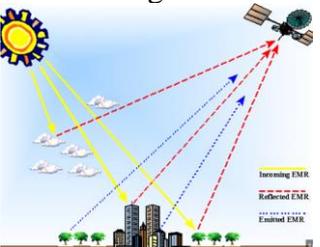
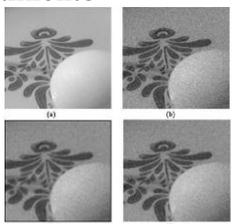
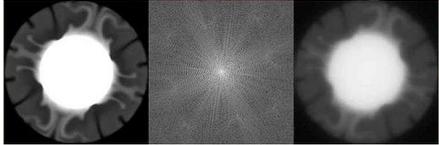


- **Privacidad y seguridad de datos.-** Riesgo de pérdida de datos o uso inapropiado
- **Costo.-** Puede ser costosa, y limita la accesibilidad.
- **Aceptación y resistencia.-** Privacidad o percepción de violación de derechos.
- **Posibilidad de errores.-**Falsos positivos y falsos negativos, puede negarse el acceso, o permitir a alguien no autorizado.

1.2.4 Sistema de procesamiento digital de imágenes

Son sistemas que permiten el tratamiento de imágenes utilizando un conjunto de técnicas y algoritmos que ayudan procesar datos digitales recopilados por dispositivos de tratamiento de imágenes como escáneres, cámaras o sensores, duplicando sus funciones y etapas de operación en el tratamiento de imágenes y tareas de análisis, es por ello que se representa características y funciones de un sistema de procesamiento digital de imágenes.

Tabla 2. Características y funciones comunes en un sistema de procesamiento digital de imágenes [18].

Funciones	Características
<p>Adquisición de imágenes</p> 	<p>Se realiza la recolección de imágenes por dispositivos que captura datos de imagen sea en tiempo real o el almacenamiento en sistemas.</p>
<p>Pre-procesamiento</p> 	<p>Involucra etapas de tratamiento y operación de calidad de imágenes en sistemas y dispositivos de almacenamiento.</p>
<p>Segmentación</p> 	<p>Es la división y extracción de partes de una imagen para analizar, detectar y aplicar métodos de clustering.</p>
<p>Filtrado y mejoramiento de imágenes</p> 	<p>Se hace uso del filtrado para mejorar la resolución y calidad de las imágenes resaltando ciertas características.</p>
<p>Reconocimiento clasificación</p> 	<p>Se aplica algoritmos de reconocimiento y clasificación para la identificación de rasgos, o patrones de tecnología.</p>
<p>Análisis y visualización</p> 	<p>Es la manera en cómo se presenta e interpreta los resultados de procesamiento, como en gráficos, mapas, histogramas, entre otros.</p>

Elaborado por: El Investigador a partir de la fuente.

1.2.5 Reconocimiento facial

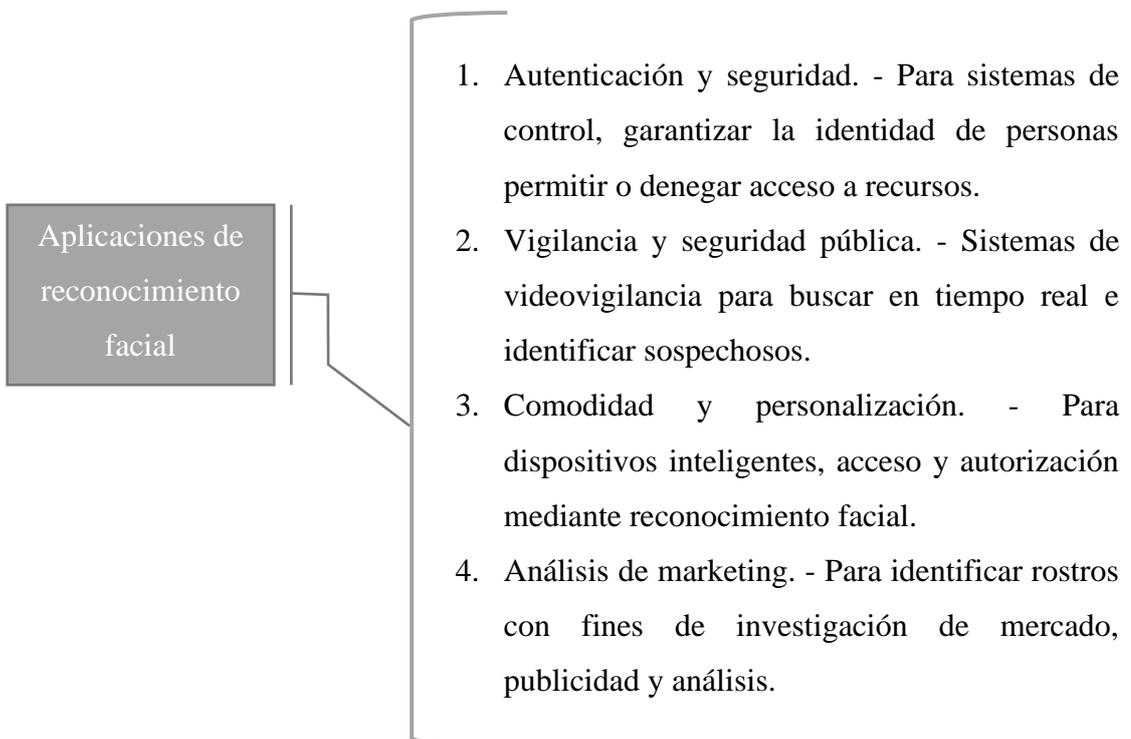
Considerada como tecnología biométrica permite la identificación y autenticación del rostro en sus expresiones y rasgos faciales únicos, comparado con la recolección de imágenes o videos que permiten la identificación de un individuo, su proceso se explica en el esquema de la figura 4.



Figura 4. Tipos de servidores de streaming [19].

1.2.5.1 Aplicaciones de reconocimiento facial

Existe una amplia gama de aplicaciones para el reconocimiento facial mostrado en el siguiente apartado [20].



1.2.5.2 Ventajas y desventajas de reconocimiento facial

Como en todos los sistemas abarca áreas de estudio que implica el cumplimiento de satisfacer las necesidades, pero de igual manera también presenta ventajas y desventajas del reconocimiento facial, figura 5.

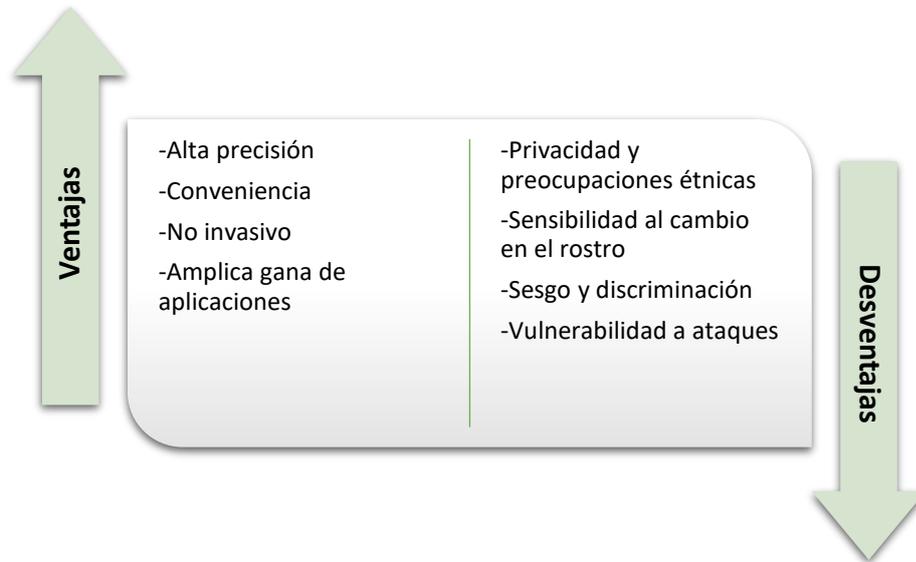


Figura 5. Ventajas y desventajas de reconocimiento facial

1.2.5.3 Métodos Basados en Rasgos Faciales

Los métodos de rasgos faciales se basan en la identificación, extracción y comparación de cada gesto del rostro siendo únicas para cada persona por lo cual se identifica y autoriza a las personas, existen métodos de estudio de reconocimiento facial basado en rasgos y descrito en la figura 6, a continuación:

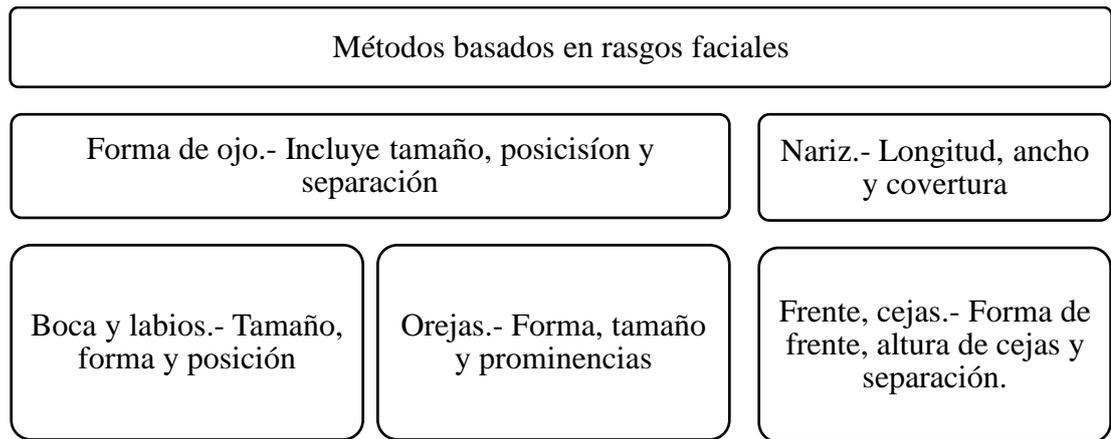


Figura 6. Métodos basados en rasgos faciales

1.2.5.4 Sistemas de reconocimiento facial en automóviles.

Un sistema de reconocimiento facial es una manera de identificar a una persona por medio de los rasgos físicos tomados de su rostro, su función primordial es identificar rostros de personas en fotografías, video o en tiempo real siendo considerado para el estudio también un método de seguridad [21]. La tecnología que utiliza permite diferentes funciones como: identificación, bloqueo o desbloqueo, limitación y seguridad, comparando rostros mediante una base de datos de imágenes incluyendo aquellas de las que poseen actos ilícitos [22], los pasos que realiza el sistema facial se representan en el siguiente algoritmo, figura 7.

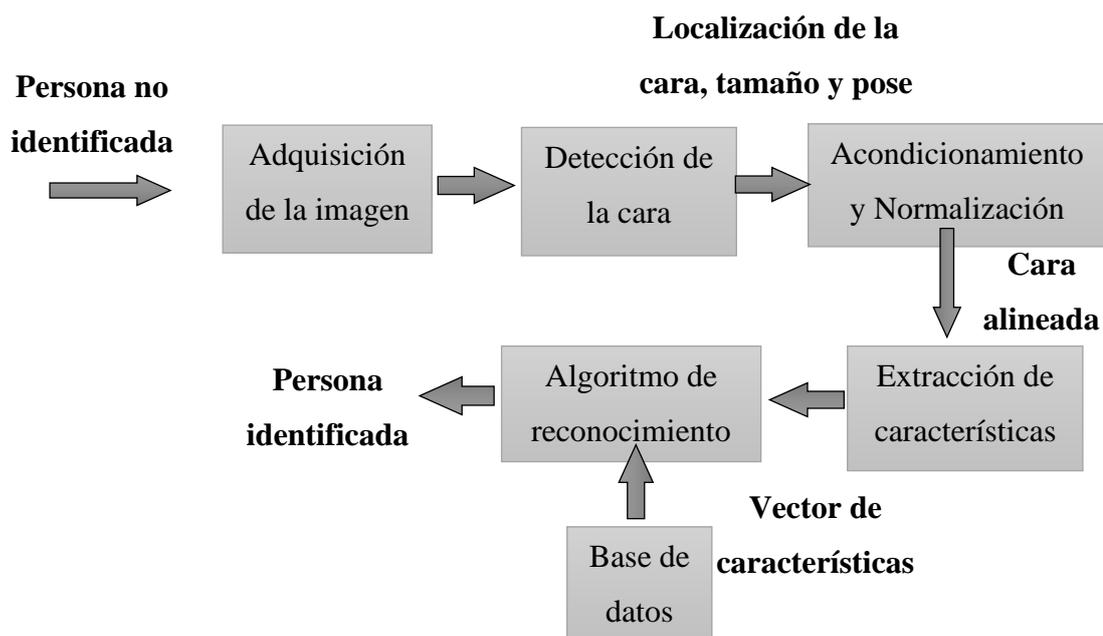


Figura 7. Diagrama del sistema de reconocimiento facial [9] [10].

Elaborado por: El Investigador

1.2.5.5 Algoritmos predominantes en el reconocimiento facial

Los algoritmos mencionados, el Análisis de Componentes Principales (PCA), el Análisis Lineal Discriminante (LDA) y la Correspondencia entre Agrupaciones de Grafos Elásticos (EBGM), son métodos ampliamente utilizados en el reconocimiento facial. A continuación, se proporciona información sobre cada uno de ellos:

Análisis de Componentes Principales (PCA): El PCA es un algoritmo de reducción de dimensionalidad utilizado en el reconocimiento facial. Se utiliza para extraer las características más relevantes de un conjunto de datos de imágenes faciales. El PCA transforma las imágenes originales en un espacio de características de menor dimensión llamado "espacio de caras". Luego, compara las características de una imagen de prueba con las características almacenadas en una base de datos para determinar la identidad. El PCA es eficiente y ampliamente utilizado, pero no tiene en cuenta la información discriminativa entre clases.

Análisis Lineal Discriminante (LDA): El LDA es otro algoritmo utilizado en el reconocimiento facial que tiene como objetivo maximizar la separación entre diferentes clases de imágenes faciales. A diferencia del PCA, que busca la mayor

varianza en general, el LDA busca maximizar la varianza entre clases y minimizar la varianza dentro de cada clase. Esto permite una mejor discriminación entre individuos y mejora la precisión del reconocimiento facial. El LDA puede ser especialmente útil en situaciones donde hay variabilidad intrínseca dentro de una misma persona, como cambios de iluminación o expresiones faciales.

