



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Sede Ibarra

ESCUELA DE INGENIERÍA

INFORME FINAL DEL PROYECTO

TEMA:

**PROTOTIPO MODULAR CON ALARMA PARA LA DETECCIÓN DE LA FATIGA Y ANTI-SUEÑO EN CONDUCTORES DE LA EMPRESA BIT PON IMPLEMENTANDO UN ALGORITMO DE VISIÓN ARTIFICIAL**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

**INGENIERO EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN**

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:

INGENIERÍA DE SOFTWARE INNOVACIÓN Y EMPRENDIMIENTOS DE TICS

AUTOR/A: EDWIN ADRIÁN CACUANGO CHASIGUANO

ASESOR/A: MGS. JOSÉ LUIS IBARRA ESTEVÉZ

IBARRA, ABRIL - 2023

## CERTIFICACIÓN DE ASESOR

*Ibarra, 10 de abril del 2023*

### **CERTIFICA:**

Haber revisado el presente informe final de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes en la Escuela de Ingeniería, de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI); en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

(f)



*Mgs. José Luis Ibarra Estévez*

*C.C.: 1002640728*

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El jurado examinador, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI):

(f): 

*Mgs. José Luis Ibarra Estévez*

*C.C.: 1002640728*

(f): 

*Mgs. Laura Rosa Guerra Torrealba*

*C.C.: 1757842784*

(f): 

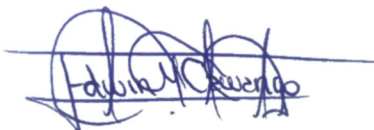
*Mgs. Santiago Damián Quishpe Morales*

*C.C.: 1002697223*

## ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Cacuango Chasigano Edwin Adrián, declaro conocer y aceptar la disposición del Art.66 del Instructivo de Trabajo de Grado de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI), que en su parte pertinente manifiesta textualmente: “Forman parte del patrimonio de la universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través o con el apoyo financiero, académico o institucional de la universidad”


Ibarra, 10 abril del 2023

f) 

C.C.: 100328268-6

## AUTORÍA

Yo, Cacuangó Chasiguano Edwin Adrián, portador de la cédula de ciudadanía N°100328268-6, declaro que la presente investigación es de total responsabilidad del autor, y que se ha respetado las diferentes fuentes de información realizando las citas correspondientes.



Cacuangó Chasiguano Edwin Adrián

C.C.: 100328268-6

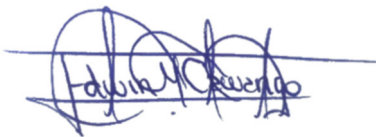
## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo Cacuango Chasiguano Edwin Adrián, con CC: 100328268-6, autor del trabajo de grado intitulado: “Prototipo modular con alarma para la detección de la fatiga y anti-sueño en conductores de la empresa Bit Pon implementando un algoritmo de visión artificial “previo a la obtención del título profesional de “Ingeniero en Tecnologías de la información “en la Escuela de Ingeniería.

Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede-Ibarra, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra a difundir a través de sitio web de la Biblioteca de la PUCESI el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de Universidad.

Ibarra, 10 abril del 2023



(f.)

Cacuango Chasiguano Edwin Adrián

C.C. 100328268-6

## DEDICATORIA

A Dios por haberme regalado esta hermosa vida la cual ha estado lleno de muchos momentos buenos como también malos, pero siempre me ha bendecido brindándome la fortaleza y sabiduría necesaria para sobresalir y llegar a culminar este sueño tan importante de formación profesional en mi vida.

A mi padre Julio y hermanita Angie mis ángeles del cielo que siempre los llevo en mi mente y corazón, los cuales siempre han estado cuidándome y guiándome desde el cielo, aunque los perdí a muy temprana edad aún tengo en mi memoria sus palabras de motivación para nunca rendirme y así llegar a culminar mi carrera universitaria.

A mi madre Marthita quien me dio la vida y por todo su amor en todas las etapas de mi vida es mi motivación y el pilar más importante y fundamental quien ha cumplido el rol de padre y madre siempre ha tenido la fortaleza de sobresalir adelante pese a las adversidades, estando pendiente con sus consejos, oraciones y sobre todo brindándome todo lo que estuviese a su alcance incluso por encima de sus necesidades con lo cual ha llegado a convertirme cada día en una mejor persona.

A mis hermanos y hermanas Paul, Alexander, Vanessa, Salome son personas admirables por todo el esfuerzo que día a día hacen para llegar a culminar cada uno de los sueños propuestos por cada uno, siendo ellos mi inspiración por cuantos momentos tristes y felices que hemos compartido juntos y aunque tenemos diferentes destinos siempre nos apoyamos mutuamente en lo que esté al alcance de cada uno, les agradezco inmensamente por estar presentes acompañándome en esta etapa de mi vida.

A mí novia Selena que admiro mucho, la cual con su amor y comprensión ha sido mi apoyo invaluable, escuchándome e impulsándome cuando pensaba rendirme siendo quien ha confiado siempre en mí, luchando de la mano conmigo día a día a lo largo de este camino para llegar a cumplir mi sueño de terminar mi carrera universitaria, por lo cual es quien me inspira y motiva a cumplir todas las metas que me propongo.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por brindarme sabiduría y fortaleza para cumplir mis objetivos junto a mi familia maravillosa que siempre me apoyado y confiado en mí para que yo pueda superarme, inculcándome valores éticos y morales que han sido fundamentales para valorar todo lo que poseo siendo una buena persona y un buen futuro profesional.

Agradezco a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Ibarra PUCESI, a la escuela de Ingeniería que me acogió y pude estudiar mi carrera brindándome varias oportunidades de aprendizaje durante todo el tiempo en el cual duro mi preparación académica.

Agradezco a todos mis maestros quienes contribuyeron de manera directa en mi formación, con su paciencia y dedicación incondicional, como también a mi tutor Mgs. José Luis Ibarra Estévez a mis lectores Mgs. Laura Rosa Guerra Torrealba y Mgs. Santiago Damián Quishpe Morales que durante el tiempo de acompañamiento y tutorías me brindaron sus conocimientos y recomendaciones que hicieron posible llegar a esta instancia tan anhelada de graduarme.

A mis amigos y compañeros de salón que hoy culminamos un etapa en la vida, pero con los cuales siempre se compartió muchos momentos de estudio y trabajo y también diversión durante todo el tiempo de nuestra formación académica.

## ÍNDICE

<b>CERTIFICACIÓN DE ASESOR</b>	<b><i>i</i></b>
<b>APROBACIÓN DEL TRIBUNAL</b>	<b><i>ii</i></b>
<b>ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS</b>	<b><i>iii</i></b>
<b>AUTORÍA</b>	<b><i>iv</i></b>
<b>DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN</b>	<b><i>v</i></b>
<b>CERTIFICACIÓN ANTIPLAGIO</b>	<b><i>vi</i></b>
<b>DEDICATORIA</b>	<b><i>vii</i></b>
<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b><i>viii</i></b>
<b>ÍNDICE</b>	<b><i>1</i></b>
<b>Índice de Tablas</b>	<b><i>4</i></b>
<b>Índice de Figuras:</b>	<b><i>5</i></b>
<b>RESUMEN EJECUTIVO</b>	<b><i>7</i></b>
<b>ABSTRACT</b>	<b><i>8</i></b>
<b>Introducción</b>	<b><i>9</i></b>
<b>Objetivos</b>	<b><i>10</i></b>
Objetivo General	<i>10</i>
Objetivos Específicos	<i>10</i>
<b>Capítulo I: Estado del Arte</b>	<b><i>11</i></b>
<b>1.1 Estado del Arte</b>	<b><i>11</i></b>
1.1.1 Panorama Internacional	<i>11</i>
1.1.2 Panorama Nacional	<i>13</i>
<b>1.2 Fundamentación Teórica</b>	<b><i>16</i></b>

1.2.1 Fatiga	16
1.2.2. Signos de Fatiga	17
1.2.3. Somnolencia	18
1.2.4. La vista humana	20
1.2.5. Computadoras de placas simples	21
1.2.6. Raspberry Pi3 Model B+	21
1.2.7. Computadores Sticks	23
1.2.8. Inteligencia Artificial	23
1.2.9. Visión Artificial	24
1.2.10. Software	26
1.2.11. Técnicas de reconocimiento facial	28
<b>1.3. Marco Legal</b>	<b>30</b>
1.3.1. Constitución de la República del Ecuador	30
1.3.2. Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial del Ecuador	31
<b>1.4. Síntesis del capítulo</b>	<b>32</b>
<b>Capítulo II: materiales y métodos</b>	<b>33</b>
<b>2.1. Selección de metodología para el desarrollo</b>	<b>33</b>
<b>2.2. Metodología de Cascada: Fase 1 Requerimientos y Diseño</b>	<b>33</b>
2.2.1. Situación inicial	33
2.2.2. Técnicas de recolección de información	33
2.2.3. Propósito y ámbito del sistema	35
2.2.4. Descripción del sistema	36
2.2.5. Determinación de Stakeholders	37
2.2.6. Definición de Acrónimos y Abreviaturas	37
2.2.7. Requerimientos operacionales y de usuario	38
2.2.8. Requerimientos iniciales del sistema	39
2.2.9. Requerimientos iniciales de arquitectura	41
2.2.10. Diseño: Diagrama de flujo	42
2.2.11. Diseño: Electrónico	43
2.2.12. Diseño: Diseño de PCB	50
2.2.13. Diseño: Carcasa para el dispositivo	50
2.2.14. Diseño: DataSet para algoritmo de visión artificial	51