Correspondencia entre Agrupaciones de Grafos Elásticos (EBGM): El EBGM es un algoritmo que se basa en la representación de la cara como un grafo, donde los nodos representan características locales y las aristas representan relaciones espaciales entre ellas. El EBGM utiliza técnicas de emparejamiento y correspondencia de grafos para comparar la estructura de grafos de una imagen de prueba con las imágenes almacenadas en una base de datos. Este algoritmo es especialmente útil para el reconocimiento facial en situaciones donde hay variabilidad en la pose, iluminación y expresiones faciales.

Los algoritmos mencionados, el Análisis de Componentes Principales (PCA), el Análisis Lineal Discriminante (LDA) y la Correspondencia entre Agrupaciones de Grafos Elásticos (EBGM), son métodos ampliamente utilizados en el reconocimiento facial. A continuación, se proporciona información sobre cada uno de ellos:

Análisis de Componentes Principales (PCA): El PCA es un algoritmo de reducción de dimensionalidad utilizado en el reconocimiento facial. Se utiliza para extraer las características más relevantes de un conjunto de datos de imágenes faciales. El PCA transforma las imágenes originales en un espacio de características de menor dimensión llamado "espacio de caras". Luego, compara las características de una imagen de prueba con las características almacenadas en una base de datos para determinar la identidad. El PCA es eficiente y ampliamente utilizado, pero no tiene en cuenta la información discriminativa entre clases.

Análisis Lineal Discriminante (LDA): El LDA es otro algoritmo utilizado en el reconocimiento facial que tiene como objetivo maximizar la separación entre diferentes clases de imágenes faciales. A diferencia del PCA, que busca la mayor varianza en general, el LDA busca maximizar la varianza entre clases y minimizar la varianza dentro de cada clase. Esto permite una mejor discriminación entre individuos y mejora la precisión del reconocimiento facial. El LDA puede ser especialmente útil

en situaciones donde hay variabilidad intrínseca dentro de una misma persona, como cambios de iluminación o expresiones faciales.

Correspondencia entre Agrupaciones de Grafos Elásticos (EBGM): El EBGM es un algoritmo que se basa en la representación de la cara como un grafo, donde los nodos representan características locales y las aristas representan relaciones espaciales entre ellas. El EBGM utiliza técnicas de emparejamiento y correspondencia de grafos para comparar la estructura de grafos de una imagen de prueba con las imágenes almacenadas en una base de datos. Este algoritmo es especialmente útil para el reconocimiento facial en situaciones donde hay variabilidad en la pose, iluminación y expresiones faciales.

1.2.5.6 Sistema de posicionamiento global vehicular

Un sistema geolocalizador se considera un método más de monitoreo y seguridad, con tecnología que permite recoger datos de ubicación en tiempo real mediante aplicaciones móviles, ordenadores, o aparatos GPS, enfocándose en la propuesta del proyecto como es la seguridad vehicular se considera un sistema para control de la actividad de las unidades de transporte ayudando a las empresas y departamentos a hacer seguimientos a tiempo real, mostrando rutas rápidas de destino, alertando rutas peligrosas [23]. En la figura 8, se muestra el proceso de geolocalización de un vehículo.

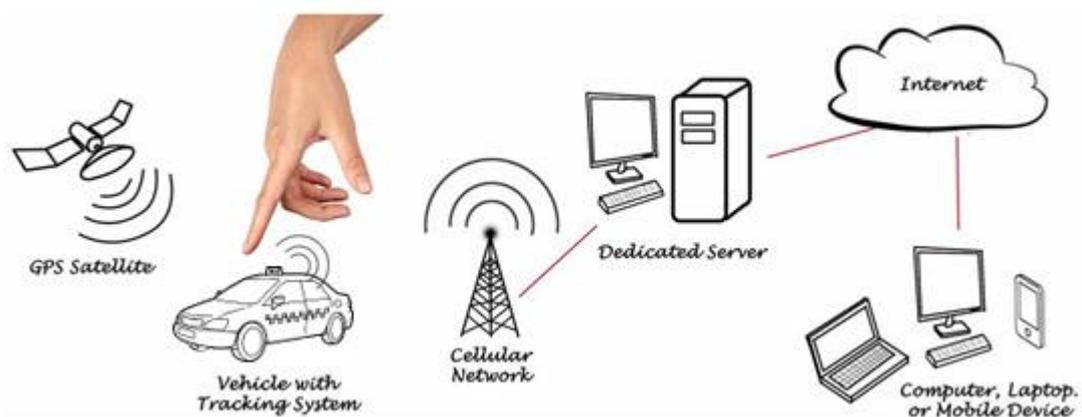


Figura 8. Geolocalización vehicular en tiempo real [23].

1.2.5.7 Sistema Alcolock

Es un sistema que conforma dos palabras alcohol y bloqueo, es decir actúa como una forma de seguridad vial porque es capaz de detectar una elevada tasa de alcohol en un conductor y bloquear las funciones de un vehículo, haciendo una prueba rápida de alcoemia por medio del aire espirado y si este es excedente de los rangos normales de alcohol en la sangre el sistema hará que el vehículo se bloquee e impedirá su arranque, previniendo así accidentes de tránsito y salvaguardando la vida del conductor y el transeúnte [24], en la figura 9, se representa el sistema alcolock.

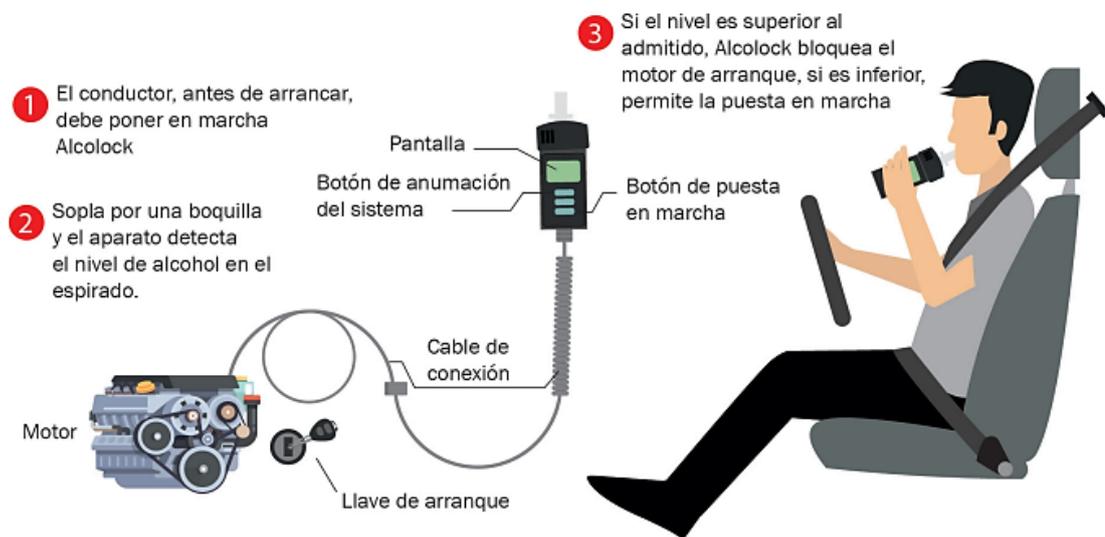


Figura 9. Funcionamiento del sistema alcolock [25].

1.3 Objetivos

1.3.3 Objetivo general

Implementar un Sistema de seguridad con tecnología IoT y reconocimiento facial para la Compañía de taxis Patria Patriatax S.A.

1.3.4 Objetivos Específicos

- Analizar las vulnerabilidades de seguridad en el servicio de taxis del cantón Latacunga.
- Determinar los elementos electrónicos a utilizar para el sistema de seguridad

- Desarrollar el sistema de reconocimiento facial
- Elaborar el prototipo de seguridad electrónica para la Compañía de taxis Patriatax S.A

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA.

2.1 Materiales

Este proyecto fue llevado a cabo mediante una investigación que utilizó diversos conocimientos adquiridos en la formación académica, así como una variedad de herramientas fundamentales que permitieron viabilizar el proyecto. Se basó en la recopilación de información proveniente de repositorios de diferentes universidades, artículos científicos, libros, revistas académicas y proyectos similares relacionados con el reconocimiento facial en la seguridad del transporte público. Además, se recopiló información a través de pruebas de campo realizadas en vehículos para determinar la validez y eficiencia de la investigación realizada.

2.2 Métodos

2.2.1 Modalidad de Investigación

Investigación aplicada

El proyecto actual se llevó a cabo mediante una investigación aplicada, utilizando los diversos conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera para desarrollar el sistema de seguridad electrónica en la Compañía de Taxis.

Investigación bibliográfica

Se llevó a cabo una investigación bibliográfica como parte del proyecto, en la cual se indagó en repositorios de diversas universidades, se examinaron artículos científicos, libros y revistas académicas, además de explorar otros proyectos relacionados con el reconocimiento facial para la seguridad en el transporte público. Esta investigación bibliográfica permitió obtener información relevante y actualizada sobre las mejores prácticas y avances en dicho campo.

Investigación de campo

Se llevó a cabo una investigación de campo como parte del proyecto, ya que se implementó el sistema en los taxis de la Compañía Patriatax S.A. Esto permitió evaluar el rendimiento y validar el prototipo desarrollado en un entorno real. Durante esta fase, se recopilaron datos y se realizaron pruebas exhaustivas para asegurar la efectividad y funcionalidad del sistema de seguridad electrónica en la flota de taxis.

Investigación experimental

Finalmente, se llevó a cabo una investigación experimental como parte del proyecto, con el objetivo de realizar diversas pruebas que permitieran validar el correcto funcionamiento del sistema de seguridad en la Compañía de Taxis Patria Patriatax S.A. Durante esta etapa, se realizaron experimentos y pruebas rigurosas para asegurar que el sistema cumpliera con los estándares de seguridad establecidos y garantizara su eficacia en la protección de los pasajeros y conductores de la compañía.

2.2.2 Recolección de Información

La recolección de la información se llevó a cabo mediante la consulta de libros, revistas académicas, fuentes confiables de internet y la colaboración de expertos en el campo de la electrónica y el reconocimiento facial. Además, se utilizó la información disponible en las páginas oficiales de los diferentes dispositivos a emplear, con el fin de determinar sus características y modalidad de operación. Esta amplia variedad de fuentes y recursos permitió obtener información precisa y actualizada para el desarrollo del proyecto.

2.2.3 Procesamiento y análisis de datos

La información recopilada de diversos artículos y proyectos de investigación previos relacionados con el sistema de seguridad electrónica mediante reconocimiento facial se procesó en el proyecto. Se dio prioridad a los artículos científicos que se centraban específicamente en el tema y que habían sido publicados en un período de no más de 5 años. Se seleccionó cuidadosamente la información relevante y útil para la elaboración del marco teórico, descartando cualquier información redundante o sin una bibliografía confiable. Los siguientes pasos a seguir fueron los siguientes:

- Revisión de toda la información recopilada en fuentes bibliográficas confiables
- Análisis de la información referente al reconocimiento facial y la seguridad en vehículos del transporte público en la modalidad de taxis.
- Planteamiento de la propuesta de solución.
- Verificación de los diferentes datos obtenidos mediante pruebas de funcionamiento y la validación de mismo

2.2.4 Propuesta de solución

El sistema de seguridad electrónica, integra tecnologías como reconocimiento facial, geolocalización y alcolock, tecnologías para aumentar la seguridad y reducir significativamente la incidencia de delitos y accidentes en el transporte público. Proporciona información detallada tanto al pasajero como al conductor, lo que resulta ideal en situaciones de emergencia y permite la elaboración de planes de contingencia para prevenir posibles incidentes. Esta mejora en la seguridad tiene como objetivo principal que la Compañía de taxis Patriatax pueda fortalecer sus servicios y ganar la confianza de los usuarios, posicionándose como una opción preferente frente a la competencia.

2.2.5 Desarrollo del proyecto

El proyecto se desarrolló de la siguiente manera:

- Análisis de los métodos de seguridad aplicados en el medio de transporte público del cantón Latacunga.
- Determinación de los puntos deficientes de los sistemas de seguridad aplicados actualmente.
- Análisis de los principales factores de incidencia delictiva ocurridos en los medios de transporte público.
- Identificación de los elementos electrónicos y módulos necesarios para el desarrollo del prototipo
- Diseño del esquema electrónico del sistema de seguridad mediante reconocimiento facial.

- Adquisición de los elementos electrónicos necesarios para el cumplimiento del proyecto
- Realización de las pruebas de funcionamiento de los dispositivos utilizados para el reconocimiento facial, geolocalización y alcohol
- Programación de la lectura de los sensores, adquisición de imágenes y envío de la información mediante protocolo Mqtt
- Diseño de la interfaz para la monitorización del sistema
- Implementación del sistema en la Compañía de taxis Patriatax S.A
- Ejecución de pruebas de funcionamiento, detección y correcciones de posibles errores en el reconocimiento facial, sistema electrónico o envío de datos.
- Análisis de los resultados y la eficiencia del sistema
- Realización del informe final del proyecto.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de los resultados

EL diseño del sistema de seguridad, basado en el reconocimiento facial fundamenta la captura de las características faciales únicas de cada individuo, permitiendo la combinación tanto de equipos electrónicos como algoritmos adecuados ha demostrado ser un enfoque altamente eficiente, dando resultados positivos en cuanto a la precisión del reconocimiento y la monitorización de datos en tiempo real. Tras la realización de pruebas aplicativas en los vehículos de la compañía de taxis Patria PatriaTax S.A. el sistema diseñado ha recibido una aprobación total y una satisfacción por parte de los usuarios involucrados.

La fiabilidad del sistema es uno de los factores fundamentales en el proyecto, ya que permite un uso personalizado por parte de los usuarios del vehículo. Esto asegura un rendimiento adaptable y confiable en términos de seguridad tanto para el pasajero como para el conductor durante la prestación del servicio. La implementación de este sistema de seguridad ha sido exitosa, ofreciendo un entorno seguro y protegido para todos los involucrados en el proceso de transporte.

3.1.1 Desarrollo de la propuesta

El objetivo del proyecto de investigación propuesto es mejorar la seguridad en el sector vehicular de la provincia de Cotopaxi, específicamente en el Cantón Latacunga. Para lograr esto, se plantea la implementación de un sistema de reconocimiento facial eficiente y confiable en los automóviles de la compañía de taxis PatriaTax S.A. La idea es brindar una alternativa de mayor protección y seguridad, ya que nadie está exento de ser víctima de robos o secuestros.

El sistema propuesto, basado en la biometría y el reconocimiento facial, ofrece una solución efectiva para atender las necesidades de seguridad requeridas. El objetivo es diseñar e implementar un sistema de reconocimiento facial de fácil manejo que brinde la suficiente seguridad tanto para el conductor como para el pasajero. Además, se

busca crear una base de datos que permita un control eficiente y un monitoreo adecuado del uso del sistema.

Con esta iniciativa, se pretende reducir la delincuencia y proporcionar un ambiente más seguro para todos los usuarios de la compañía de taxis. La implementación del sistema de reconocimiento facial es una medida preventiva que busca mejorar la confianza y tranquilidad de los conductores y pasajeros durante sus viajes.

3.1.2 Estructura general del sistema

El sistema de seguridad con tecnología IoT y reconocimiento facial para la compañía de taxis Patria Patriatax S.A., se fundamenta en diversas áreas de estudio, siendo la Ingeniería Mecánica y Electrónica las bases de consolidación. El objetivo principal es proporcionar un entorno seguro y protegido para los conductores y pasajeros durante sus viajes en los taxis de la compañía.

Para lograr esto, se han evaluado las partes que conforman el sistema, estructurando cada etapa de desarrollo de manera funcional, teniendo en cuenta el área en la que se aplicará, que es la seguridad vehicular. Se han considerado los requisitos tanto del pasajero como del conductor, buscando proporcionar seguridad, robustez y un diseño compacto que proteja las partes mecánicas y electrónicas involucradas en el funcionamiento del sistema.

El esquema general de la estructura del sistema se muestra en la figura 10.

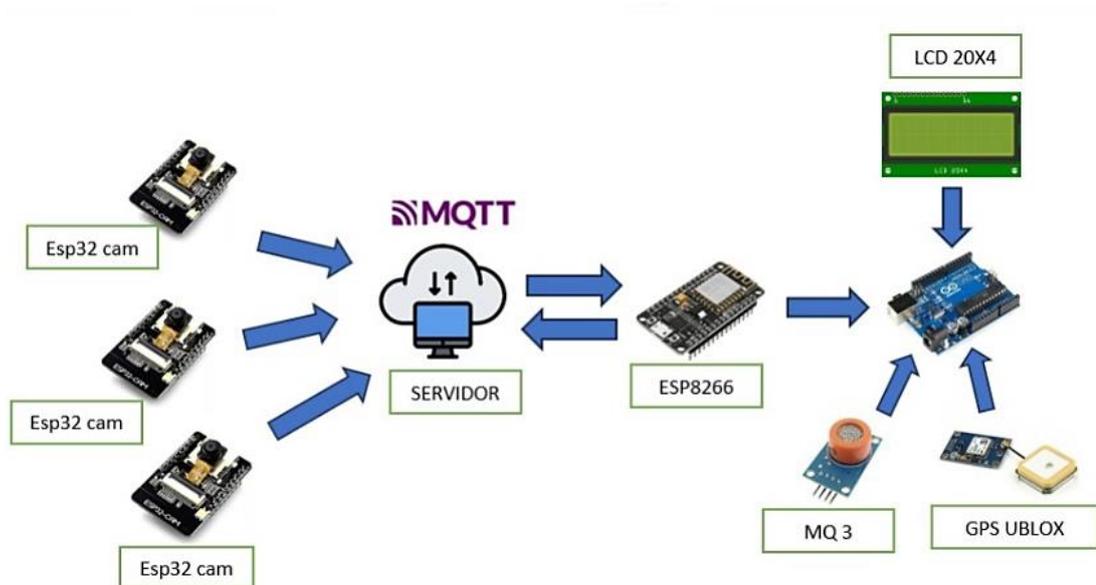


Figura 10. Estructura general del sistema de seguridad

Elaborado por: El Investigador

El prototipo diseñado para el sistema electrónico de reconocimiento facial es un dispositivo completo y sofisticado. El componente principal y clave en el prototipo es el microcontrolador, que es el encargado de realizar el procesamiento del reconocimiento facial y controlar el acceso al vehículo. La información necesaria para el control del sistema se ingresa mediante una interfaz de usuario, lo que permite una gestión personalizada y adaptada a las necesidades específicas de cada conductor y pasajero.

La utilización de una cámara de seguridad (Esp32cam) es una gran ventaja para este dispositivo, ya que permite capturar imágenes del rostro de las personas que desean acceder al vehículo. Estas imágenes son procesadas por el algoritmo de reconocimiento facial implementado en el servidor Python el cual compara las características faciales con la base de datos de imágenes autorizadas para permitir o denegar el acceso.

El movimiento del sistema de reconocimiento facial permite el posicionamiento adecuado de la cámara para capturar el rostro del usuario de manera óptima.

La medición y análisis de las características faciales se realiza a través de algoritmos de reconocimiento facial basados en Análisis de Componentes Principales (PCA), Análisis Lineal Discriminante (LDA) y Correspondencia entre Agrupaciones de Grafos Elásticos (EBGM). Estos algoritmos permiten extraer y comparar características únicas del rostro de cada individuo para realizar la identificación y autenticación del usuario.

Finalmente, para enviar los datos y resultados del reconocimiento facial, se utiliza una tarjeta con capacidad de conexión mediante una red wifi. Los datos se envían mediante el protocolo MQTT, lo que asegura una comunicación rápida y segura entre el sistema y la base de datos de imágenes autorizadas. Para la visualización de los datos y la monitorización del sistema, se puede utilizar una interfaz de usuario que permite a los administradores de la compañía de taxis verificar los accesos autorizados y realizar un seguimiento en tiempo real de la seguridad vehicular.

El sistema de seguridad, basado en reconocimiento facial, proporciona un nivel adicional de protección y seguridad para los usuarios de la Compañía de Taxis Patria Patriatax S.A., permitiendo un acceso seguro y eficiente a los vehículos. Con esta solución, se busca reducir la incidencia de delitos y aumentar la confianza de los pasajeros en el servicio de transporte público ofrecido por la compañía.

3.1.1 Requerimiento del sistema de seguridad vehicular

3.1.1.1 Selección de los componentes del sistema

Microcontroladores

El arduino es una plataforma de código abierto que combina hardware y software fácil de manejar para la construcción de proyectos electrónicos. Está compuesta por una placa de circuito programable que se instala en la computadora, para elegir la tarjeta de control adecuada para el sistema, se debe considerar el número de conexiones requeridas entre los actuadores y los controladores.

Se seleccionó la tarjeta que cuente con número de pin y salida en la tabla 3, se muestran varios tipos de microcontroladores con sus características técnicas.

Tabla 3. Tarjetas microcontroladoras [27].

CARACTERISTICAS	MODULO		
			
Modelo	Arduino Uno	Arduino Mega	Arduino Nano
Dimensión	2,7-2,1 pulg.	4-2,1 pulg.	0,7-1,9 pulg.
Procesador	ATmega328p	ATmega2560	ATmega32U4
Velocidad de reloj	16 MHz	16 MHz	16 MHz
Memoria	32 kB	256 kB	32 kB
SRAM	2 kB	8 kB	5 kB
Voltaje de operación	5 V	5 V	5 V
Pines Analógicos	6	16	12
Conexión a USB	Estándar A/B USB	Estándar A/B USB	Micro USB
Compatibilidad de escudo	Si	Si	No
Ethernet/Wifi/Bluetooth	No	No	No

Elaborado por: El Investigador

Se optó por utilizar la tarjeta de microcontrolador Arduino Uno, como se muestra en la tabla 3, ya que cumple con las características necesarias para satisfacer los requisitos del proyecto. Además, esta tarjeta proporciona amplia información y ofrece versatilidad en el manejo de código [27].

Pantalla

Se refiere a una pantalla de cristal líquido que posee una resolución de 20 columnas por 4 filas de características, estas pantallas son utilizadas en proyectos electrónicos para mostrar información de manera visual y son muy populares gracias a su facilidad de uso y capacidad de pantalla.

En el mercado podemos encontrar muchos tipos de displays diferentes, estas diferencias están marcadas fundamentalmente por el tipo de display, que va a

determinar cómo van a ser mostrados los datos y por la conexión que se usa para mostrar los datos en el display.

Se conectan a un microcontrolador de interfaz adecuada para enviar comandos y datos a la pantalla para mostrar la información requerida. En el mercado podemos encontrar muchos tipos de displays diferentes, las diferencias se determinan con van a ser mostrados los datos y por la conexión que se usa para mostrar los datos en la pantalla., se seleccionó la pantalla que cuente con todas las especificaciones, en la tabla 4, se muestran varios tipos de pantalla con sus características técnicas.

Tabla 4. Pantallas LCD [28].

CARACTERISTICAS	PANTALLAS		
			
Display	LCD 20x4	Display LCD en matriz 128x64	Display OLED
Modelos	5x8 puntos incluye cursor	128x64 lcd, 128 x 64l lcd 128 x 64	128X64
Pines	16	20	4
Voltaje	+3 V	5 V	3.3-5 V

Elaborado por: El Investigador

El tipo de pantalla LCD 20X4 más recomendado para la visualización y control del sistema. Este tipo de pantalla ofrece una fácil compatibilidad, un modo de uso sencillo y un esquema de conexión conveniente. Además, existen múltiples versiones de esta pantalla, es compatible con placas de Arduino lo que la hace versátil para su implementación en diferentes proyectos [28].

GPS

Los GPS (Sistema de Posicionamiento Global), son un conjunto de satélites, receptores y sistemas de control que trabajan en conjunto para proporcionar información precisa

sobre la ubicación, hora y velocidad en cualquier lugar del mundo, en la tabla 5, se muestran varios tipos de GPS con sus características técnicas.

Tabla 5. GPS [29].

CARACTERISTICAS	GPS		
			
GPS	GPS NEO 6M	Módulo CP2102	Módulo A9G
Frecuencia de refresco	5HZ	5HZ	128X64
Dimensiones	25mmx25mmm	21x16x3mm	41x22x5mm
Voltaje	3-5 VDC	5 V	5 V
Agujeros de montaje	3mm	3.3mm	4mm

Elaborado por: El Investigador

El GPS u-blox NEO-6M incluye antena, es compatible con diversos controladores de vuelo que necesitan de posicionamiento GPS, posee una alta sensibilidad para recibir señales incluso en condiciones de señal débil o entornos urbanos, presenta bajo consumo de energía y una precisión mejorada lo que ha llevado a una mayor precisión en las lecturas de ubicación [29].

Sensores de gas

Son dispositivos diseñados para detectar la presencia y concentración de gases en el aire, estos sensores son utilizados en diversas aplicaciones para garantizar la seguridad y monitorear la calidad del aire en diferentes situaciones.



Figura 11. Módulo mq3 (alcoholímetro)

El módulo MQ-3 es un sensor de gas que utiliza para detectar la presencia de alcohol etílico en el aire, se basa en un sensor de resistencia de óxido metálico que cambia su resistencia eléctrica en función de la concentración de alcohol en el aire circundante. Este tipo de sensor es comúnmente utilizado en aplicaciones de seguridad, como en sistemas de detección de alcohol en aliento para evitar la conducción bajo los efectos del alcohol [30].

Cámara de seguridad

Una cámara de seguridad, también conocida como cámara de vigilancia o cámara de circuito cerrado, es un dispositivo utilizado para capturar imágenes y videos de un área específica con fines de seguridad y vigilancia. Estas cámaras son utilizadas en diversos entornos, tanto en lugares públicos como privados, para monitorizar y proteger propiedades, personas y activos.

Las cámaras de seguridad pueden variar en tamaño, características y capacidades, pero su funcionalidad básica es registrar y transmitir imágenes en tiempo real o grabadas a un sistema de monitoreo o almacenamiento.

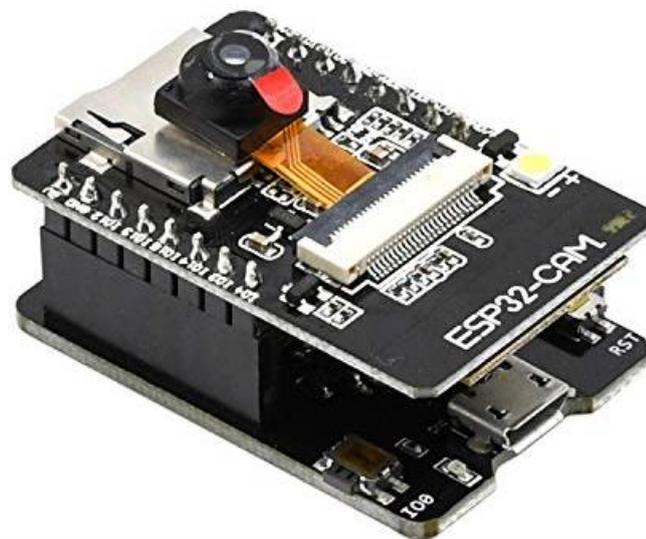


Figura 12. ESP32-CAM

El ESP32-CAM es un módulo de desarrollo que combina un chip ESP32 y una cámara OV2640 en una sola placa. El ESP32 es un microcontrolador de bajo consumo con

conectividad Wi-Fi y Bluetooth integrada, mientras que la cámara OV2640 es una cámara CMOS de baja potencia y alta definición [26].

3.1.2 Diseño del sistema de reconocimiento facial

Se han recopilado base de datos, con el fin de implementar el sistema de reconocimiento facial para almacenar imágenes durante el día.

El sistema está diseñado para el acceso exclusivo para lo cual, mediante cada integrante se obtiene sus características faciales como el tamaño, los puntos faciales y contornos de los rostros lo cual constituyen la base de datos con las que el sistema trabajó.

Las fotografías capturadas presentan los rostros en una posición frontal, abarcando desde el inicio de la frente hasta el final de la quijada. Durante la evaluación del sistema desarrollado, se ha observado que los resultados más confiables provienen de aquellas imágenes que cumplen con ciertos requisitos, incluyendo la posición adecuada del rostro, la ausencia de rotación excesiva, el nivel de brillo apropiado y la cantidad adecuada de luz en la fotografía.

El sistema de reconocimiento opera con fotografías estáticas las cuales son pertenecientes a los pasajeros. Estas imágenes son tomadas mediante una cámara web u otro tipo de cámara que cumpla con los requerimientos necesarios; no obstante, dado que se trabaja en un ambiente no controlado, es necesario realizar un preprocesado tanto en las imágenes como en la imagen de entrada. El objetivo de este preprocesado es ajustar ciertas características y resaltar aspectos como el tamaño y la luminosidad de las imágenes.

Es fundamental destacar que el usuario debe permanecer estático y mirar directamente a la cámara mientras se captura la fotografía, durante unos segundos. Esta práctica asegura la obtención de una imagen adecuada y evita problemas relacionados con la orientación y expresiones inadecuadas en las fotografías.

3.1.3 Implementación del sistema de seguridad

3.1.4 Diseño Electrónico

El módulo GPS Ublox NEO6M está conectado a los pines 10 y 9 del Arduino, donde se ha configurado un serial virtual para recibir y leer toda la información proveniente del módulo. Por otro lado, el sensor MQ3, que corresponde al alcoholímetro, se conecta al pin A0 del Arduino.