<b>2.3. Metodología de Cascada: Fase 2 Implementación</b>	<b>55</b>
2.3.1. Hardware	55
2.3.2. Software	58
2.3.3. Impresión 3D de la carcasa del dispositivo	59
2.3.4. Ensamblaje del dispositivo	60
<b>Capítulo III: Resultado y discusión</b>	<b>61</b>
<b>3.1. Metodología de Cascada: Fase 3 Validación, Pruebas y Análisis de resultados</b>	<b>61</b>
3.1.1. Validación del algoritmo de visión artificial	61
3.1.2. Pruebas de funcionamiento	65
3.1.3. Análisis de resultados	69
<b>Capítulo IV: Conclusiones y Recomendaciones</b>	<b>70</b>
<b>4.1 Conclusiones</b>	<b>70</b>
<b>4.2 Recomendaciones</b>	<b>70</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>71</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>74</b>
<b>ANEXO 1 Informe similitud TURNITIN</b>	<b>74</b>
<b>ANEXO 2 Carta de satisfacción del Cliente</b>	<b>75</b>
<b>ANEXO 3 Diagrama de Conexiones</b>	<b>76</b>
<b>ANEXO 4 Diagrama de Bloques</b>	<b>77</b>
<b>ANEXO 5 Registro Fotográfico</b>	<b>78</b>
<b>ANEXO 6 Código Fuente</b>	<b>79</b>

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Tabla resumen de información obtenida por la entrevista realizada al encargado. .....	34
<b>Tabla 2.</b> Condiciones actuales del campo a investigar .....	36
<b>Tabla 3.</b> Stakeholders.....	37
<b>Tabla 4.</b> Lista de Acrónimos y Abreviaturas. ....	38
<b>Tabla 5.</b> Requerimientos operacionales del sistema. ....	38
<b>Tabla 6.</b> Requerimientos de usuario del sistema.....	39
<b>Tabla 7.</b> Requerimientos del sistema. ....	40
<b>Tabla 8.</b> Requerimientos iniciales de arquitectura.....	41
<b>Tabla 9.</b> Tablas de consumo.....	49
<b>Tabla 10.</b> Matriz de confusión .....	61
<b>Tabla 11.</b> Matriz de confusión del algoritmo de detección de rostros .....	62
<b>Tabla 12.</b> Matriz de confusión del algoritmo de detección de ojos .....	62
<b>Tabla 13.</b> Rubrica de cumplimiento de requerimientos de usuario .....	66
<b>Tabla 14.</b> Rubrica de cumplimiento de requerimientos .....	67

## Índice de Figuras:

<b>Figura 1.</b> Evidencia fotográfica del trabajo de investigación de Jain, Bahgerathi & Sowmyarani.....	11
<b>Figura 2.</b> Rasgos Faciales encontrados con los contornos de procesamiento de imágenes.....	12
<b>Figura 3.</b> Estructura de Transfer Learning VGG16 (TL-VGG16) y Transfer Learning VGG19 (TL-VGG19).....	13
<b>Figura 4.</b> Implementación del Dispositivo de Baiza Lovato .....	14
<b>Figura 5.</b> Diagrama general del sistema .....	14
<b>Figura 6.</b> Colocación de dispositivo en vehículo.....	16
<b>Figura 7.</b> Fatiga en un conductor .....	17
<b>Figura 8.</b> Signo de fatiga.....	18
<b>Figura 9.</b> Conductor dormido al volante.....	19
<b>Figura 10.</b> Accidente por conductor dormido al volante .....	19
<b>Figura 11.</b> Ojo Humano .....	20
<b>Figura 12.</b> Parpadeo .....	21
<b>Figura 13.</b> Microordenador Raspberry pi. ....	22
<b>Figura 14.</b> Computadora Intel Sticks 1a32wfc atom ,32GB.....	23
<b>Figura 15.</b> Representación de imágenes sin y con valores de píxeles .....	25
<b>Figura 16.</b> Grafica de patrones PCA.....	29
<b>Figura 17.</b> <i>Diagrama de Flujo</i> .....	43
<b>Figura 18.</b> Diagrama de conexiones .....	44
<b>Figura 19.</b> Led 1W con disipador .....	45
<b>Figura 20.</b> El módulo SIM800L GSM/GPRS.....	47
<b>Figura 21.</b> Cámara nocturna 2 ir 5mpx ov5647 .....	48
<b>Figura 22.</b> Mini altavoces .....	49
<b>Figura 23.</b> Diseño de la PBC aplicada para el proyecto .....	50
<b>Figura 24.</b> Carcasa realizada en Freecad .....	50
<b>Figura 25.</b> Interfaz Gráfica Cascade Trainer GUI .....	51

<b>Figura 26.</b> Directorios con las fotografías correspondientes al entrenamiento del algoritmo.....	52
<b>Figura 27.</b> Cascade Adaptado: Train .....	53
<b>Figura 28.</b> Cascade Trainer GUI, apartado: Common.....	53
<b>Figura 29.</b> Cascade Trainer GUI, apartado: Cascade .....	54
<b>Figura 30.</b> Resultados del entrenamiento.....	55
<b>Figura 31.</b> Diagrama Electrónico.....	56
<b>Figura 32.</b> PCB para el módulo GPRS-GSM y el de leds .....	56
<b>Figura 33.</b> PCB terminada .....	57
<b>Figura 34.</b> Ensamble de modulares para las distintas pruebas.....	57
<b>Figura 35.</b> Pruebas de los cascade .....	58
<b>Figura 36.</b> Resultados del Script Tesis.py .....	58
<b>Figura 37.</b> Piezas impresas .....	60
<b>Figura 38.</b> Prototipo terminado.....	60
<b>Figura 39.</b> Curva de ROC general del algoritmo de visión artificial.....	65

## **RESUMEN EJECUTIVO**

En este trabajo de grado se diseñó y construyó un prototipo de alarma anti-sueño y fatiga para conductores, empleando visión artificial para la detección visual de acciones premeditadas antes de un siniestro por micro sueño. Este trabajo se elaboró con una metodología tipo cascada que permitió dividir el proceso en diferentes fases, desde la recopilación de requerimientos, diseño, implementación y validación de este; obteniendo buenos resultados en la validación de los algoritmo de detección, los cuales tienen parámetros muy altos superiores del 70% como lo es su precisión, exactitud, sensibilidad, especificada y F1 Score, lo cual significa que están en óptimas condiciones, obteniendo una respuesta oportuna de 1,2 segundos.

## **ABSTRACT**

In this degree project, an anti-sleep and fatigue alarm prototype for drivers was designed and built, using artificial vision for the visual detection of premeditated actions before a micro-sleep accident. This work was prepared with a cascade-type methodology that allowed dividing the process into different phases, from the collection of requirements, design, implementation and validation of this; obtaining good results in the validation of the detection algorithms, which have very high parameters above 70% such as their precision, accuracy, sensitivity, specificity and F1 Score, which means that they are in optimal conditions, obtaining a timely response. of 1.2 seconds.

## Introducción

En el Ecuador las causas de muerte registradas por el Sistema de Investigación de Accidentes de Tránsito, en el año 2016, se contabilizaron 1632 siniestros viales donde el 98% fueron causados por fallas humanas (Comercio, 2017). En el sitio web Confirmado se explica que, de entre las fallas producidas por humanos, la OMS indicó que la falta de sueño o su mala calidad produce entre el 10% al 20% de los accidentes de tránsito y en Ecuador es causa del 0.6% de accidentes fatales, siendo una de las 13 causas más frecuentes de siniestros viales (Redacción Comercial, 2022). La falta de sueño produce un fenómeno denominado micro sueño, que consiste en un periodo muy corto de tiempo, entre 2 a 5 segundos aproximadamente, en donde una persona pierde la conciencia, debido al cansancio y la fatiga. El micro sueño durante la actividad de la conducción de vehículos, al producir la falta de atención momentánea, puede ser fatal porque se pierden los reflejos y la concentración necesaria para esta actividad, lo que es un riesgo para la seguridad y la integridad física de los conductores, pasajeros y demás vehículos que circulan en las vías (Turbo, 2019). Por lo tanto, es necesario detectar su presencia para alertar y prevenir al conductor, mediante algún dispositivo tecnológico.

Adicionalmente, la Fundación MAPRE (2017) menciona que la somnolencia que se produce por el cansancio, fatiga o mala calidad del sueño es un factor de riesgo de primera magnitud durante la conducción, aunque sus causas pueden ser evitadas. El conductor siempre debe estar preparado para reaccionar correctamente ante situaciones imprevistas o situaciones “límite”, pero los trastornos del sueño lo impiden. Frente a esta situación, se han desarrollado diferentes sistemas de alerta para dar un mensaje de alerta visual y auditiva al conductor (Sanz, 2007).

Aunque existen dispositivos de alerta al conductor disponibles en el mercado nacional, estos solamente actúan detectando el movimiento de la cabeza a causa de la fatiga, pero no detectan el micro sueño (Corporación Química Nacional, 2019).

Con el fin de prevenir los accidentes de tránsito causados por la somnolencia, se propone realizar un dispositivo para la detección de micro sueño y fatiga aplicando la tecnología de Visión Artificial.

## **Objetivos**

### ***Objetivo General***

Diseñar y construir un prototipo de alarma anti-sueño y fatiga para conductores.

### ***Objetivos Específicos***

- Recopilar la base teórica conceptual necesaria para la implementación del proyecto
- Diseñar un dispositivo prototipo de alarma anti-sueño y fatiga para conductores
- Probar y documentar el funcionamiento del dispositivo de alarma anti-sueño.