Para recibir información del servidor, el módulo ESP8266 se conecta a los pines RX y TX del Arduino. Este servidor contendrá la base de datos y la interfaz de visualización.

El display LCD 20x4 se conecta a los pines I2C del Arduino Uno para mostrar la información relacionada con el reconocimiento facial.

En cuanto a las ESP32 CAM, cada una de ellas se encuentra conectada de manera independiente y envía sus datos al servidor por separado. Cada módulo está alimentado por baterías Lipo para su funcionamiento autónomo.

Programación

Para programar el Arduino Uno, en primer lugar, es esencial realizar la inicialización de las librerías correspondientes al display LCD y al módulo GPS evidencia que se muestra en la figura 13.

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <TinyGPS.h>
TinyGPS gps;
SoftwareSerial mySerial(9, 10); // RX, TX
LiquidCrystal_I2C lcd (0x27, 20, 4);
```

Figura 13. Inicialización de librerías

Elaborado por: El Investigador

A continuación, se procede a la inicialización del puerto serial por software y del puerto serial del Arduino, figura 14.

```

MySerial.begin(9600);
Serial.begin(115200);

```

Figura 14. Inicialización del puerto serial

Elaborado por: El Investigador

Ahora se realiza la programación de las instrucciones que se va a visualizar en la pantalla al momento de iniciar el sistema, figura 15:

```

lcd.backlight();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print(" COMPANIA PATRIATAX ");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print(" SISTEMA DE ");
lcd.setCursor(0, 2);
lcd.print(" RECONOCIMIENTO ");
lcd.setCursor(0, 3);
lcd.print(" FACIAL");

```

Figura 15. Programación de la pantalla LCD

Elaborado por: El Investigador

Para la programación de la lectura del alcoholímetro se utiliza las siguientes líneas de código, en donde se lee el valor del puerto analógico A0, y se procede a realizar la conversión del v voltaje recibido para obtener el valor del alcohol en mg/L. figura 16.

```

int adc_MQ = analogRead(A0);
float voltaje = adc_MQ * (5.0 / 1023.0);
float Rs=1000*((5-voltaje)/voltaje);
double alcohol=0.4091*pow(Rs/5463, -1.497)
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print(" Niveles de alcohol ");
lcd.setCursor(0, 2);
lcd.print(alcohol+ "mg/L");
if(alcohol >= 3000 && (alcohol)<= 8000)
{
  lcd.setCursor(0, 3);
  lcd.print("NIVEL MEDIO DE ALCOHOL");
}
else{
  if(alcohol > 8000)
  {
    lcd.setCursor(0, 3);
    lcd.print("NIVEL ALTO DE ALCOHOL");
  }
  else{
    lcd.setCursor(0, 3);
    lcd.print("NIVEL ACEPTADO");
  }
}
}

```

Figura 16. Código de lectura del alcoholímetro

Elaborado por: El Investigador

Para obtener la latitud y longitud del GPS, se requiere leer el puerto serial por software, el cual ha sido configurado a 9600 baudios. Mediante el siguiente código, se establece el cálculo del posicionamiento GPS del taxi, figura 17.

```
while (mySerial.available())
{
c=Serial3.read();
if (gps.encode(c))
{
gps.f_get_position(&latitud, &longitud);
gps.crack_datetime (&year, &month, &day, &hour, &minute, &second, &tiempo);
velocidad=gps.f_speed_kmph();
}
}
```

Figura 17. Lectura del puerto serial, posicionamiento GPS

Elaborado por: El Investigador

Se requiere transmitir datos a un módulo WiFi, y para lograrlo, se envían los datos al módulo ESP8266 a través del puerto serial, figura 18.

```
    }
    }
    Serial.print(alcohol);
    Serial.print(",");
    Serial.print(latitud);
    Serial.print(",");
    Serial.println(longitud);
}
```

Figura 18. Envío de datos al módulo ESP8266

Elaborado por: El Investigador

Programación ESP8266

Es necesario desarrollar una función que permita obtener los datos enviados por el puerto serial. Esta función se encargará de recibir el mensaje hasta que se detecte un salto de línea, y luego guardará los valores recibidos en un vector, donde cada posición corresponderá a un valor recibido, figura 19.

```

void envioCondicion() {
  str = mySerial.readStringUntil('\n');
  //Serial.println(str);
  for (int i = 0; i < dataLength ; i++)
  {
    int index = str.indexOf(separator);
    data[i] = str.substring(0, index).toFloat();
    str = str.substring(index + 1);
  }
}

```

Figura 19. Programación del módulo ESP8266

Elaborado por: El Investigador

Ahora se envía los valores mediante MQTT para el servidor, en la figura 20, se observa el código programado.

```

snprintf (msg, 75, latitud);
client.publish("gps/latitud", msg);

snprintf (msg, 75, longitud);
client.publish("gps/longitud", msg);

snprintf (msg, 75, alcohol);
client.publish("gps/alcohol", msg);

//delay(100);
}
}

```

Figura 20. Envío de valores por MQTT

Elaborado por: El Investigador

Programación ESP32 CAM

Se debe configurar los diferentes parámetros para habilitar la cámara ESP32 CAM, el código de programación se muestra en la figura 21.

```

// Inicializar la cámara
camera_config_t config;
config.ledc_channel = LEDC_CHANNEL_0;
config.ledc_timer = LEDC_TIMER_0;
config.pin_d0 = 36;
config.pin_d1 = 37;
config.pin_d2 = 38;
config.pin_d3 = 39;
config.pin_d4 = 35;
config.pin_d5 = 34;
config.pin_d6 = 21;
config.pin_d7 = 19;
config.pin_xclk = 0;
config.pin_pclk = 22;
config.pin_vsync = 25;
config.pin_href = 23;
config.pin_sscb_sda = 26;
config.pin_sscb_scl = 27;
config.pin_pwdn = camera_PWDN;
config.pin_reset = camera_RST;
config.xclk_freq_hz = 20000000;
config.pixel_format = PIXFORMAT_JPEG;

```

Figura 21. Programación de ESP32 CAM

Elaborado por: El Investigador

Luego se crea el código para que tome la foto según detecte un rostro, este guardar la información y vacía el buffer para capturar la fotografía y se procede a obtener los diversos parámetros a enviar concatenado los paquetes mediante MQTT, figura 22.

```

fb = esp_camera_fb_get();
if (!fb) {
    return;
}
size_t index = 0;
size_t segmentSize = 512;
size_t totalSegments = fb->len / segmentSize + 1;
const uint8_t* imageBuffer = fb->buf;

while (index < fb->len) {
    size_t len = min(segmentSize, fb->len - index);
    sendImageSegment(imageBuffer + index, len, index / segmentSize, totalSegments);
    index += len;
}
esp_camera_fb_return(fb);

```

Figura 22. Código de detección de rostro

Elaborado por: El Investigador

Se objeta que la programación es la misma para las otras cámaras ESP32 CAM con diferencia del tópico que se cambia a cam2 y cam3.

3.1.5 Programación de reconocimiento Facial

Para la implementación del reconocimiento facial, se empleó el lenguaje de programación Python, haciendo uso de la biblioteca "face_recognition". Esta biblioteca se basa en una técnica de aprendizaje automático conocida como "embedding facial", la cual permite representar las características distintivas de un rostro.

El proceso de "face embedding" consiste en tomar una imagen facial y someterla a una red neuronal profunda previamente entrenada para extraer las características clave del rostro y transformarlas en un vector numérico. Este vector numérico representa de manera única y concisa el rostro, permitiendo que rostros con características similares se encuentren cercanos en el espacio vectorial. En esencia, el "face embedding" es una herramienta poderosa para comparar y reconocer rostros de manera efectiva, como se observa en la imagen se importa la librería face_recognition y se llama a la última fotografía recibida del ESP32CAM, consiguiente a esto se establece una base de datos de las fotografías previamente tomadas con las cuales se va a comparar la fotografía, figura 23.

```
1 import face_recognition
2 image = face_recognition.load_image_file("fotografias\fotografia.jpg")
3 faces = face_recognition.face_locations(image)
4 for face in faces:
5     facial_features = face_recognition.face_encodings(image, [face])
6     known_faces = [
7         "imagenes\pas001.jpeg",
8         "imagenes\pas002.jpeg",
9         "imagenes\pas003.jpeg",
10        "imagenes\pas004.jpg",
11        "imagenes\pas005.jpeg".
12    ]
```

Figura 23. Programación de reconocimiento facial

Elaborado por: El Investigador

En esta línea, se está creando una lista llamada known_face_encodings. Esta lista contendrá los descriptores faciales de las imágenes conocidas (rostros que ya han sido

registrados en una base de datos) para ser utilizados en el proceso de reconocimiento. `known_faces` es una lista que contiene las rutas o ubicaciones de las imágenes de los rostros conocidos.

Se utiliza una comprensión de lista (`[...]`) para iterar sobre cada imagen de `known_faces`. La función `face_recognition.load_image_file(img)` carga cada imagen de la lista y la función `face_recognition.face_encodings(...)` se utiliza para obtener los descriptores faciales de cada imagen. Como resultado, se crea una lista de descriptores faciales de los rostros conocidos y se almacena en `known_face_encodings`.

En la segunda línea, se está creando otra lista llamada `matches`. Esta lista contendrá el resultado de la comparación entre los descriptores faciales del rostro desconocido y los descriptores faciales de los rostros conocidos.

Para cada descriptor facial en `known_face_encodings`, se utiliza la función `face_recognition.compare_faces(...)`. Esta función compara el descriptor facial desconocido (almacenado en `facial_features[0]`) con el descriptor facial conocido en `encoding`. La función devuelve una lista de valores booleanos que indican si hay coincidencia entre el rostro desconocido y el rostro conocido.

Finalmente, con `[0]`, se obtiene el valor booleano resultante de la comparación y se almacena en la lista `matches`, figura 24.

```
known_face_encodings = [
    face_recognition.face_encodings(face_recognition.load_image_file(img))[0] for img in known_faces
]
matches = [face_recognition.compare_faces([encoding], facial_features[0])[0] for encoding in known_face_encoding:
```

Figura 24. Programación de los descriptores faciales

Elaborado por: El Investigador

Aquí se verifica si hay alguna coincidencia en la lista `matches`. La función `any()` devuelve `True` si al menos un elemento en la lista es `True`, lo que significa que se encontró una coincidencia entre el rostro desconocido en la base de datos.

Luego se crea una lista llamada `matching_indices` utilizando una comprensión de lista. La comprensión de lista itera sobre la lista `matches` y guarda los índices de los

elementos que tienen el valor True (es decir, los rostros que han sido reconocidos), figura 25.

```
if any(matches):
    matching_indices = [i for i, match in enumerate(matches) if match]
    print("Rostro detectado: ")
    for i in matching_indices:
        print(f"Imagen {i + 1}: {known_faces[i]}")
else:
    print("Rostro no detectado")
```

Figura 25. Comprobar los descriptores con la base de datos

Elaborado por: El Investigador

3.1.6 Diseño de Interfaz

Para realizar el diseño de la interfaz de monitorización es necesario instalar un servidor LAMP, el cual incluye apache, mysql y php. Para apache se usó las siguientes líneas de código

```
sudo apt update
sudo apt install apache2
```

Mientras que para MySQL se utilizó:

```
sudo apt install mysql-server
sudo mysql_secure_installation
```

Y por último para la instalación PHP se utilizó:

```
sudo apt install php libapache2-mod-php php-mysql
```

Luego de instalar el servidor LAMP se procedió a instalar Grafana para poder realizar la monitorización del sistema, aquí fue necesario usar las siguientes líneas de código, ya que se debe copiar el repositorio y posterior a eso descargar desde la página oficial.