## Capítulo I: Estado del Arte

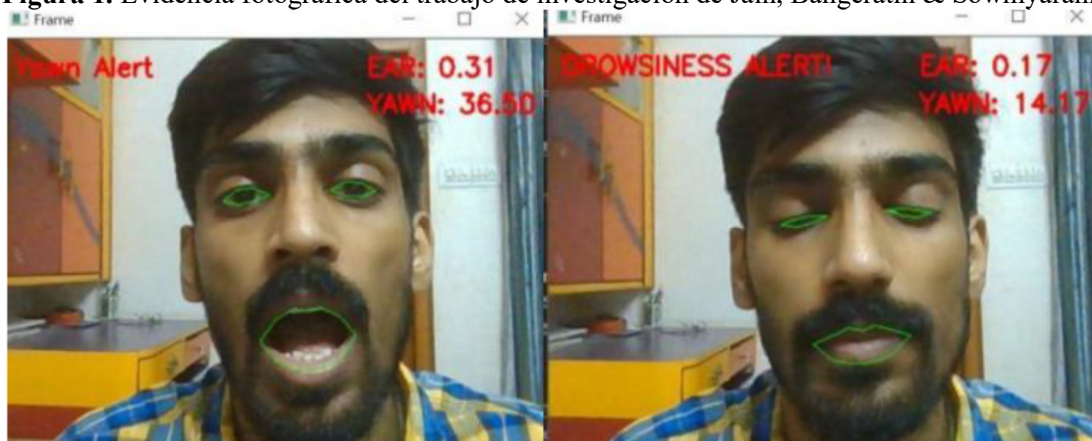
### 1.1 Estado del Arte

#### 1.1.1 Panorama Internacional

Se han desarrollado diferentes y variados proyectos de investigación para analizar el estado de sueño y fatiga del conductor.

Mahek et al., (2021) en su trabajo de investigación publicado en el “International Journal of Engineering and Advanced Technology” (IEJEAT) desarrollan un sistema cuyo propósito es detectar la somnolencia del conductor en base al movimiento de los párpados y la presencia del bostezo, como se puede apreciar Figura 1, que sea confiable y emita una alarma sonora en tiempo real, utilizando metodologías HAAR Cascades y librerías OpenCV, en este se considera dos factores esenciales, que son la identificación facial y de la boca estableciendo diversas coordenadas, en tres etapas progresivas como lo son: Seguimiento rostro de humano, Extracción y Evaluación; pero los investigadores observaron que el modelo se degrada si los marcos de los ojos no se capturan claramente debido a cualquier tipo de obstáculos, como gafas protectoras que tengan reflejos.

**Figura 1.** Evidencia fotográfica del trabajo de investigación de Jain, Bahgerathi & Sowmyarani.



Fuente: Mahek, Bhavya, & Sowmyarani (2021)

Yekhshatyan y Lee (2013) publicaron un artículo científico publicado en IEEE Transactions On Intelligent Transportation Systems, donde presentan un sistema que combina la detección de la mirada mediante escaneo con una cámara, y la información proporcionada por el vehículo durante la marcha, para detectar si el conductor se distrae, evaluando si hay cambios en la estructura de correlación ojo-dirección donde el efecto es el indicador de distracciones; estas correlaciones automáticas y cruzadas de la posición horizontal del ojo y el ángulo de volante muestran los movimientos oculares asociados con el escaneo de la carretera donde producen una baja correlación entre ojo y la dirección, no obstante esta débil correlación es sensible a la distracción.

De igual forma los investigadores Ranjan et al., (2020) proponen el reconocimiento del rostro y sus patrones geométricos mediante la captura de video, cuadro por cuadro y mediante el uso de la librería dlib, un conjunto de herramientas para machine learning y programación en Python y OpenCV para reconocer los contornos del rostro cuando el conductor está despierto o con somnolencia; con este método el sistema sea eficaz en la detección de la somnolencia del conductor al proporcionar una estimación suficientemente fiable y precisa del nivel de apertura de los ojos (Figura 2), esto se debe a la solidez frente a la baja resolución de la imagen y la orientación incorrecta de la cabeza, la poca iluminación y las expresiones faciales variadas.

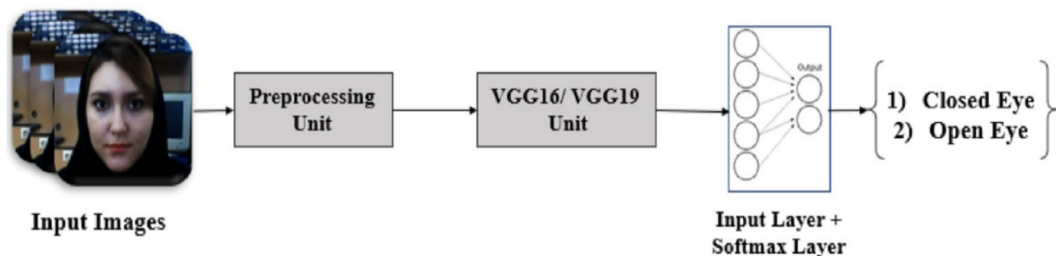
**Figura 2.** Rasgos Faciales encontrados con los contornos de procesamiento de imágenes.



Fuente: Ranjan et al. (2020)

Hashemi et al., (2020) realizaron un algoritmo de detección de somnolencia del conductor en tiempo real basado en un método con Redes Neuronales Convolucionales, que incluye alta precisión y rapidez, en este se utiliza 3 redes, representadas como: red potencial para la clasificación del estado de los ojos, red neuronal completamente diseñada (FD-NN) y otra red que utiliza Transfer Learning en VGG16 y VGG19 con capas extra diseñadas (TL-VGG). Los resultados experimentales muestran la alta precisión y baja complejidad computacional de la estimación del cierre del ojo y la capacidad del marco propuesto en la detección de somnolencia; Los autores se refirieron a los beneficios de los enfoques propuestos en la alta precisión y baja complejidad computacional, Sin embargo, existe un equilibrio entre el tamaño del conjunto de datos y precisión lo cual solicitan más Redes profundas con más capas ocultas para que los parámetros muestren un mejor rendimiento y necesitan un conjunto de datos más grande. Por lo tanto, existe un compromiso entre el número de datos disponibles y el número de parámetros FD-NN.

**Figura 3.** Estructura de Transfer Learning VGG16 (TL-VGG16) y Transfer Learning VGG19 (TL-VGG19)



Fuente: Hashemi et al. (2020)

### 1.1.2 Panorama Nacional

En la Universidad de Israel en la ciudad de Quito, Lovato (2020) propone un sistema de detección de micro sueño utilizando un módulo Raspberry Pi, V3, que incorpora una cámara que capturará imágenes del conductor, las cuales se llevarán en tiempo real hacia el lenguaje de programación Python y utilizando la librería OpenCV, se procesará los datos enviados mediante algoritmos que detectarán el grado de somnolencia y si es superior al 80%, se emitirá una alarma visual y un pitido constante, utilizando una estrategia sencilla y práctica, no obstante no es tan precisa.

**Figura 4.** Implementación del Dispositivo de Baiza Lovato

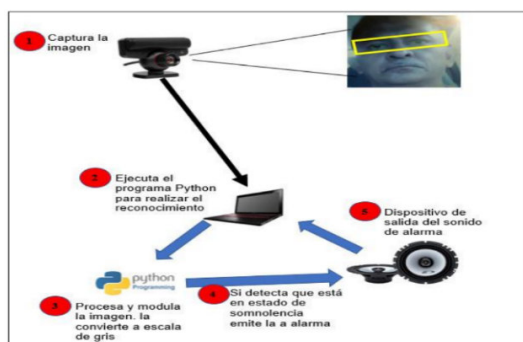


Fuente: Lovato (2020)

Por otro lado en la ciudad de Ambato se desarrollo el prototipo de un sistema de control del estado de somnolencia en conductores de vehículos, elaborado por Romero (2016) que en su trabajo utiliza visión artificial o visión por computadora y oximetría de pulso que es una técnica permite medir de manera indirecta la saturación de oxígeno de la sangre roja de un paciente, sin necesidad de tomar una muestra de sangre.

En la Universidad de Guayaquil, se realizó un trabajo de investigación en la cual participan Chalén y Camacho (2020) similar a los anteriores a diferencia que se basó específicamente en el estado de los Orientándose a patrones biométricos, inteligencia artificial y programación mediante Machine Learning, así como, las principales variables que permiten identificar un estado de somnolencia.

**Figura 5.** Diagrama general del sistema



Nota: Chalén y Camacho (2020).

Entre las herramientas utilizadas para investigar fueron la observación, exploración e inicialización representadas en encuestas virtuales y pruebas del prototipo en conductores tanto durante el día como en la noche para encontrar factores que puedan interferir en los resultados al momento de detectar un estado de somnolencia. Dentro de esta investigación también se determinan cuáles son los algoritmos a utilizar (CV2, Imutils, etc.) siendo la herramienta Python y su librería principal Visión por Computadora las seleccionadas para el estudio. Se debe señalar que a pesar de su precisión pueden sufrir de interferencias por lo cual se recomienda utilizar los materiales adecuados para el éxito total del proyecto, siendo este también un trabajo que aún se encuentra en desarrollo para mejores prácticas busca promover nuevas tecnologías enfocadas a inteligencia artificial dentro de Ecuador.

En la ciudad de Ibarra, en la Universidad Técnica del Norte, Armijos (2018) desarrolló un sistema de alerta electrónico para la detección de somnolencia en conductores, en base al uso de la visión artificial para el monitoreo de los rasgos faciales como las coordenadas del rostro, los ojos y el pestañeo. El prototipo se desarrolla con el propósito de que no interfiera con la visibilidad del conductor (Figura 6) y realice un trabajo continuo sin importar el periodo del día que se encuentre sea la mañana en la tarde o en la noche. Los requisitos del proyecto son fundamentales para la elección de los elementos usados en el sistema. Igualmente se toma en cuenta el análisis de la situación actual donde se determina los parámetros para el diseño del proyecto. En cuanto al funcionamiento, el sistema monitorea la fisonomía, los ojos y el excesivo pestañeo del conductor (somnolencia) y si se presenta un cambio fisonómico o signos de somnolencia el sistema actúa de inmediato con una alerta auditiva. Asimismo, el sistema proporciona y almacena un registro de eventos dentro de una base de datos para un análisis de conducción dependiendo de los conductores que usen el sistema. El sistema va en el habitáculo del vehículo con el fin de realizar las pruebas en el área de acción del conductor, con la intención de comprobar el funcionamiento del prototipo. Los resultados obtenidos en la etapa de pruebas concluyen que los conductores tienden al sueño en altas horas de la noche, esto por la carga horaria de trabajo. La respuesta que entrega el sistema frente a la presencia de somnolencia es la alerta auditiva, esto quiere decir que el número de falsos

positivos que entrega el sistema es casi nulo, presentando a un prototipo perfectamente funcional.