```
sudo apt update
sudo apt upgrade
sudo apt install -y adduser libfontconfig1
wget https://dl.grafana.com/oss/release/grafana-x.x.x.linux-amd64.tar.gz
tar -zxvf grafana-x.x.x.linux-amd64.tar.gz
ctar -zxvf grafana-x.x.x.linux-amd64.tar.gz
cd grafana-x.x.x
sudo mv * /usr/share/grafana/
```

Interfaz de instalación de Grafana, figura 26.

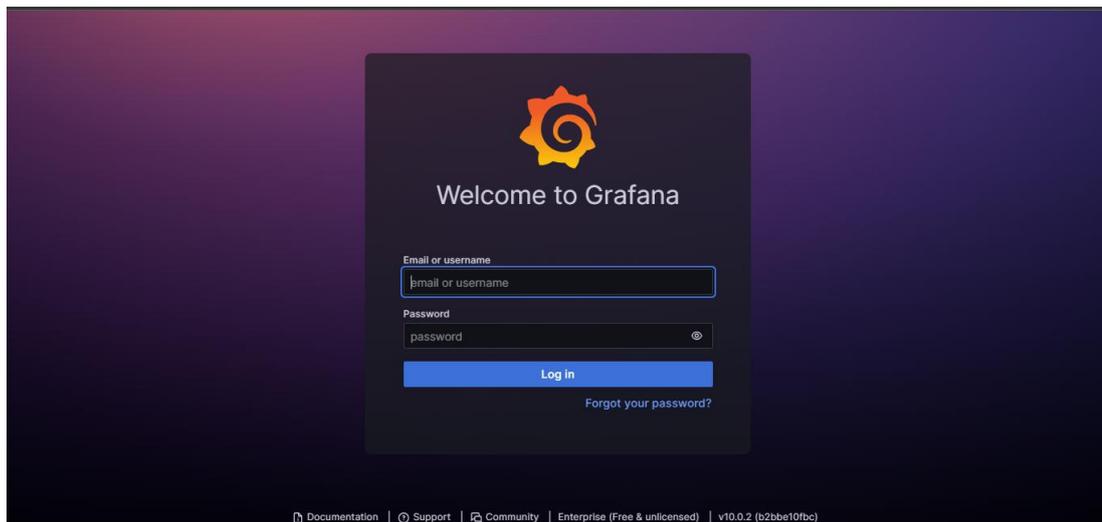


Figura 26. Interfaz Grafana

Elaborado por: El Investigador

Luego se modifica la interfaz para que se visualice el nivel de alcohol del conductor, el pasajero el cual detecto el reconocimiento facial y se visualiza el código del estado y por ultimo las ubicaciones del Taxi en la ciudad, figura 27.

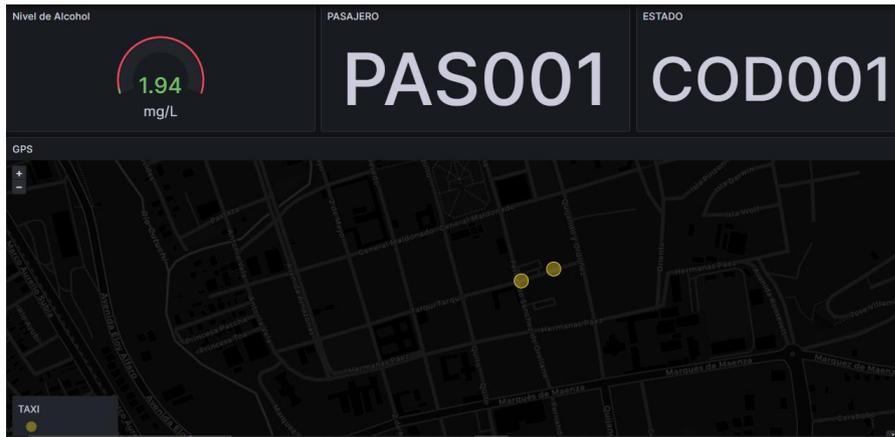


Figura 27. Visualización de ubicación y nivel de alcohol

Elaborado por: El Investigador

Se realiza el montaje y ensamblado del sistema de seguridad en el vehículo, asegurándose de posicionarlo en el ángulo óptimo para capturar y reconocer al pasajero. En la figura 28, se muestra el proceso de instalación y ubicación del sistema para garantizar una captura y reconocimiento efectivo de las personas dentro del vehículo. Se busca maximizar la eficiencia y precisión del sistema, asegurando una cobertura adecuada y una operación óptima durante el trayecto del vehículo.



Figura 28. Montaje y ensamblado del sistema de seguridad vehicular

Elaborado por: El Investigador

Se visualiza en la figura 29, la localización de las cámaras y la pantalla de monitorización y control del sistema final, dentro de la unidad vehicular.



Figura 29. Implementación del sistema en la unidad vehicular

Elaborado por: El Investigador

3.1.7 Sistema de reconocimiento facial

Para la demostración del sistema de reconocimiento facial, primero se obtiene una fotografía del pasajero, para las muestras se utilizar la fotografía del investigador, ya que por motivos de seguridad no se establece a los pasajeros de la compañía de taxis Patriatax, en la figura 30, se observa la fotografía que se va a utilizar para poder detectar el rostro y sus características faciales.



Figura 30. Fotografía para sacar datos faciales

Elaborado por: El Investigador

Ahora el sistema se encarga de poder determinar en qué posición se encuentra el rostro de la persona en la fotografía, cabe indicar que en el sistema este proceso es automático y no se presenta ninguna visualización, pero para casos de funcionamiento se muestra en la figura 31 el área que detecta para el rostro.

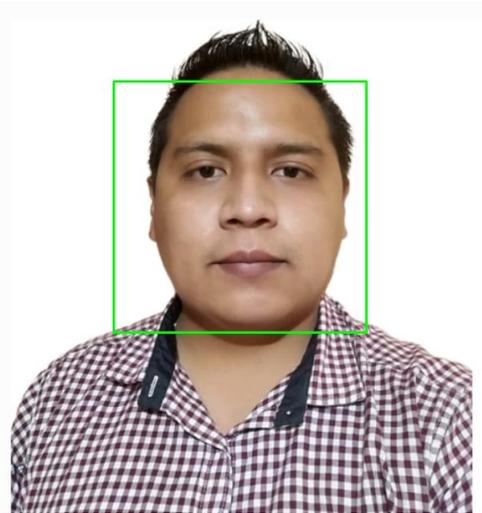


Figura 31. Segmentación del rostro

Elaborado por: El Investigador

Como se puede observar en la figura 31, se logró detectar el área en donde se encuentra la imagen, una vez determinado el área a tratar se procede a detectar los puntos faciales en la fotografía, aquí está determinado por los ojos, nariz, boca y contornos de la cara, en la figura 32 se muestra el proceso en donde se dibuja los segmentos de la imagen.



Figura 32. Puntos faciales

Elaborado por: El Investigador

Luego de obtener los puntos faciales para poder realizar el reconocimiento es necesario que esos puntos se transformen en una representación numérica, en este caso en un vector el mismo que se le conoce como embedding o encoding. En la figura 33 se muestra el vector que se generó con la imagen del investigador. El propósito de adquirir una forma numérica de describir las características de los rostros (incrustaciones) es permitir la evaluación de similitudes entre ellos. Dos enfoques para determinar esta semejanza son mediante el cálculo de la distancia euclidiana o la distancia coseno entre las incrustaciones. A medida que la distancia disminuye, aumenta la similitud entre los rostros.