**Figura 6.** Colocación de dispositivo en vehículo.



Fuente: Armijos (2018)

## **1.2 Fundamentación Teórica**

### ***1.2.1 Fatiga***

Hay algunos factores que se derivan exclusivamente del esfuerzo físico, otros que dependen del esfuerzo mental debido al esfuerzo físico, y algunos otros de la retroalimentación que proporciona la tarea que se está realizando. La tendencia actual es entender la fatiga como un estado motivacional complejo cuyo origen se da en muchos procesos fisiológicos y psicológicos que sirven para regular el esfuerzo y proteger al organismo de daños graves (Conde y Gonzales, 2018).

Reina y Andres (2019) definen a la fatiga como la pérdida transitoria de la capacidad para realizar un trabajo, después de una rutina prolongada; la capacidad se puede recuperar cuando cesa la actividad, y si no se toma el debido descanso en términos de una recuperación psicofisiológica, deja de ser un cansancio normal para convertirse en un estado patológico.

La fatiga, según Miagro et al., (2019) es el agotamiento físico o mental que detiene a una persona, es causada por el esfuerzo físico y/o mental, sin tiempo suficiente para descansar y recuperarse, además, de pasar largos periodos de tiempo despierto, teniendo una mala calidad de sueño durante el periodo.

**Figura 7.** Fatiga en un conductor



Fuente: [www.streetrentacar.com](http://www.streetrentacar.com)

### **1.2.2. Signos de Fatiga**

Miagro y Umiña-Malma (2019) señalan los signos que presenta una persona cuando esta fatigada, entre ellos menciona:

- a) Cansancio o somnolencia
- b) Lapsos de memoria
- c) Dificultad para concentrarse
- d) Tiempos de reacción más lentos.
- e) Los efectos de la fatiga pueden reducir el efecto de un trabajador
- f) Capacidad para tomar decisiones.
- g) Capacidad para hacer una planificación compleja.
- h) Habilidades de comunicación
- i) Productividad y rendimiento.
- j) Atención
- k) Capacidad para manejar el estrés.
- l) Tiempo de reacción

- m) Habilidad para recordar detalles.
- n) Capacidad para responder a los cambios en el entorno o la información proporcionada.
- o) Incapacidad para permanecer despierto.
- p) Aumento de errores.
- q) Enfermedades a largo plazo, el absentismo.
- r) Mayores costos médicos

**Figura 8.** Signo de fatiga



Fuente: [www.hutterstock.com](http://www.hutterstock.com)

### **1.2.3. Somnolencia**

La somnolencia (

**Figura 9)** es un estado cuyas consecuencias pueden ser muy peligrosas para conductores de vehículos, controladores aéreos, controladores de plantas nucleares, etc. En Ecuador en el año 2018 se reportaron 353 accidentes de tránsito por conducir en estado de somnolencia. Por este motivo es importante que los conductores se mantengan despiertos (Revelo, 2019).

Se conoce como somnolencia a la propensión a dormirse o la habilidad de transición de la vigilia al sueño. Se estima que, en Perú casi el 35% de la población ha

presentado en algún momento de su vida una alteración del sueño; la prevalencia de somnolencia Perú se encuentra entre el 30% (Quezada, 2020).

**Figura 9.** Conductor dormido al volante



Fuente: [www.lavoz.com](http://www.lavoz.com)

### **Riesgos que presenta la somnolencia**

Se sospecha que la conducción con sueño es la causa principal en más del 20% de muertes en carretera. La mayoría de los accidentes relacionados con la fatiga ocurren durante las horas normales de sueño, y cuanto más grave es el choque, más probabilidades hay, que el conductor o los conductores estén fatigados (Miagro & Umiña-Malma, 2019).

Los accidentes de tránsito (Figura 10) debido a la somnolencia y fatiga del conductor son un problema de interés mundial. Revelo (2019) menciona que, en Ecuador, en el año 2018 se registraron 25.530 accidentes de tránsito, la causa principal fue por conducir desatento a las condiciones de tránsito con un 24,13% del total de accidentes, mientras que el 1,38% fue por conducir en estado de somnolencia o malas condiciones físicas.

**Figura 10.** Accidente por conductor dormido al volante

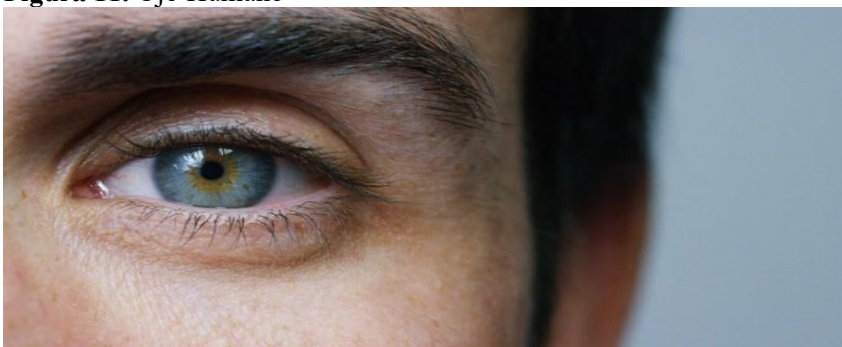


Fuente: El Universo (2021)

#### ***1.2.4. La vista humana***

Según Beyond (2018) la manera en que vemos las cosas forma parte de un proceso complejo: antes de ver algo, se sucede una serie de pasos en el ojo y el cerebro, para su funcionamiento se requiere de la vía retino-cortical, que comienza en los ojos y llega hasta el cerebro. En pocas palabras, la visión se produce así: el ojo humano absorbe la luz de su entorno y la recoge en la córnea. De esta forma se genera una primera impresión visual. Luego, cada ojo envía esta imagen al cerebro a través del nervio óptico y la procesa, obteniendo lo que llamamos "visión" (Figura 11). La luz constituye la base de todo lo que vemos. En completa oscuridad somos prácticamente invidentes.

**Figura 11.** Ojo Humano



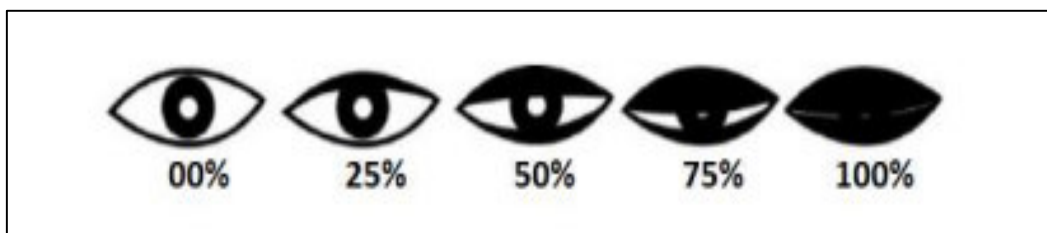
Fuente: [www.somosfan.com](http://www.somosfan.com)

#### **Pestañeo**

Según Revelo (2019) el índice del pestañeo está definido como el porcentaje de tiempo en el cual los párpados se encuentran cerrados de un 80% a 100% sobre un periodo

de tiempo, a esto se le denomina el índice PERCLOS que para ser calculado hay que tomar en cuenta que se usa el cierre del párpado más no el parpadeo; el cierre de párpado es mucho más lento que un parpadeo, ya que este considera la posición de los párpados antes que se cierren o abran por completo. Por ejemplo, en un intervalo de un minuto si los párpados cubren el ojo entre el 80% al 100% por 12 segundos, el índice PERCLOS sería  $12/60$  o 20% como se lo puede ver en la Figura 12.

**Figura 12.** Parpadeo



Fuente: [www.bibdigital.epn.edu.ec](http://www.bibdigital.epn.edu.ec)

El índice de PERCLOS presenta varios niveles de somnolencia dependiendo de su valor interpretado: menor a 7,5% despierto del 7,5% al 15% cuestionable sobre 15% somnoliento (Revelo, 2019).

### ***1.2.5. Computadoras de placas simples***

Una Computadora de placas simples o conocida como (SBCs), es básicamente un sistema informático completamente funcional construido alrededor de un único impreso de circuito.

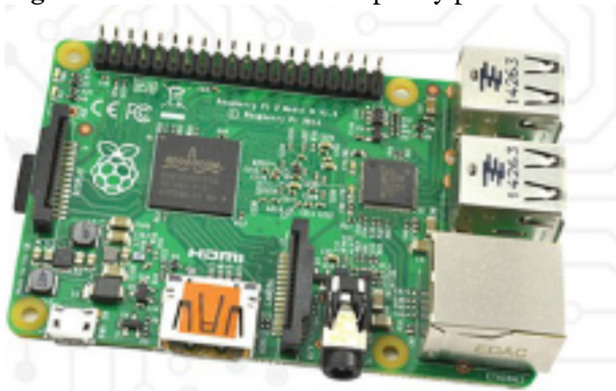
Un SBC tiene microprocesador(es), memoria, entrada/salida y otras características requerido de una computadora funcional mínima. A diferencia de una computadora personal de escritorio (PC), la mayoría de los SBC no tienen ranuras de expansión para funciones periféricas o expansión. Como todos los componentes como procesador(es),

RAM, GPU, etc., están integrados en una sola PCB, nosotros no se puede actualizar un SBC (Pajankar, 2018).

### **1.2.6. Raspberry Pi3 Model B+**

La Raspberry Pi 3 (Figura 13) es una Computadora de placa única de 900 MHz que ejecuta su propia versión del sistema operativo Linux, este puede conectar un teclado, un mouse y un monitor a una Raspberry Pi y usarlo como un dispositivo normal (Monk, 2018).

**Figura 13.** Microordenador Raspberry pi.



Fuente: Monk (2018)

### **Características**

La Organización Raspberry (2022) menciona que el Raspberry Pi 3 Model B+ es la revisión final de la gama Raspberry Pi 3 e incluye las siguientes características:

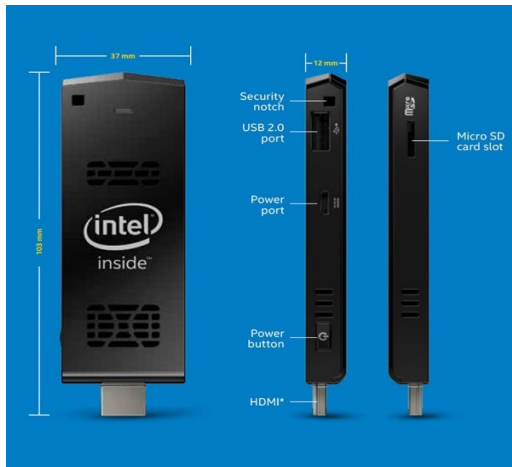
- SoC Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 (ARMv8) de 64 bits a 1,4 GHz
- SDRAM LPDDR2 de 1GB
- LAN inalámbrica de 2,4 GHz y 5 GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac, Bluetooth 4.2, BLE

- Gigabit Ethernet sobre USB 2.0 (rendimiento máximo de 300 Mbps)
- Encabezado GPIO de 40 pines extendido
- HDMI de tamaño completo
- 4 puertos USB 2.0
- Puerto de cámara CSI para conectar una cámara Raspberry Pi
- Puerto de pantalla DSI para conectar una pantalla táctil Raspberry Pi
- Salida estéreo de 4 polos y puerto de video compuesto
- Puerto Micro SD para cargar su sistema operativo y almacenar datos
- Entrada de alimentación de CC de 5 V/2,5 A
- Compatibilidad con alimentación a través de Ethernet (PoE) (requiere PoE HAT por separado)

### ***1.2.7. Computadores Sticks***

Son computadoras pequeñas con un buen rendimiento que pueden conectarse a cualquier dispositivo a través del puerto HDMI, generalmente se conecta a cualquier tipo de televisión que tengan estos puertos, esto a la vez da una ventaja natural contra otra computadora de escritorio, Intel es la primera empresa que ha podido desarrollar esta clase de tecnologías (Intel, 2021).

**Figura 14.** Computadora Intel Sticks 1a32wfc atom ,32GB



Fuente: [www.madboxpc.com/](http://www.madboxpc.com/)

### ***1.2.8. Inteligencia Artificial***

El mundo de la inteligencia artificial (IA) está impactando la forma en que los humanos, podemos usar el poder de las computadoras inteligentes para realizar tareas mucho más rápido, de manera más eficiente y con un mínimo esfuerzo. La idea de impartir inteligencia similar a la humana a las computadoras (conocida como IA) es un concepto realmente interesante. Cuando la inteligencia se centra en imágenes y videos, el dominio se denomina visión artificial. Del mismo modo, Hafsa y Vishwesh (2020) explican que el procesamiento del lenguaje natural (NLP) es el flujo de IA en el que tratamos de comprender el significado detrás del texto, esta tecnología es utilizada por las principales empresas para crear chatbots basados en IA diseñados para interactuar con los clientes.

Sandoval (2021) menciona que tanto la visión por computadora como la PNL comparten los conceptos de aprendizaje profundo, donde usamos redes neuronales profundas para completar tareas como detección de objetos, clasificación de imágenes, incrustación de palabras y más. Volviendo al tema de la visión por computadora, las empresas han presentado casos de uso interesantes en los que los sistemas de IA han logrado cambiar escenarios completos. A Google, por ejemplo, se le ocurrió la idea de Google Googles, que puede realizar varias operaciones, como clasificación de imágenes, reconocimiento de objetos y más. Del mismo modo, los automóviles autónomos de Tesla

utilizan ampliamente la visión por computadora para detectar peatones y vehículos en la carretera y para detectar el carril en el que se mueve el automóvil.

### ***1.2.9. Visión Artificial***

La visión por computadora es una técnica comúnmente utilizada en robótica que puede usar diferentes cámaras para simular el movimiento tridimensional biomecánico del ojo humano. Morena et al., (2019) mencionan que la visión artificial se puede definir como un conjunto de métodos utilizados para adquirir, analizar y procesar imágenes y transformarlas en información que puede ser valiosa para una computadora. Esto significa que la información recopilada se transforma en datos numéricos, para que la computadora pueda trabajar con ellos, esto se tratará en los capítulos más adelante.

Hay diferentes tipos de aplicaciones en el mundo, algunas pueden ser:

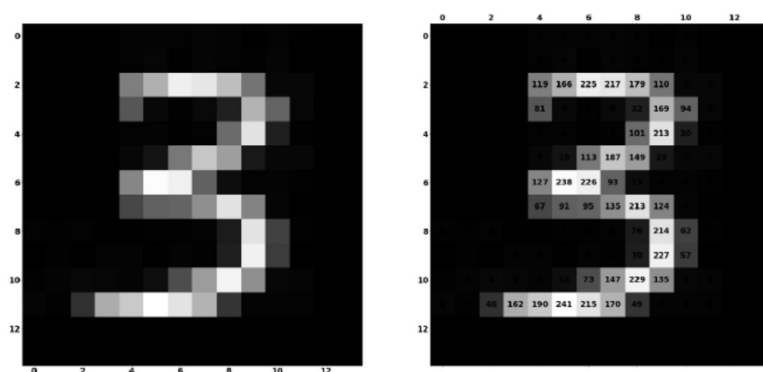
- **Automóviles autónomos:** los automóviles autónomos usan la visión por computadora para obtener información sobre el tráfico y el entorno y para decidir qué hacer en base a esta información. Por ejemplo, el automóvil se detendría si capta a un peatón cruzando en su cámara.
- **Aplicaciones de la cámara del teléfono:** muchas aplicaciones de la cámara del teléfono incluyen efectos que modifican una imagen tomada con la cámara. Por ejemplo, Instagram le permite al usuario usar filtros en tiempo real que modifican la imagen mapeando la cara del usuario al filtro.
- **Tennis Hawk-Eye:** este es un sistema de visión basado en computadora que se usa en el tenis para rastrear la trayectoria de la pelota y mostrar su camino más probable en la cancha. Se utiliza para comprobar si la pelota ha rebotado dentro de los límites de la pista.

### **Algoritmos Básicos en visión artificial**

Una computadora entiende una imagen como un conjunto de números agrupados. Para ser más específicos, la imagen se ve como una matriz bidimensional, una matriz que

contiene valores de 0 a 255 (siendo 0 para negro y 255 para blanco en imágenes en escala de grises) que representan los valores de los píxeles de una imagen (valores de píxeles ), como se muestra en el siguiente ejemplo: en la Figura 15 hay una representación de la imagen sin y con valores de píxel; en la imagen de la izquierda se muestra el número 3 en baja resolución; en el lado derecho, se muestra la misma imagen junto con el valor de cada píxel (Morena et al.,2019).

**Figura 15.** Representación de imágenes sin y con valores de píxeles



Fuente: Morena et al., (2019).

A medida que aumenta este valor, se muestra un color más brillante, y si el valor disminuye, el color se oscurece. Esta imagen en particular está en escala de grises, lo que significa que es solo una matriz bidimensional de valores de 0 a 255, imágenes en color.

Las imágenes en color (o imágenes en rojo/verde/azul (RGB)) tienen tres capas de matrices bidimensionales apiladas juntas. Cada capa representa un color cada una y al juntarlas todas forman una imagen coloreada. La imagen anterior tiene 14x14 píxeles en su matriz. En escala de grises, se representa como 14x14x1, ya que solo tiene una matriz y un canal. Para el formato RGB la representación es 14x14x3 ya que tiene 3 canales. A partir de esto, todo lo que las computadoras necesitan entender es que las imágenes provienen de estos píxeles.

### 1.2.10. Software

#### OpenCV

En el 2022, La OpenCV (Biblioteca de visión artificial de código abierto) es una biblioteca de código abierto que incluye varios cientos de algoritmos de visión artificial. El documento describe la llamada API de OpenCV 2.x, que es esencialmente una API de C++, a diferencia de la API de OpenCV 1.x basada en C.

OpenCV (2022) explica que su código tiene una estructura modular, lo que significa que el paquete incluye varias bibliotecas compartidas o estáticas. Están disponibles los siguientes módulos:

- **Funcionalidad central (core):** un módulo compacto que define estructuras de datos básicas, incluida la densa matriz multidimensional Mat y las funciones básicas utilizadas por todos los demás módulos.
- **Procesamiento de imágenes (imgproc):** un módulo de procesamiento de imágenes que incluye filtrado de imágenes lineales y no lineales, transformaciones de imágenes geométricas (cambio de tamaño, deformación afín y perspectiva, reasignación genérica basada en tablas), conversión de espacio de color, histogramas, etc.
- **Análisis de video (video):** un módulo de análisis de video que incluye estimación de movimiento, sustracción de fondo y algoritmos de seguimiento de objetos.
- **Calibración de cámara y reconstrucción 3D (calib3d):** algoritmos básicos de geometría de vista múltiple, calibración de cámara única y estéreo, estimación de pose de objeto, algoritmos de correspondencia estéreo y elementos de reconstrucción 3D.
- **Marco de funciones 2D (features2d):** detectores de funciones destacadas, descriptores y comparadores de descriptores.
- **Detección de objetos (objdetect):** detección de objetos e instancias de las clases predefinidas (por ejemplo, caras, ojos, tazas, personas, automóviles, etc.).

- **GUI de alto nivel (highgui):** una interfaz fácil de usar para capacidades de IU simples.
- **E/S de video (videoio):** una interfaz fácil de usar para la captura de video y los códecs de video

### **Anaconda Navigator.**

Software que permite crear ambientes de trabajos y realizar ciencia de datos, aprendizaje automático de Python / R, Anaconda fue construida por científicos de datos, para científicos de datos. Haciendo posible acceder a un conjunto de herramientas para trabajo con miles de paquetes y bibliotecas de código abierto.