```
face_image_encodings: [-0.15086775  0.09970827  0.04959849  0.02536566 -0.03334088  0.00638533
-0.04520869 -0.14159349  0.15114319 -0.13874304  0.23453465 -0.01410111
-0.23880452 -0.14884545  0.06446758  0.12167929 -0.0969471  -0.14300533
-0.11472252 -0.06068112  0.02044564 -0.06575521  0.09072617  0.04537839
-0.12642267 -0.3739025  -0.0791213  -0.17598212 -0.02046394 -0.10809273
-0.11214335 -0.07846043 -0.16576123 -0.07882998 -0.04793908  0.07884092
-0.00969937 -0.04566389  0.18607967 -0.09980581 -0.17501833 -0.02880809
0.00679141  0.1945854  0.20315643  0.07120854  0.04724642 -0.05194927
0.12438852  0.23619951  0.10560769  0.04369065  0.15052906 -0.0330492
0.12249694 -0.14986439 -0.02372626  0.09042369 -0.16892682  0.01611869
0.03194549 -0.06518384 -0.06592214 -0.01720812  0.32605311  0.15262493
-0.12417304 -0.07838062  0.20184125 -0.1187022  0.00083115  0.02671946
-0.10871469 -0.2016342  -0.32054421  0.07999188  0.46497971  0.11583921
-0.19380194  0.03682997 -0.13694228  0.00223359  0.03548019  0.0612797
-0.08385359  0.00236474 -0.13137171  0.02015809  0.1758423  -0.02357547
-0.04275009  0.15013063 -0.01222238  0.02412524  0.05087591  0.02738825
-0.09672098 -0.01709862 -0.12079343  0.01939772  0.05770087 -0.06042986
-0.0033832  0.07879031 -0.18875407  0.07299211 -0.0314667  -0.04977201
0.01453054  0.00903933 -0.12782916 -0.06057652  0.10772698 -0.32493037
0.12804262  0.15992028  0.03147355  0.1909752  0.04501805  0.07634024
0.03929478  0.03304687 -0.23129122 -0.08146742  0.09906211 -0.00862851
0.08355948  0.09155276]
```

Figura 33. Encoding

Elaborado por: El Investigador

Ya con la información necesaria del rostro, ahora es necesario poder realizar el mismo proceso ya con la cámara y el lugar a utilizar el sistema. Como se observa en la figura 34, se tiene la imagen en la cual mediante la esp32 cam se obtuvo.



Figura 34. Fotografía en el taxi

Elaborado por: El Investigador

Luego se procede de igual manera a determinar el rostro y sus rasgos faciales como se observa en la figura 35, en donde se determina el rostro y los puntos faciales que se encuentran en él.

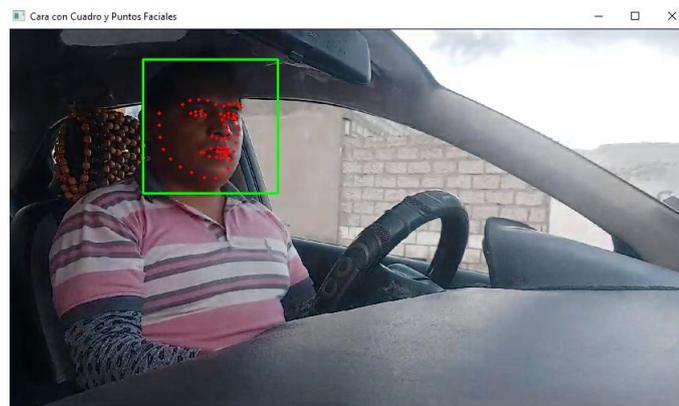


Figura 35. Reconocimiento de rostro y puntos faciales

Elaborado por: El Investigador

En la figura 36 se muestra igual el reconocimiento desde otro ángulo el rostro para verificar que pueda determinar desde diferentes posiciones en las que se encuentre el pasajero y así realizar un correcto reconocimiento facial.

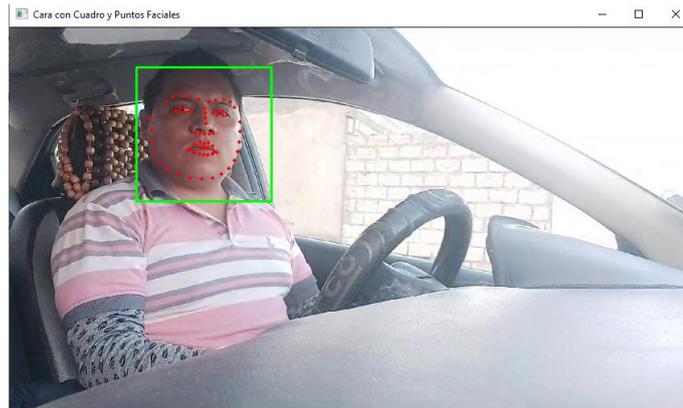


Figura 36. Reconocimiento de rostro y puntos faciales en otro angulo

Elaborado por: El Investigador

Posterior a eso el sistema realiza la comparación obtenida del taxi con la fotografía subida para poder determinar a la persona, en la figura 37 se muestra el reconocimiento ya realizado del sistema:

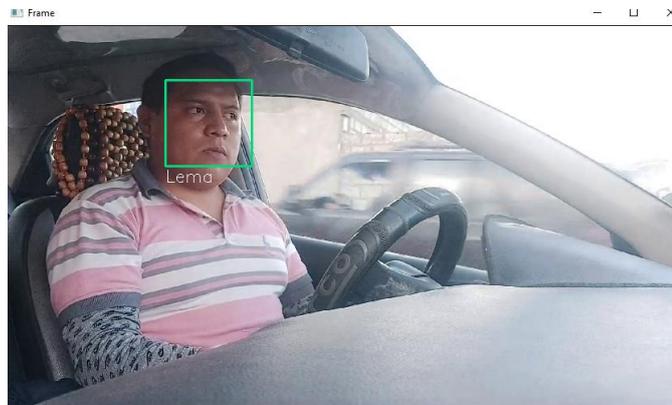


Figura 37. Reconocimiento de rostro

Elaborado por: El Investigador

Además, es posible mostrar la distancia euclidiana, como se ilustra en la figura 38. En este contexto, se establece que cuanto menor es la distancia euclidiana, más compartidas son las características entre los rostros. Esto sugiere una mayor similitud entre los rasgos faciales en comparación con los casos en los que la distancia euclidiana es mayor.

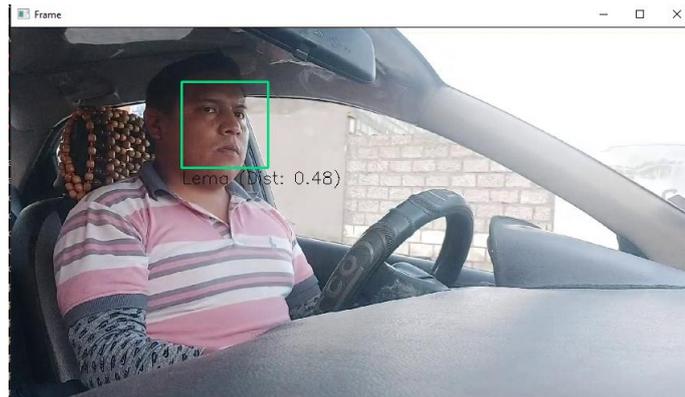


Figura 38. Rostro reconocido

Elaborado por: El Investigador

Como se observa se tiene una distancia euclidiana de 0.48, en la figura 39 se realiza la comparación con una fotográfica de la misma persona tomada en otro punto en donde se evidencia igual el valor de la distancia euclidiana el cual tiene un valor 0.40

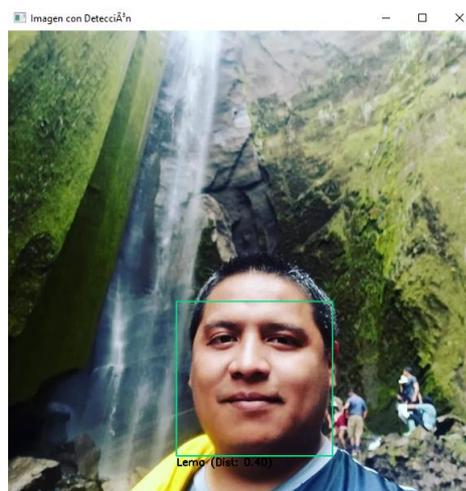


Figura 39. Fotografía en otro ambiente

Elaborado por: El Investigador

En la figura 40, se presenta la distancia euclidiana cuando se realiza una comparación con un rostro diferente. Es importante destacar que el sistema efectúa esta comparación con todos los rostros o pasajeros almacenados en la base de datos.



Figura 40. Rostro no reconocido

Elaborado por: El Investigador

Por último, cabe indicar que el proceso detallado anteriormente se lo realizo con intención de mostrar el funcionamiento del reconocimiento facial, ya que este proceso es de forma automática en el sistema.

3.1.8 Pruebas de Funcionamiento

Durante el proceso de pruebas, se implementan procedimientos para examinar en detalle cada aspecto del sistema en funcionamiento. Se activa el sistema y se monitorean cuidadosamente sus resultados y respuestas en tiempo real. Cada etapa de prueba se realiza meticulosamente para asegurar que el sistema opere de manera óptima y cumpla con los objetivos establecidos.

En estas pruebas directas, se verifica el correcto desempeño de los componentes, como el módulo GPS, el sensor MQ3 y el módulo ESP8266, así como la interacción con el display LCD. Se observan las lecturas de latitud y longitud del GPS, la detección de alcohol mediante el sensor MQ3, y la transmisión de datos al módulo ESP8266 para su envío al servidor.

Prueba de visualización en pantalla

Esta primera prueba representa la etapa inicial del sistema, donde al activarlo, la pantalla LCD muestra la portada programada mediante código. En esta visualización,

se puede observar el nombre de la compañía y el sistema de reconocimiento facial, tal como se muestra en la figura 41. Esta prueba permite verificar el correcto funcionamiento de la pantalla y confirmar que la portada se muestra de acuerdo con lo programado, lo que es esencial para asegurar una presentación adecuada y atractiva del sistema en su conjunto.



Figura 41. Visualización de la etapa inicial del sistema

Elaborado por: El Investigador

Prueba de funcionamiento del nivel de alcohol

La prueba se lleva a cabo previa a la puesta en marcha del vehículo, con el propósito de evaluar el nivel de alcohol del conductor y determinar si se encuentra en condiciones óptimas para desempeñar sus actividades. De esta manera, se garantiza un servicio seguro y confiable. Durante la prueba, se observa el funcionamiento del sistema de nivel de alcohol mientras realiza la detección y el monitoreo del conductor. Esta evaluación es fundamental para asegurar que el conductor cumpla con los estándares de seguridad necesarios antes de iniciar su trayecto, lo que contribuye a prevenir accidentes y promover la responsabilidad en la conducción, se visualiza en la figura 42, el funcionamiento del proceso mencionado.



Figura 42. Sistema de alcoholímetro en funcionamiento

Elaborado por: El Investigador

Prueba de comprobación de conectividad

Para llevar a cabo esta prueba, se solicita que el conductor y el pasajero ingresen al vehículo. Una vez que ambos se encuentren dentro del vehículo, el sistema se activa y muestra en la figura 43, el número de pasajeros, el servicio conectado y el código de estado. Durante esta etapa, el sistema se encuentra en estado conectado y listo para brindar el servicio requerido, mostrando de manera clara y visible toda la información necesaria para asegurar un transporte seguro y eficiente.



Figura 43. Comprobación de conectividad

Elaborado por: El Investigador

Prueba de reconocimiento y captura de imagen del pasajero

Durante esta prueba, se observa claramente cómo la cámara es capaz de reconocer y capturar con precisión y buena resolución la imagen del pasajero y el conductor a bordo, en un ángulo frontal, evidencia que se muestra en la figura 44.



Figura 44. Reconocimiento y captura de rostro del pasajero

Elaborado por: El Investigador

Pruebas de aceptación

Se llevan a cabo pruebas de aceptación que facilitan tanto al desarrollador como al cliente la detección de posibles errores, tanto presentes como funcionales. Esto permite verificar si se han logrado los objetivos del proyecto según cada historia de usuario específica. Estas pruebas se realizan mediante enfoques de caja negra, en las cuales se aplican los conjuntos de pruebas de aceptación diseñados para cada historia de usuario. Estos conjuntos de pruebas generan resultados positivos tanto en situaciones ideales como en condiciones adversas. Este proceso sigue el formato basado en la metodología XP.

Ingreso al sistema

Se llevó a cabo la validación de la entrada de los usuarios en el sistema de seguridad, tabla 6.

Tabla 6. Prueba de aceptación-Ingreso al sistema

Caso de uso: Ingreso al sistema		Prueba N°:001	
Escenario: aplicación funcionando en la red			
Precondiciones:	Usuario debe ingresar al sistema con sus datos		
Datos de entrada:	Nombre de Usuario Contraseña		
Descripción de pasos:	Ingreso de correo electrónico Ingreso de contraseña Presionar botón Iniciar sesión		
Resultados esperados:	Ingreso exitoso al sistema	Cumplimiento	Si <input checked="" type="checkbox"/> X No <input type="checkbox"/>
Errores:		Fallas provocadas:	
Observaciones y recomendaciones: Tener en cuenta ingresar los datos correctos de lo contrario no puede ingresar al sistema.			

Elaborado por: El Investigador

Visualización de datos

Se realiza una comprobación exhaustiva para garantizar la habilitación de la visualización de la información tanto del conductor como del pasajero, tabla 7.

Tabla 7. Prueba de visualización de información

Caso de uso: Visualización de datos		Prueba N°:002	
Escenario: aplicación funcionando en la red			
Precondiciones:	Debe existir base de datos referente a los rasgos faciales		
Datos de entrada:	Rasgos faciales		

Descripción de pasos:	Posicionamiento de rostro Reconocimiento de rostro Evaluación y comparación de rasgos en la base de datos			
Resultados esperados:	Lista de datos de usuarios ingresados en la base	Cumplimiento	Si No	X
Errores:	Fallas provocadas:			
Observaciones y recomendaciones: Permanecer inmóvil por un corto tiempo para el reconocimiento facial ideal.				

Elaborado por: El Investigador

Estos datos son de suma relevancia, ya que desempeñan un papel crucial al momento de realizar una evaluación integral del sistema. Esta validación se efectúa con el propósito de asegurar que la presentación de los detalles del conductor y el pasajero se lleve a cabo de manera adecuada y que los usuarios autorizados tengan acceso a esta información esencial. La verificación de esta funcionalidad se considera fundamental para mantener la integridad y el funcionamiento correcto del sistema en su conjunto.

Escaneo facial

Se realiza el escaneo de los rasgos faciales a través de la cámara, tanto del cliente como el conductor, tabla 8.

Tabla 8. Prueba de escaneo facial

Caso de uso: Escaneo facial	Prueba N°: 003
Escenario: Sistema funcionando el entorno	
Precondiciones:	El escaneo facial debe detectar el rostro de los clientes
Datos de entrada:	Rasgos faciales

Descripción de pasos:	Escaneo facial Consulta de datos Comparación del registro en la base de datos			
Resultados esperados:	Escaneó el rostro detectado por el sistema de cámaras	Cumplimiento	Si No	X
Errores:	Fallas provocadas:			
Observaciones y recomendaciones: Prueba satisfactoria				

Elaborado por: El Investigador

Mediante este procedimiento, se busca asegurar la autenticidad y la correspondencia precisa entre los individuos y sus respectivas cuentas en el sistema. La utilización de la cámara para el escaneo facial garantiza la integridad y la precisión en la identificación, contribuyendo así a la seguridad y eficacia del proceso en su conjunto.

Detalle de los usuarios

Se podrá obtener información detallada de los usuarios detectados como, por ejemplo: la cooperativa, el conductor, nombres, y si tiene o no antecedentes delictivos, tabla 9.

Tabla 9. Prueba detalle de los usuarios

Caso de uso: Detalle usuarios		Prueba N°:004		
Escenario: Muestra de datos de clientes				
Precondiciones:	El sistema debe arrojar información del rostro escaneado			
Datos de entrada:	Interfaz de visualización			
Descripción de pasos:	Escaneo facial Comparación de datos Entrega información relevante			
Resultados esperados:	Mostró la información detallada del cliente	Cumplimiento	Si No	X
Errores:	Fallas provocadas:			
Observaciones y recomendaciones: Prueba satisfactoria				

Elaborado por: El Investigador

Esta prueba se concibe con la finalidad de proporcionar un acceso completo y detallado a los antecedentes y particularidades de los usuarios. Por medio de esta característica, se pretende ofrecer una visión completa y precisa de la afiliación del conductor con su cooperativa, así como su identificación personal. Además, la información sobre

posibles antecedentes delictivos contribuye a una evaluación más exhaustiva y fundamentada de los usuarios, coadyuvando en la toma de decisiones informadas. Esta capacidad de obtener detalles ampliados consolida la utilidad y la integridad del sistema en su misión de proporcionar información esencial para la gestión y seguridad del entorno.

Consultar datos

Se verifica que los rostros detectados sean consultados en la base de datos para presentarlos de manera correcta ante cada usuario que desee, tabla 10.

Tabla 10. Consultar datos

Caso de uso: Consultar información detallada de los usuarios		Prueba Nº:005		
Escenario: Sistema funcionando en el navegador				
Precondiciones:	El sistema debe arrojar información del rostro escaneado			
Datos de entrada:	Interfaz de visualización			
Descripción de pasos:	Seleccionar en buscar y ver información detallada del usuario como sus nombres, dirección, teléfono, licencia.			
Resultados esperados:	Visualización de información completa de cada usuario.	Cumplimiento	Si	X
			No	
Errores:		Fallas provocadas:		
Observaciones y recomendaciones:				

Elaborado por: El Investigador

Esta verificación y búsqueda en la base de datos se realiza para proporcionar una experiencia fiable y precisa a los usuarios que buscan información visual en relación con individuos específicos. La implementación exitosa de este proceso contribuye en gran medida a la confiabilidad y efectividad general del sistema, garantizando que los datos presentados sean consistentes y pertinentes.

Historia de usuario

El usuario de las cámaras puede ver y verificar el historial, el tiempo que requiera, tabla 11.

Tabla 11. Historial de usuario

Caso de uso: Consultar información detallada de los usuarios		Prueba N°:006		
Escenario: Sistema funcionando en el navegador				
Precondiciones:	El sistema está dispuesto a guardar y llevar un registro para su verificación cuando se requiera			
Datos de entrada:	Investigación de historial			
Descripción de pasos:	El usuario debe ingresar al sistema Dirigirse a historial Buscar y revisar archivos El sistema debe estar activo			
Resultados esperados:	Se mostro la información diariamente	Cumplimiento	Si	X
			No	
Errores:	Fallas provocadas:			
Observaciones y recomendaciones:				

Elaborado por: El Investigador

A través de este proceso, se les brinda la oportunidad de analizar detenidamente las grabaciones pasadas y obtener información valiosa sobre eventos anteriores. Esta capacidad de acceso y revisión del historial proporciona un recurso esencial para la toma de decisiones informadas, el análisis detallado y la identificación de patrones o tendencias a lo largo del tiempo.

Geolocalización y monitoreo

El sistema identifica la geolocalización y realiza un seguimiento constante y continuo de la posición, el trayecto y otros aspectos relevantes en todo momento, tabla 12.

Tabla 12. Geolocalización y monitoreo

Caso de uso: Consultar ubicación exacta del vehículo		Prueba Nº:007		
Escenario: Sistema funcional de monitoreo				
Precondiciones:	El sistema está dispuesto a brindar una dirección propuesta por el usuario			
Datos de entrada:	Monitoreo y geolocalización			
Descripción de pasos:	El usuario debe ingresar al apartado de control y monitoreo Dirigirse a geolocalización Buscar y revisar sitio			
Resultados esperados:	Se mostro la geolocalización y monitorización del vehículo	Cumplimiento	Si	X
			No	
Errores:		Fallas provocadas:		
Observaciones y recomendaciones:				

Elaborado por: El Investigador

Esta funcionalidad se traduce en la habilidad del sistema para mantener una vigilancia constante y en tiempo real de los movimientos y desplazamientos. Además, se extiende a la consideración de múltiples factores relevantes que contribuyen al análisis y comprensión holística de la situación. De esta manera, el sistema se erige como un instrumento altamente capaz de proporcionar un seguimiento exhaustivo y preciso, lo que a su vez se refleja en su capacidad para ofrecer una visión completa y actualizada de la ubicación y los movimientos en curso. En última instancia, esta característica refuerza la utilidad y confiabilidad del sistema en su compromiso de mantener una vigilancia constante y una presentación precisa de datos geográficos y de seguimiento.

Pruebas de Validación

Estas evaluaciones se llevan a cabo una vez que se han concluido las pruebas de verificación, con el propósito de cerciorarse de que el sistema se ajuste a sus especificaciones y funcionalidades predefinidas. El objetivo fundamental de estas pruebas de validación radica en asegurar que el sistema sea apropiado, operativo y valioso tanto para el conductor como para el pasajero.

Ingreso a la interfaz del sistema

En esencia, la prueba de ingreso de interfaz implica someter a examen la interfaz gráfica y las funcionalidades que los usuarios encuentran al ingresar al sistema. Esto

puede incluir aspectos como la disposición de los elementos en pantalla, la navegación entre diferentes secciones, la claridad de las indicaciones y los botones, la facilidad de uso y la capacidad de respuesta ante las acciones del usuario, tabla 13.

Tabla 13. Ingreso a la interfaz del sistema

Posibles Errores	Respuesta esperada	Respuesta obtenida
La Interfaz se cuelga, o no se pueda tener acceso	Ingreso a la interfaz y al menú que brinda la plataforma	

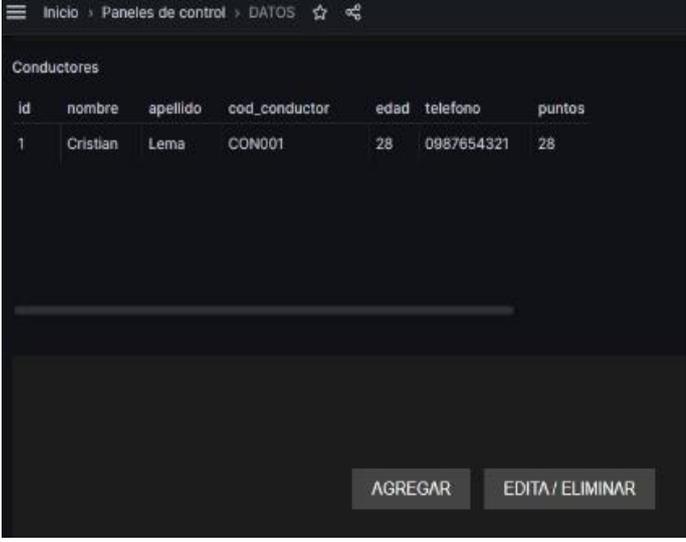
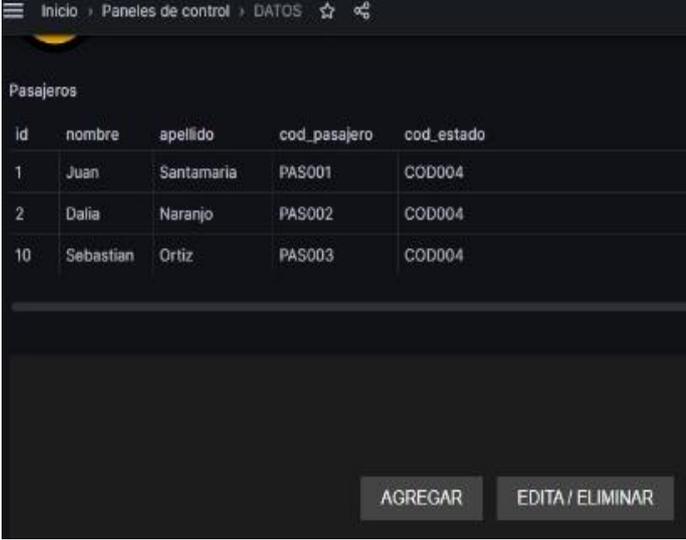
Elaborado por: El Investigador

Estas pruebas, que buscan detectar posibles obstáculos vinculados al diseño, usabilidad o funcionalidad que pudieran afectar la experiencia del usuario, han demostrado éxito. No obstante, en el contexto de la evaluación del sistema de seguridad, se constata que el sistema ha sido evaluado de manera satisfactoria.

Ingreso a la base de datos de la interfaz del conductor y pasajero

Implica verificar que los datos sean obtenidos y mostrados correctamente, y que las interacciones con la base de datos a través de la interfaz sean fluidas y seguras, tabla 14.

Tabla 14. Ingreso a la base de datos del panel de control en la interfaz

Posibles Errores	Respuesta esperada	Respuesta obtenida
<p>No se pueda ingresar al panel de control para visualizar los datos del conductor.</p> <p>No se suban los datos a la nube</p>	<p>Ingreso al panel de control y verificación de la recopilación de datos del conductor</p>	
<p>No se pueda ingresar al panel de control para visualizar los datos del conductor.</p> <p>No se suban los datos a la nube</p>	<p>Ingreso al panel de control y verificación de la recopilación de datos de los pasajeros</p>	

Elaborado por: El Investigador

Esta prueba es esencial para garantizar que la funcionalidad de acceso a la base de datos desde la interfaz del conductor y el pasajero sea sólida y cumpla con los estándares de calidad y seguridad requeridos.

Información del conductor

Se procedió a realizar pruebas destinadas a evaluar la funcionalidad de reconocimiento facial enfocada en el conductor. El objetivo principal de estas pruebas fue determinar si el sistema es capaz de generar con precisión y confiabilidad la información crucial asociada al conductor, incluyendo parámetros esenciales como el nivel de alcohol

presente, el código de identificación, el número de contacto, la edad del conductor y el registro de puntos en la licencia de conducir, brindando confiabilidad y seguridad al pasajero, en la tabla 15 se evidencia lo referido.

Tabla 15. Reconocimiento facial del conductor

Posibles Errores	Respuesta esperada	Respuesta obtenida
El sistema no reconoce el rostro del conductor	El sistema procede al reconocimiento facial, lo que conlleva a la presentación de la información asociada al conductor.	 <p>The screenshot shows a mobile application interface for a taxi driver. At the top, it says 'TAXI' and 'INFORMACION DEL CONDUCTOR'. Below this, the driver's name 'Lema Cristian' is displayed in large green letters. To the right of the name is the login time '2023-08-24 20:49:49'. Below the name is a small photo of the driver. To the right of the photo is a gauge for 'Nivel de Alcohol' (Alcohol Level) showing '0.920 mg/L'. Below the gauge is the driver's 'Codigo' (ID) 'CON001', 'Puntos de licencia' (License Points) '28', and 'Edad' (Age) '28'. At the bottom, the driver's 'Telefono' (Phone Number) '0987654321' is shown.</p>