Este permite hacer funcionar aplicaciones y administrar fácilmente distintos paquetes. Así, Anaconda Navigator puede buscar paquetes en Anaconda Cloud o en otros repositorios, y está disponible para ambientes Windows, macOS y Linux (Anaconda, 2019).

### **Google Colab.**

Proyecto de investigación de Google diseñado con el propósito de ayudar a difundir la educación y la investigación en el aprendizaje automático.

Colab permite conectarnos a un servidor de Jupyter que se encuentre configurado en forma local, esto permite acceder al sistema de archivos local, con las versiones que instaladas en localmente; permite recrear cuadernos que permiten combinar código ejecutable y texto enriquecido en un mismo documento, además de imágenes, HTML, LaTeX y otras más (Colab Google, 2020). Los cuadernos que se crean en Colab se almacenan en tu cuenta de Google Drive. Siendo posible compartir cuadernos de Colab fácilmente con compañeros de trabajo, lo que les permite comentarlos o incluso editarlos.

#### ***1.2.11. Técnicas de reconocimiento facial***

### **PCA (Principal Component Analysis)**

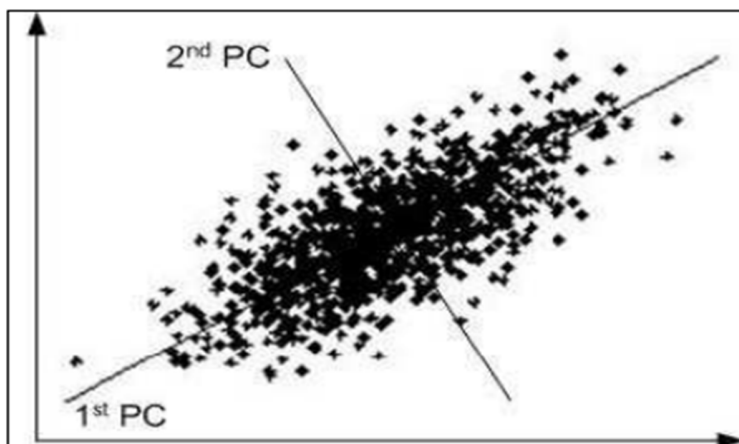
PCA es un método que transforma un número de variables posiblemente correladas en un pequeño número de variables incorreladas llamadas componentes

principales, es decir, es un algoritmo de reducción dimensional que permite encontrar los vectores que mejor representan la distribución de un grupo de imágenes.

PCA está basado en la Transformada de Karhunen-Loeve (KLT) que consiste en la representación de un proceso estocástico no periódico a través de una base de vectores obtenidos completamente del proceso en sí mismo, es decir, PCA permite representar una imagen de una cara usando una base que se ha conseguido a partir de muchas observaciones de diferentes caras (Kirby y Sirovich, 1990).

El objetivo de este método consiste en representar una imagen en términos de un sistema de coordenadas óptimo reduciendo el número final de componentes que tendrá la imagen. Un ejemplo de PCA lo podemos ver en la Figura 16.

**Figura 16.** Grafica de patrones PCA



Fuente: Cepeda (2017)

### **LDA (Linear Discriminant Analysis)**

LDA tiene como objetivo convertir un problema de alta dimensionalidad en uno de baja. Para ello LDA proyecta los datos (imágenes) en un espacio vectorial de baja dimensionalidad de manera que la ratio entre la distancia entre clases y la distancia dentro de la clase se maximiza. De este modo se garantiza una máxima discriminación entre las clases.

A diferencia de PCA, que es un método de reducción dimensional sin supervisión, LDA sí que es supervisado y utiliza información de los datos, para ello lo que se hace es maximizar la siguiente expresión LDA tiene como objetivo convertir un problema de alta dimensionalidad en uno de baja y proyecta los datos (imágenes) en un espacio vectorial de baja dimensionalidad de manera que la ratio entre la distancia entre clases y la distancia dentro de la clase se maximiza (Duda y Hart, 2002). De este modo se garantiza una máxima discriminación entre las clases A diferencia de PCA, que es un método de reducción dimensional sin supervisión, LDA sí que es supervisado y utiliza información de los datos.

### **1.3. Marco Legal**

Este proyecto de investigación va con acompañado con lineamientos legales, que hacen valido el propósito de la investigación, a continuación, se detalla los diferentes artículos de referencia.

#### ***1.3.1. Constitución de la República del Ecuador***

**Art. 16:** “Todas las personas, en forma individual o colectiva, tienen derecho a... El acceso universal a las tecnologías de información y comunicación” (Asamblea Nacional del Ecuador, 2008, p. 14). En la Constitución de la República se expone explícitamente que el Estado garantiza a todas las personas al acceso a los medios tecnológicos, teniendo en cuenta que todos pueden acceder al equipamiento tecnológico que se encuentran inmersos en la presente investigación.

Además, en el artículo 22 se menciona que:

Las personas tienen derecho a desarrollar su capacidad creativa, al ejercicio digno y sostenido de las actividades culturales y artísticas, y a beneficiarse de la protección de los derechos morales y patrimoniales que les correspondan por las producciones científicas, literarias o artísticas de su autoría. (Asamblea Nacional del Ecuador, 2008, p. 15).

El artículo 22 da el derecho a la capacidad de desarrollar creaciones artísticas, tecnológicas, deportivas, entre otras, dando la protección de ley de los derechos patrimoniales, de igual manera es competencia del estado garantizar la generación y discusión de contenido científico que ayude a mejorar la calidad de vida de las personas y contribuyan al buen vivir, haciendo mención directa al artículo 385, el cual resalta que, “El sistema nacional de ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales, en el marco del respeto al ambiente, la naturaleza, la vida, las culturas y la soberanía, tendrá como finalidad”:

1. Generar, adaptar y difundir conocimientos científicos y tecnológicos.
2. Recuperar, fortalecer y potenciar los saberes ancestrales.
3. Desarrollar tecnologías e innovaciones que impulsen la producción nacional, eleven la eficiencia y productividad, mejoren la calidad de vida y contribuyan a la realización del buen vivir (Asamblea Nacional del Ecuador, 2008, p. 117).

### ***1.3.2. Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial del Ecuador***

La Asamblea Nacional del Ecuador (2008) señala en el artículo 16 que la Agencia Nacional de Regulación y Control del Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, es el ente encargado de la regulación, planificación y control del transporte terrestre, tránsito y seguridad vial en el territorio nacional, en el ámbito de sus competencias, con sujeción a las políticas emanadas del Ministerio del Sector; así como del control del tránsito en las vías de la red estatal-troncales nacionales, en coordinación con los GADS y tendrá su domicilio en el Distrito Metropolitano de Quito.

En este artículo de ley indica que la Agencia Nacional de Regulación y Control del Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial del Ecuador será el encargado de realizar las respectivas regulaciones y control de la seguridad vial, aduciendo su aprobación para este proyecto de investigación.

Del mismo modo, en el artículo 46 se recalca que el transporte terrestre automotor es un servicio público esencial y una actividad económica estratégica del Estado, que consiste en la movilización libre y segura de personas o de bienes de un lugar a otro, haciendo uso del sistema vial nacional, terminales terrestres y centros de transferencia de pasajeros y carga en el territorio ecuatoriano. Su organización es un elemento fundamental contra la informalidad, mejorar la competitividad y lograr el desarrollo productivo, económico y social del país, interconectado con la red vial internacional” (Asamblea Nacional del Ecuador, 2008).

En el artículo 46 expone que el servicio público debe de igual manera ser un medio de transporte seguro, donde podemos tener esta opción para trabajos futuros. En concordancia con el artículo 54 se menciona que, la prestación del servicio de transporte atenderá los siguientes aspectos: a) La protección y seguridad de los usuarios, incluida la integridad física, psicológica y sexual de las mujeres, hombres, adultos mayores adolescentes, niñas y niños; b) La eficiencia en la prestación del servicio; c) La protección ambiental; y, d) La prevalencia del interés general por sobre el particular” (Asamblea Nacional del Ecuador, 2008).

En este punto exalta la protección y seguridad de los usuarios, lo que se considera un punto de respaldo para este proyecto de investigación.

#### **1.4. Síntesis del capítulo**

En este capítulo se definió los fenómenos causales del micro sueño antes de un siniestro, con ello se determinó a la vez diferentes tipos de tecnologías que ayudan a detectar a tiempo los diferentes parámetros visuales, como la inteligencia artificial y la visión artificial, utilizando técnicas de reconocimiento facial.

Al mismo tiempo se analizó un marco legal de acuerdo a la constitución de la república del ecuador y la ley orgánica de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial, que va de acuerdo con las directrices del trabajo, y lo apoya como una solución.

## **Capítulo II: materiales y métodos**

En el presente capítulo se desarrolla el software y hardware del trabajo de investigación en el cual se utilizó un algoritmo de visión artificial para la detección de fatiga y somnolencia, estructurado en respuesta a dar alarmas para alertar al conductor, y estableciendo una comunicación directa al directivo a cargo del monitoreo de transporte.

### **2.1. Selección de metodología para el desarrollo**

La implementación de un sistema embebido para la automatización de procesos y recursos se ha vuelto una manera óptima para aumentar la eficacia de este dispositivo.

Para este proyecto se trabajó con la metodología cascada, la cual ejecuta cada fase desagregada de los objetivos específicos del trabajo de investigación, y estas derivan distintas actividades hasta estar, esto garantiza que cada fase cumpla con los resultados establecidos en las especificaciones preestablecidas.

### **2.2. Metodología de Cascada: Fase 1 Requerimientos y Diseño**

Esta primera fase se centra en la recolección de información la cual estructura requisitos y lineamientos. En esta fase utiliza diferentes herramientas para obtener, analizar e interpretar la información obtenida.

#### ***2.2.1. Situación inicial***

En la siguiente sección se da a conocer el estado o situación con el que se empezó el trabajo de investigación. En base al análisis de la información brindada se establece varios requerimientos relacionados a los componentes de hardware y software necesarios para estructurar el sistema con sus entradas y salidas.