Elaborado por: El Investigador

Los resultados de estas pruebas desempeñan un papel crucial en la determinación de la capacidad del sistema para cumplir con los requerimientos y objetivos establecidos, contribuyendo a su vez a la toma de decisiones informadas respecto a su implementación y operación.

Información del pasajero

En este proceso, el sistema logra la identificación precisa de la fisonomía del pasajero, lo que activa la presentación de datos de alta relevancia. Entre esta información crítica se incluyen detalles esenciales como el nombre completo del pasajero, la fecha en la que ingresó al sistema, el código de identificación pertinente también abarca tanto la verificación de la presencia del pasajero en la base de datos como la detección de antecedentes penales, si los hubiera, tabla 16.

Tabla 16. Reconocimiento facial del pasajero

Posibles Errores	Respuesta esperada	Respuesta obtenida
El sistema no reconoce el rostro del pasajero	El sistema procede al reconocimiento facial, lo que conlleva a la presentación de la información asociada al pasajero.	

Elaborado por: El Investigador

La realización de estas pruebas meticulosas tiene como objetivo asegurar la solidez y precisión de la funcionalidad de reconocimiento facial en relación con la presentación de información crítica sobre los pasajeros. Esto, a su vez, contribuye significativamente a fortalecer la seguridad general tanto para el conductor como para todos los involucrados en el sistema, elevando así la confiabilidad y eficacia operativa del sistema en su totalidad.

Ubicación del vehículo

La ubicación geolocalizada del taxi hace referencia a la información precisa sobre la posición geográfica en la que se encuentra el vehículo en tiempo real, tabla 17.

Tabla 17. Ubicación geolocalizada del Taxi

Posibles Errores	Respuesta esperada	Respuesta obtenida
Es sistema se cuelga y no sigue la ruta en tiempo real	Se sigue la ruta GPS en tiempo real	
El sistema no geolocaliza la ruta de taxi	El sistema da información de la ubicación y ruta del taxi (GPS).	

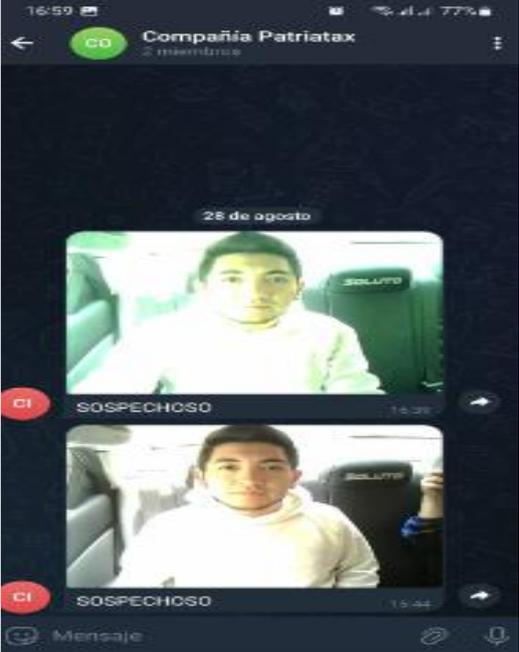
Elaborado por: El Investigador

La información de ubicación geolocalizada del taxi es valiosa tanto para los conductores como para los pasajeros y los operadores del servicio de transporte. Los pasajeros pueden usar esta información para estimar el tiempo de llegada del taxi a su ubicación actual, mientras que los conductores pueden utilizarla para navegar de manera eficiente hacia el destino del pasajero. Además, las empresas de taxis y las autoridades de transporte pueden utilizar esta información para gestionar flotas, optimizar rutas y mejorar la seguridad en el servicio.

Notificación de Telegram

Se verifica la capacidad de la aplicación al servicio o plataforma para enviar notificaciones a través de la aplicación de mensajería Telegram, tabla 18.

Tabla 18. Prueba de notificación de telegram

Posibles Errores	Respuesta esperada	Respuesta obtenida
El sistema no se conecta a la aplicación	Conexión exitosa de aplicación	 <p>The screenshot shows a Telegram chat with BotFather. The bot has been successfully created with the name 'CIA PATRIATAX'. BotFather provides instructions on how to use the bot, including a link to the Bot API documentation and a warning to keep the token secure.</p>
No permite el envío de imágenes o archivos multimedia	Recibir las imágenes y datos recopilados del sistema	 <p>The screenshot shows a Telegram chat with 'Compañía Patriatax'. Two photos of a man in a white hoodie are sent, each with the caption 'SOSPECHOSO' (SUSPICIOUS). This demonstrates that the system can successfully send images and text through Telegram.</p>

<p>No se puede conectar el conductor con la compañía</p>	<p>Conectividad con la aplicación entre el conductor y la empresa PatriaTax</p>	 <p>The screenshot shows the WhatsApp interface for a group named 'Compañía Patriatax' with 2 members. The notification settings are turned on. The members list includes 'Cristian L.' (Propietario) and 'CIA PATRIATAX' (Administrador). There is a note that 'CIA PATRIATAX' does not have access to messages.</p>
<p>Sin acceso a configuraciones de admin</p>	<p>Acceso a configuración de admin</p>	 <p>The screenshot shows the 'Privilegios de admin.' settings for the 'CIA PATRIATAX' group. It lists various administrative permissions, all of which are currently disabled (indicated by greyed-out toggle switches): Editar info. del grupo, Eliminar mensajes, Expulsar usuarios, Invitar con un enlace, Fijar mensajes, Gestionar streams en directo, Añadir nuevos admins., and Ser anónimo. At the bottom, there is a section for 'Titulo personalizado' currently set to 'Administrador'.</p>

Elaborado por: El Investigador

Esta prueba es importante para garantizar una comunicación efectiva con los usuarios y mantenerlos informados sobre las novedades y actualizaciones del servicio. También contribuye a la satisfacción del usuario al proporcionar una experiencia de usuario más interactiva y personalizada.

Efectividad y confiabilidad en el sistema

Después de completar las pruebas correspondientes, que incluyen tanto enfoques directos como pruebas de caja negra, se procede a llevar a cabo una evaluación exhaustiva de la eficacia y la fiabilidad del sistema. Esto se logra mediante la recopilación de datos en una variedad de escenarios, abarcando tanto situaciones diurnas como nocturnas. Estos datos se utilizan para llevar a cabo un análisis minucioso del desempeño del sistema en diferentes condiciones. Posteriormente, se realiza el cálculo del porcentaje total de efectividad, con el propósito de cuantificar y representar de manera numérica el grado en el cual el sistema está logrando sus objetivos de manera exitosa.

A continuación, se exponen los resultados obtenidos en situaciones diurnas y nocturnas, empleando la siguiente fórmula.

$$Eficacia = \frac{N^{\circ} \text{ casos efectuados}}{N^{\circ} \text{ total de capturas efectuadas}} \times 100 = \text{Efectividad en \%}$$

Resultados obtenidos durante el día

Para llevar a cabo esta metodología, se efectuó un promedio de 15 capturas fotográficas, las cuales corresponden a individuos que han sido identificados por el sistema como buscados, además de 10 capturas adicionales de personas no registradas en el sistema. En total, se realizaron 25 capturas, incluyendo tanto individuos buscados como no buscados. A partir de estos datos, se procedió a calcular el porcentaje de eficacia en la captura de imágenes durante el período diurno, en la tabla 19, se evidencia los datos calculados. Además, los resultados se representaron gráficamente en la figura 45 correspondiente.

Tabla 19. Capturas fotográficas realizadas en el día

Resultados diurnos	N° de casos	Porcentaje %
Personas buscadas por el sistema-identificadas	13	52%
Personas buscadas por el sistema- no identificadas	2	8%
Personas no buscadas por el sistema-no identificadas	10	40%

Elaborado por: El Investigador

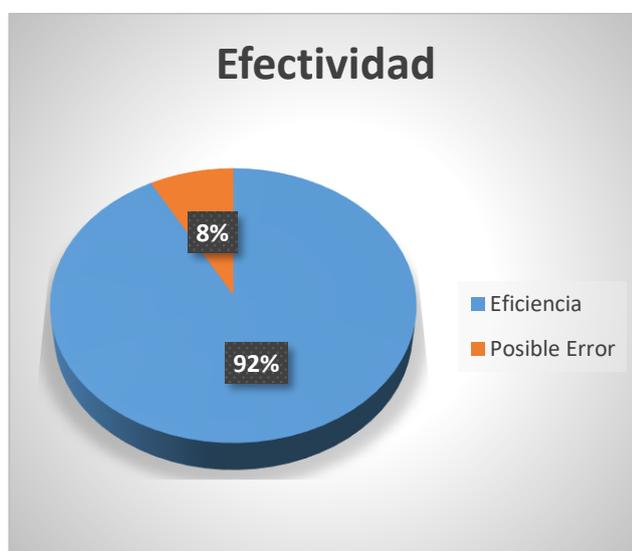


Figura 45. Representación grafica del porcentaje de eficiencia del sistema evaluado durante el día

Elaborado por: El Investigador

Resultados obtenidos durante la noche

Se procede de la misma manera efectuando Para llevar a cabo esta metodología, se efectuó un promedio de 25 capturas fotográficas, las cuales corresponden a individuos que han sido identificados por el sistema como buscados, además de 15 capturas adicionales de personas no registradas en el sistema. En total, se realizaron 40 capturas, incluyendo tanto individuos buscados como no buscados. A partir de estos datos, se procedió a calcular el porcentaje de eficacia en la captura de imágenes durante el

período nocturno, en la tabla 20, se evidencia los datos calculados. Además, los resultados se representaron gráficamente en la figura 46, correspondiente.

Tabla 20. Capturas fotográficas realizadas en la noche

Resultados nocturnos	N° de casos	Porcentaje %
Personas buscadas por el sistema-identificadas	19	47,5%
Personas buscadas por el sistema- no identificadas	6	15%
Personas no buscadas por el sistema-no identificadas	15	37,5%

Elaborado por: El Investigador

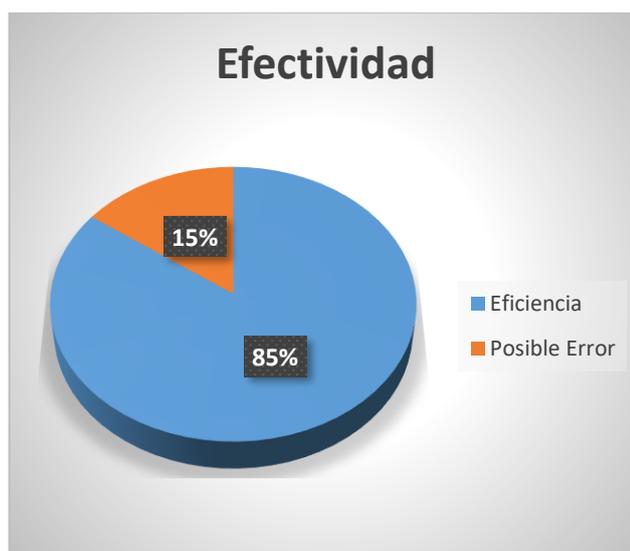


Figura 46. Representación gráfica del porcentaje de eficiencia del sistema evaluado durante la noche

Elaborado por: El Investigador

En la tabla 21, se muestran de manera detallada las cifras totales resultantes de la evaluación realizada, con el propósito de calcular la eficiencia y la confiabilidad del sistema, tanto durante las horas diurnas como nocturnas. Esta presentación tabular refleja un desglose minucioso de los valores recopilados, esenciales para llevar a cabo

un análisis exhaustivo de la efectividad del sistema en distintas condiciones temporales.

Tabla 21. Porcentajes totales resultantes de la evaluación realizada

Porcentajes	Dia	Noche
%Efectividad	92%	85%
%Posible inconsistencia	8%	15%
Total	15%	40%

Elaborado por: El Investigador

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

En conclusión, el proyecto ha demostrado ser una iniciativa valiosa para mejorar la seguridad en el transporte público, específicamente en la Compañía de Taxis Patriatax S.A. del Cantón Latacunga. La combinación de tecnologías biométricas como el reconocimiento facial, la geolocalización y el sistema alcolock ha brindado una solución integral y efectiva para prevenir delitos y accidentes, protegiendo a conductores y pasajeros. Con una continua evaluación y optimización, este sistema tiene el potencial de generar un impacto positivo en la comunidad y promover la confianza en el servicio de taxis.

Mediante un proceso de selección y evaluación, se han determinado los elementos electrónicos más adecuados para el sistema de seguridad propuesto. Estos elementos incluyen los módulos esp32 cam con capacidades de reconocimiento facial. Esta selección garantiza un conjunto de componentes tecnológicos que se ajustan a las necesidades específicas de la Compañía de taxis Patriatax S.A y su entorno operativo.

Se ha llevado a cabo con éxito el desarrollo e implementación del sistema de reconocimiento facial como parte integral del prototipo de seguridad electrónica. Este sistema utiliza algoritmos aprendizaje automático y visión por computadora para identificar y autenticar a los pasajeros de forma precisa y en tiempo real. La aplicación de esta tecnología representa un gran avance en la mejora de la seguridad y la protección de la compañía de taxis y sus usuarios.

El reconocimiento facial se ha logrado a través de la detección y el análisis de los puntos faciales, también conocidos como landmarks, que representan marcadores distintivos en el rostro de cada individuo. Mediante esta identificación de puntos clave, se procede a realizar una transformación numérica, comúnmente referida como codificación (encoding), que maneja redes neuronales convolucionales mediante

librerías de Python, para posteriormente comparar los rostros mediante la distancia euclidiana entre las incrustaciones de los rostros a comparar. Una distancia menor indica una mayor similitud en términos de rasgos faciales.

Finalmente, se ha logrado elaborar un prototipo completo y funcional de seguridad electrónica personalizado para la Compañía de taxis Patriatax S.A. Este prototipo integra los elementos electrónicos seleccionados, incluyendo el sistema de reconocimiento facial, para fortalecer la seguridad en sus operaciones. Con el prototipo, se han podido realizar pruebas y ajustes que han permitido garantizar su correcto funcionamiento y su adaptación a las necesidades específicas de la compañía.

4.2. Recomendaciones

Se recomienda una evaluación continua del sistema de reconocimiento facial y las tecnologías asociadas para mejorar su precisión y confiabilidad. Se debe considerar la actualización de algoritmos y el uso de nuevas técnicas para optimizar el rendimiento del sistema. Además, es importante proporcionar una formación adecuada y una capacitación continua al personal encargado de operar y mantener el sistema. Esto garantizará una correcta utilización de la tecnología y una respuesta eficiente ante cualquier incidencia.

Es fundamental mantener todos los dispositivos y sistemas utilizados en el sistema de seguridad electrónica actualizados con las últimas versiones de software y firmware. Esto ayuda a cerrar posibles brechas de seguridad y garantizar que las vulnerabilidades conocidas estén corregidas de igual forma es importante crear y aplicar políticas de seguridad claras para el personal de la compañía, incluyendo conductores y administradores. La capacitación regular sobre las mejores prácticas de seguridad y el uso adecuado del sistema de seguridad electrónica garantizará que todos los involucrados sean conscientes de su importancia y sepan cómo utilizar correctamente las herramientas de seguridad.

Dado que el sistema de seguridad incluye reconocimiento facial, es fundamental respetar la privacidad de los usuarios. Asegúrate de cumplir con todas las regulaciones y leyes relacionadas con la recopilación y el uso de datos. A pesar de todas las medidas

preventivas, puede haber intentos de ataque o incidentes de seguridad. Es importante tener un proceso claro y bien definido para responder rápidamente a estos eventos, minimizando su impacto y tomando medidas correctivas adecuadas.

Bibliografía

- [1] «Transporte público: usuarios a nivel mundial 2017-2027», *Statista*. <https://es.statista.com/estadisticas/1012270/usuarios-de-transporte-publico-en-el-mundo/> (accedido 11 de mayo de 2023).
- [2] «Análisis de cupos para taxis pasa al nuevo alcalde de Latacunga», *El Universo*, 4 de abril de 2019. <https://www.eluniverso.com/noticias/2019/04/04/nota/7267610/analisis-cupos-taxis-pasa-nuevo-alcalde-latacunga> (accedido 11 de mayo de 2023).
- [3] R. A. Salvador y C. B. Prieto, «Sistema de seguridad con reconocimiento facial en módulo ESP32», *Mare Ingenii*, vol. 4, n.º 1, Art. n.º 1, oct. 2022, doi: 10.52948/mare.v4i1.684.
- [4] A. Castillo, «Desarrollo de módulo de reconocimiento facial a través de cámaras de seguridad, para la empresa Accenture LTDA.», 2018, Accedido: 10 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.unimagdalena.edu.co/handle/123456789/763>
- [5] D. D. las M. Plúas Lindao, «Desarrollo de un sistema de seguridad vehicular para la detección de personas autorizadas aplicando reconocimiento facial.», Thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Carrera de Ingeniería en Teleinformática., 2020. Accedido: 10 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/54632>
- [6] E. Chuquija Aracayo, «Aplicación móvil de geolocalización para el control y la gestión de la seguridad en conductores de la Empresa de Taxi Exitoso E.I.R.L. Juliaca 2019», *Univ. Nac. Altiplano*, sep. 2020, Accedido: 10 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3279532>
- [7] «Sistema de monitoreo y seguridad para transporte público en la modalidad de taxi - ProQuest». <https://www.proquest.com/openview/72add25354599e3f7e5cdb308b27a1e2/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1006393> (accedido 10 de mayo de 2023).
- [8] P. Nichols Miranda, «Inseguridad y victimización en el transporte público urbano», *Temas Soc.*, n.º 36, pp. 13-34, may 2015.

- [9] M. F. Calles Carrasco, «Sistema informático de reconocimiento facial para el registro y control de asistencia de los socios de la cooperativa de taxis y camionetas Puyo.», mar. 2019, Accedido: 10 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/9765>
- [10] «Federación Nacional De Cooperativas De Transporte En Taxis Del Ecuador Fedetaxi (Sucursal) en Quito, PICHINCHA», *PaginasAmarillasEC*. <https://www.edina.com.ec/empresa/federacion-nacional-de-cooperativas-de-transporte-en-taxis-del-ecuador-fedetaxi/quito/local/3855185/17/31/3764918> (accedido 10 de mayo de 2023).
- [11] aBswFrztE3o0, «Definición Seguridad Vial», *Seguridad Vial en la Empresa*, 30 de junio de 2013. <https://www.seguridadvialenlaempresa.com/blog/definicion-seguridad-vial/> (accedido 18 de mayo de 2023).
- [12] A. Avance, «Sistemas de Seguridad en el Automovil - Blog Técnico Automotriz», *Curso Automotriz - Curso Virtual Automotriz - Capacitación Automotriz*, 21 de septiembre de 2013. <https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/169-sistemas-de-seguridad-en-el-automovil/> (accedido 18 de mayo de 2023).
- [13] D. V. Jiménez Calle y G. F. Paredes Orellana, «Análisis, diseño e implementación de un prototipo de sistema para reconocimiento de firmas personales con métodos de visión artificial», bachelorThesis, 2012. Accedido: 18 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/2944>
- [14] M. Bauzá, J. Vanschoren, M. P. Funes, G. M. Barrera, y D. López de Luise, «Sistema de Autentificación Facial», sep. 2009, Accedido: 18 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://dspace.palermo.edu:8443/xmlui/handle/10226/467>
- [15] F. G. Forti, «Biometría aplicada a la seguridad informática», *ITSitio*, 15 de enero de 2018. <https://www.itsitio.com/co/biometria-aplicada-la-seguridad-informatica/> (accedido 18 de mayo de 2023).
- [16] «Sistemas biométricos | BIOSYS». <https://www.biosys.es/sistemas-biometricos/> (accedido 18 de mayo de 2023).
- [17] «Biometría», *Kimaldi*. <https://www.kimaldi.com/biometria/> (accedido 25 de julio de 2023).

- [18] I. Granja, D. Moreno, F. Cabrera, y P. Valle, «Procesamiento De Imágenes Para La Identificación De Personas Como Sistema De Seguridad En Zonas Domiciliarias/Image Processing for identification of people as a security system in domiciliary zones», *KnE Eng.*, pp. 164-186, ene. 2020, doi: 10.18502/keg.v5i2.6233.
- [19] Nominalia, «Streaming y servidores cloud: ¿qué son y cómo funcionan?», *Escuela de Internet*, 7 de diciembre de 2015. <https://www.escueladeinternet.com/streaming-y-servidores-cloud-que-son-y-como-funcionan/> (accedido 6 de marzo de 2023).
- [20] «Detect and Recognize Faces and Facial Features with Luxand FaceSDK». <https://www.luxand.com/facesdk/> (accedido 25 de julio de 2023).
- [21] «Reconocimiento facial: definición y explicación», *latam.kaspersky.com*, 11 de mayo de 2022. <https://latam.kaspersky.com/resource-center/definitions/what-is-facial-recognition> (accedido 7 de febrero de 2023).
- [22] «Reconocimiento facial». <https://www.interpol.int/es/Como-trabajamos/Policiencia-cientifica/Reconocimiento-facial> (accedido 7 de febrero de 2023).
- [23] «✓ GEOLOCALIZADOR EN VEHÍCULOS - QUÉ ES Y CÓMO FUNCIONA», *Deditec - Desarrollo y mantenimiento web*, 23 de abril de 2020. <https://deditec.es/geolocalizador-en-vehiculos-que-es-y-como-funciona/> (accedido 7 de febrero de 2023).
- [24] marina baranova, «Qué es Alcolock, el sistema que llevarán todos los coches nuevos a partir de julio», *NeoMotor*, 30 de mayo de 2022. <https://neomotor.epe.es/conduccion/que-es-alcolock-el-sistema-que-llevaran-todos-los-coches-nuevos-a-partir-de-julio-GJNM8855> (accedido 7 de febrero de 2023).
- [25] «RACVN-FEBRERO-2022.pdf». Accedido: 7 de febrero de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://racvn.net/wp-content/uploads/2022/03/RACVN-FEBRERO-2022.pdf>
- [26] «Tipos de cámaras de seguridad y cómo elegir la adecuada», 6 de octubre de 2022. <https://www.sicoralarmas.com/tipos-camaras-seguridad/> (accedido 25 de julio de 2023).

- [27] «<https://es.jf-parede.pt/microcontrollers-types-their-applications>». <https://es.jf-parede.pt/microcontrollers-types-their-applications> (accedido 25 de julio de 2023).
- [28] R. Diosdado, «Display's para Arduino», *Zona Maker*, 5 de mayo de 2016. <https://www.zonamaker.com/arduino/modulos-sensores-y-shields/tipos-de-lcd-para-arduino> (accedido 25 de julio de 2023).
- [29] «Portal de Biodiversidad de Parques Nacionales (SIB)», *Panalsoft*. <https://panalsoft.com/proyecto/portal-de-biodiversidad-sib/> (accedido 25 de julio de 2023).
- [30] M. R. U. Instruments, «Conozca los fundamentos del analizador de gases y sus distintos tipos utilizados en la industria», *MRU Instruments - Analizadores de emisiones*, 16 de mayo de 2021. <https://mru-instruments.com/es/know-the-basics-of-gas-analyzer-and-its-various-types-used-in-industries/> (accedido 25 de julio de 2023).

ANEXOS

ANEXO A



ANEXO B



ANEXO C



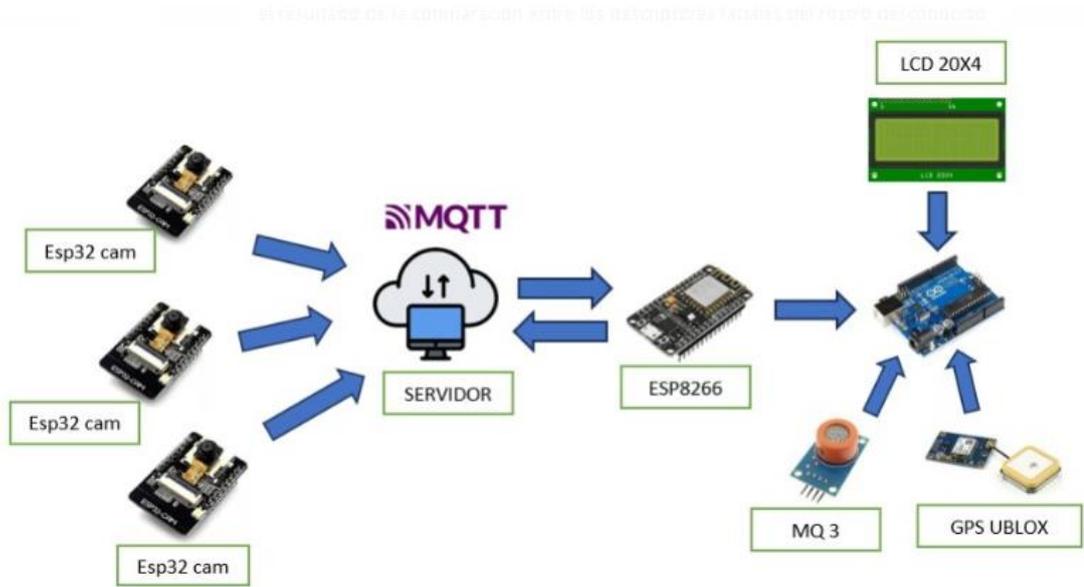
ANEXO D



ANEXO E



ANEXO F



ANEXO G