#### ***2.2.2. Técnicas de recolección de información***

Dentro de la investigación y el análisis de la información existen diferentes técnicas útiles que permiten desenvolver los datos y sintetizarlos en los requerimientos. Una de estas es la entrevista la cual es una interacción entre una o varias personas las cuales responden a debidas preguntas establecidas.

## Entrevista

En la realización de la entrevista se busca reunir la mayor cantidad de información que cubra los datos referentes a la funcionalidad del prototipo a implementarse: el uso, la comunicación, el hardware, el software, las entradas y las salidas para el diseño y el montaje del futuro sistema. Además, es recomendable prepararse con fuentes bibliográficas del tema a tratar para obtener la mayor cantidad de información que sirva a la investigación y logre cubrir hasta el mínimo detalle que pueda ser importante.

Para este proyecto la entrevista al encargado del lugar beneficiario que se encuentra en el Anexo 1 recogió información de la labor cotidiana, experiencias pasadas y expectativas para caracterizar el sistema.

## Encuesta

En las encuestas se partió en una serie de preguntas objetivas como se puede observar en el Anexo 2, para sacar los respectivos requerimientos, esta se implementó con el nivel de confianza del 95%, margen de error del 3% y una población de 150 conductores, se tuvo una muestra de 133 conductores, de las cuales se les suministra la encuesta digital que está indicada en el ANEXO 1.

El análisis respectivo se da de acuerdo con la tabulación y el análisis del Anexo 3, del cual damos de resultado la **Tabla 1**.

**Tabla 1.** Tabla resumen de información obtenida por la entrevista realizada al encargado.

REQUERIMIENTOS OBTENIDOS DE ENTREVISTA Y EN LA ENCUESTAS				
REQUERIMIENTOS DE USUARIO	REQUERIMIENTOS TÉCNICOS	PRIORIDAD		
		ALTA	MEDIA	BAJA
Implementación del dispositivo en cualquier tipo de automovil	El equipo debe de funcionar con la fuente del automovil, y tener una carcasa adaptable a todo tablero frontal		X	

Dispositivo al alcance economico del usuario promedio	Este dispositivo constara de software libre y hardware libre		X
Alerta a tiempo para evitar catastrofes	El dispositivo tendra una reaccion minima de 1,5 segundos	X	
Avisos Audibles y Visuales	Constara de un modulo programable de audio, para interactuar con reproducciones alertas, ademas de ello tendra leds de alerta que pondra en sobre aviso al conductor	X	
Almacenage de datos	Este dispositivo constara de una base de datos local en SQLite		X
Sistema portable	Este sistema es compacto y ligero para poder desplazarlo a cualquier lado		X
Resistencia del equipo	La carcasa sera hecha en PEGT que es un material de impresion 3D, muy resistentea golpes y a humedad.		X
Avisos inmediato al controlador del transporte a larga distancia	Constara de un modulo GPRS que dara aviso a las personas encargadas del monitoreo del trasnporte.	X	
Que el equipo no produzca estrés al conductor	Las alertas seran unicamente bajo el parametro de sonolencia	X	

Fuente: Edwin Cacuango

### ***2.2.3. Propósito y ámbito del sistema***

El propósito de central de este trabajo de investigación es implementar un dispositivo de visión artificial que ayude a salvaguardar la vida de las personas de los siniestros de tránsito relacionados con la fatiga y el anti-sueño, por medio de una alarma que pueda hacer reaccionar a tiempo al conductor y sea consciente de tomar una pequeña pausa en su travesía para continuar.

Como punto de partida para ello, se llegó a un análisis inicial que se puede las condiciones iniciales para mejorar como destaca en la **Tabla 2**.

**Tabla 2.** Condiciones actuales del campo a investigar

<i>CONDICIONES ACTUALES</i>	
<i>ASPECTOS</i>	<i>ACTUALMENTE</i>
Jornada de trabajo	Los conductores manejan a veces 14 horas o incluso hasta 18 horas en el día para alcanzar sus objetivos, incluso sin ningún descanso
Efectos de la somnolencia	Los conductores pierden la conciencia de 2 a 3 segundos por el micro sueño
Accidentes de tránsito	La falta de sueño o su mala calidad produce entre el 10% al 20% de los accidentes de tránsito
Monitoreo de los automotores en aspectos cruciales	No existe un monitoreo adecuado de parte de los centros de transportes

Fuente: Edwin Cacuango

#### **2.2.4. Descripción del sistema**

Este sistema se construyó por 4 etapas, la primera es básicamente la adquisición de imágenes y detección, la segunda es el establecimiento de los datos en SQLite y la tercera es el envío de mensajes de alerta, a través del módulo 4g y la cuarta el accionar de los diferentes periféricos audibles y visuales para llegar a tener la reacción del conductor, para que pueda habilitarse y maniobrar de manera que pueda evitar cualquier siniestro.

#### **Riesgos**

Antes de realizar el diseño se estiman algunos riesgos potenciales que puedan afectar al sistema. Enlistándolos a continuación:

- En las pruebas del sistema el hardware no responda como se debería.
- El tiempo de montaje tome más tiempo del esperado.
- La sensibilidad del hardware a utilizarse.
- El tipo de comunicación no cumpla con la eficiencia esperada.
- Se necesite más hardware del esperado en el transcurso del proyecto.

## Restricciones

De igual manera que los posibles riesgos se pueden estimar ciertas restricciones que tendrá el sistema en su montaje, ejecución o uso.

A continuación, se las enlistan:

- Operabilidad intuitiva.
- El sistema trabaja en una configuración esclavo - maestro.
- Software de programación libre.
- Hardware modular y adaptable adquirible en el mercado nacional.
- Hardware compatible con distintos módulos.

### 2.2.5. Determinación de Stakeholders

Los Stakeholders o partes interesadas son los sujetos involucrados con el desarrollo del equipo o dispositivo. Los Stakeholders son quienes tienen algún interés en el desarrollo, implementación o uso del proyecto y con ello definir los requerimientos que debe cumplir con cada objetivo. En la **Tabla 3** se observan los Stakeholders definidos para este proyecto.

**Tabla 3.** Stakeholders.

Orden	Stakeholders
1	Fundador de la empresa
2	Director del proyecto
3	Asesor 1
4	Asesor 2
5	Autor de la Investigación

Fuente: Edwin Cacuango

### 2.2.6. Definición de Acrónimos y Abreviaturas

En el desarrollo de estos siguientes capítulos se necesitarán algunos acrónimos y abreviaturas con frecuencia los cuales se presentan en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Lista de Acrónimos y Abreviaturas.

Abreviatura	Descripción
<b>PUCESI</b>	Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra
<b>CITIC</b>	Carrera de ingeniería de Tecnologías de la Información
<b>ERS</b>	Especificación de Requerimientos de los Stakeholders
<b>ERSI</b>	Especificación de Requerimientos del Sistema
<b>ERE</b>	Especificación de Requerimientos de la Estructura

Fuente: Edwin Cacuango

### 2.2.7. *Requerimientos operacionales y de usuario*

En las **Tabla 5** y Fuente: Edwin Cacuango

**Tabla 6** se observan los requisitos iniciales para el desarrollo del sistema, los requisitos operacionales y de usuario, todos estos lineamientos permiten visualizar el funcionamiento y el nivel de prioridad de cada uno.

**Tabla 5.** Requerimientos operacionales del sistema.

RO					
REQUERIMIENTOS OPERACIONALES					
NÚMERO	REQUERIMIENTOS	PRIORIDAD			RELACIÓN
		ALTA	MEDIA	BAJA	
<b>RO1</b>	El equipo comenzara a funcionar operando un interruptor			X	
<b>RO2</b>	La detección de micro sueño debe de ser instantánea	X			
<b>RO3</b>	Debe de constar de distintas alarmas visuales y audibles	X			

<b>RO4</b>	Debe de dar un aviso al monitor de transporte	X
------------	-----------------------------------------------	---

Fuente: Edwin Cacuango

**Tabla 6.** Requerimientos de usuario del sistema.

RU					
REQUERIMIENTOS DE USUARIO					
NÚMERO	REQUERIMIENTOS	PRIORIDAD			RELACIÓN
		ALTA	MEDIA	BAJA	
<b>RU1</b>	El sistema debe de ser implementado bajo un fácil uso		X		
<b>RU2</b>	Las Alertas no deben de ser aturdidoras para el conductor	X			
<b>RU3</b>	Se debe implementar mensajes prealertas		X		
<b>RU4</b>	Cada 2 horas de viaje se debe de dar un mensaje de alarma, para tomar un descanso		X		
<b>RU5</b>	Se debe de dar una alerta oportuna en fracción de 1,5 segundos	X			
<b>RU6</b>	Se debe de emplear un dispositivo económico al alcance del hombre promedio				X

Fuente: Edwin Cacuango

### 2.2.8. *Requerimientos iniciales del sistema*

Los requerimientos iniciales permitieron elaborar el sistema electrónico, para esto se debe conocer el comportamiento del sistema y sus componentes para cumplir con las funciones que se desean. En la **Tabla 7** se presenta algunos requerimientos iniciales que limitan al sistema que se desarrollará, los cuales son importantes en el diseño, implementación y uso del dispositivo.