```

1 import face_recognition
2 image = face_recognition.load_image_file("fotos/fotografia.jpg")
3 faces = face_recognition.face_locations(image)
4 for face in faces:
5     facial_features = face_recognition.face_encodings(image, [face])
6     known_faces = [
7         "imagenes/pas801.jpeg",
8         "imagenes/pas802.jpeg",
9         "imagenes/pas803.jpeg",
10        "imagenes/pas804.jpeg",
11        "imagenes/pas805.jpeg",
12    ]
13    known_face_encodings = [
14        face_recognition.face_encodings(face_recognition.load_image_file(img))[0] for img in known_faces
15    ]
16
17    matches = [face_recognition.compare_faces([encoding], facial_features[0])[0] for encoding in known_face_encodings]
18
19    if any(matches):
20        matching_indices = [i for i, match in enumerate(matches) if match]
21
22        print("Rostro detectado: coincide con las siguientes imagenes conocidas:")
23        print("Imagen 4: imagenes/juank.jpg")
24        print("PS C:\Users\juank\Documents\Reconocimiento Facial>")
25
26        history_restorno()
  
```

```

PS C:\Users\juank\Documents\Reconocimiento Facial>
history_restorno()
PS C:\Users\juank\Documents\Reconocimiento Facial>
  
```