**Tabla 7.** Requerimientos del sistema.

<b>RSS</b>					
<b>REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA</b>					
<b>NÚMERO</b>	<b>REQUERIMIENTOS</b>	<b>PRIORIDAD</b>			<b>RELACIÓN</b>
		<b>ALTA</b>	<b>MEDIA</b>	<b>BAJA</b>	
<b>RSS1</b>	Fuente de alimentación tomada de la batería del automotor		X		
<b>RSS2</b>	Utilización de comunicación de SMS por 4G	X			
<b>RSS3</b>	Modularidad del sistema		X		
<b>RSS4</b>	Alarmas	X			
<b>RSS5</b>	Almacenamiento de datos	X			
<b>REQUERIMIENTOS DE USO</b>					
<b>RSU1</b>	Extracción de datos almacenados.		X		
<b>RSU2</b>	Fácil adaptabilidad en el automotor		X		
<b>RSU3</b>	Manual de calibración.		X		
<b>RSU4</b>	Manual de mantenimiento.		X		
<b>REQUERIMIENTOS DE CONEXIÓN EXTERNA</b>					
<b>RSCE1</b>	Comunicación Serial con módulos externos.	X			
<b>RSCE2</b>	Comunicación GSM por 4GLTE	X			
<b>REQUERIMIENTOS DE CONEXIÓN INTERNA</b>					
<b>RSCI1</b>	Conexión de entradas y salidas al sistema embebido.	X			

<b>RSCI2</b>	Los sensores se conectan a una tarjeta de microcontrolador en cada gabinete modular.	X
<b>RSCI3</b>	Conexiones de alimentación y protección	X
<b>REQUERIMIENTOS DE PERFORMANCE</b>		
<b>RSP1</b>	Tiempos precisos y exactos en la toma de datos	X
<b>RSP2</b>	Filtrar interferencias en la comunicación.	X
<b>RSP3</b>	Ubicación de modulares ordenados en la carcasa	X
<b>REQUERIMIENTOS FÍSICOS</b>		
<b>RSF1</b>	Alimentación continua	X
<b>RSF2</b>	Robustez de carcasa	X
<b>RSF3</b>	Ligero y portable	X

Fuente: Edwin Cacuango

### 2.2.9. *Requerimientos iniciales de arquitectura*

En la arquitectura que se va a diseñar para el sistema es importante describir las características como limitaciones del software y del hardware, además de, requerimientos lógicos en la parte del diseño. Estos requerimientos se detallan en la **Tabla 8**.

**Tabla 8.** Requerimientos *iniciales* de arquitectura

<b>RIA</b>					
<b>REQUERIMIENTOS INICIALES DE ARQUITECTURA</b>					
NÚMERO	REQUERIMIENTOS	PRIORIDAD			RELACIÓN
		ALTA	MEDIA	BAJA	
<b>REQUERIMIENTOS DE DISEÑO</b>					
<b>RIAD1</b>	Compatibilidad de componentes	X			
<b>RIAD2</b>	Modularidad de componentes.		X		
<b>RIAD3</b>	Software libre.	X			
<b>RIAD4</b>	Hardware a un bajo costo.	X			

<b>RIAD5</b>	Variedad de componentes.	X
<b>REQUERIMIENTOS DE SOFTWARE</b>		
<b>RIAS1</b>	Paquetes y librerías accesibles.	X
<b>RIAS2</b>	Compatibilidad con Arduino.	X
<b>RIAS3</b>	Variedad de librerías y paquetes.	X
<b>RIAS4</b>	Facilidad de programar	X
<b>REQUERIMIENTOS DE HARDWARE</b>		
<b>RIAH1</b>	Placa embebida open source	X
<b>RIAH2</b>	Conexión de equipos sencilla.	X
<b>RIAH3</b>	Cámara infrarroja	X
<b>REQUERIMIENTOS ELÉCTRICOS</b>		
<b>RIAE1</b>	Protecciones eléctricas.	X
<b>RIAE2</b>	Alimentación eléctrica.	X
<b>RIAE3</b>	Distribuciones de voltaje	X

Fuente: Edwin Cacuango

Una vez establecido los distintos tipos de requerimientos se debe de encaminar el proyecto al diseño en el que se acoge los distintos lineamientos obtenidos.



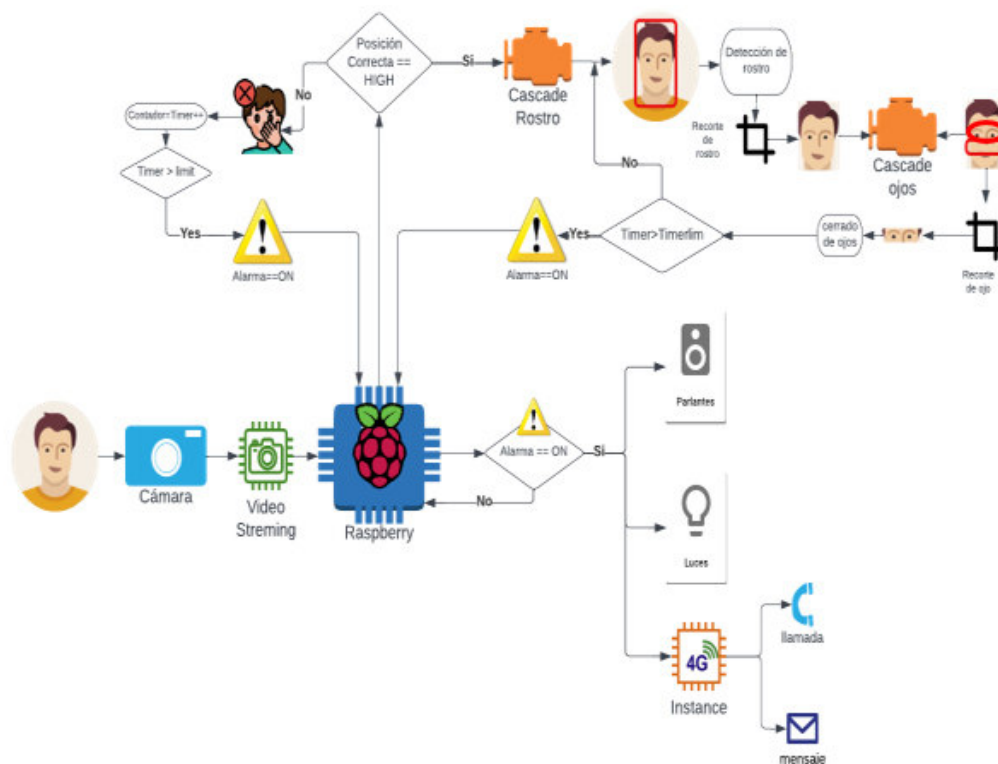
## Detección de ojos

En este proceso consecutivo de la detección de rostro, acogerá la imagen cortada e implementara la detección de ojos, en este proceso verificara si los ojos están abiertos o cerrados, en el caso que los ojos se mantengan cerrados durante un límite de tiempo, se activara la alarma.

## Alarma

Este proceso se activará siempre y cuando los procesos anteriores lo activen, este consta de accionadoras visuales y audibles, al mismo tiempo incluye dentro del proceso el envío de alerta de SMS (Mensaje de texto) y una llamada de alerta al encargado del monitoreo de transportes.

**Figura 17. Diagrama de Flujo**



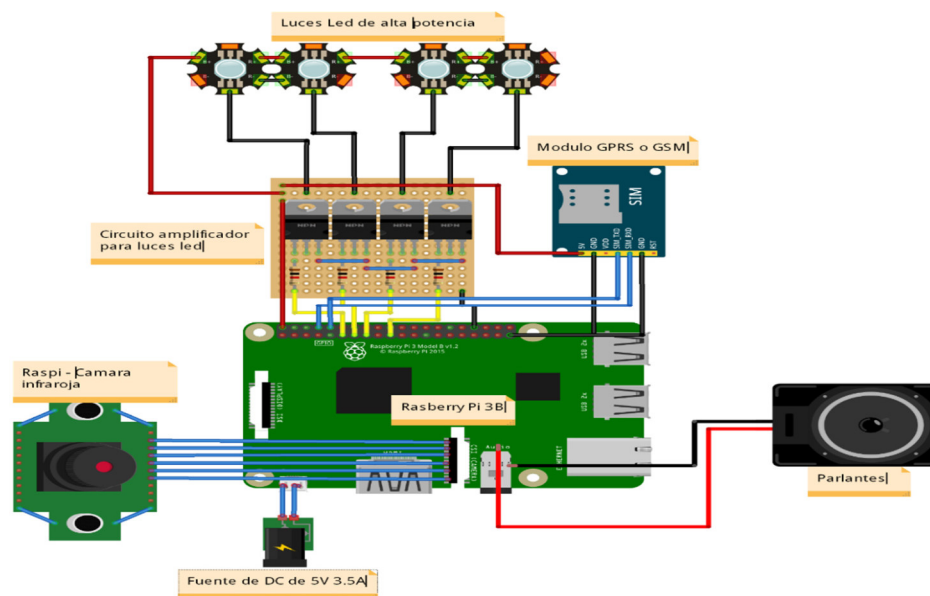
Fuente: Edwin Cacuango

### 2.2.11. Diseño: Electrónico

Para el diseño electrónico se tiene el diagrama de conexiones de la

**Figura 18** que permite ver los distintos módulos que ocupa la tarjeta embebida, con el cual cumplirán los requerimientos técnicos.

**Figura 18.** Diagrama de conexiones



Fuente: Edwin Cacuangó

Cada uno de los modulares se divide de la siguiente manera:

### Luces leds de alta potencia

Se utilizó leds de 1W con disipador de alta potencia (Figura 19) diseñados con alternativas ópticas de control de flujo luminoso (Uelectronics, 2022).

- Estos leds tienen las siguientes características:
- Potencia: 1w
- Corriente nominal máxima: 300mA
- Ángulo de visión: 120°
- Temperatura de operación: – 35 a 60 °C

- Número de terminales:4
- Material de Shell: Aluminio

**Figura 19.** Led 1W con disipador



Fuente: [www.uelectronics.com](http://www.uelectronics.com)

### **Circuito amplificador de luces led**

Los leds de advertencia consumen de 300mA, lo cual cada salida digital de la raspberry tiene 3.3v y 51 mA en modelos originales, lo cual significa que no se podrá abastecer para encender dichos leds (Moya, 2020).

Por lo que se empleó un circuito de transistores configurados como amplificador colector común que ayudo a tener el manejo de estos leds.

Para la selección del transistor tomó en cuenta el NPN TIP41C, por lo que se obtuvo las siguientes características del datasheet (SavantIC Semiconductor, 2017):

- $I_c$  corriente del colector (DC) de 6 A
- $I_b$  Corriente de la base de 2A.
- $\beta$  o ganancia de corriente DC de 30 con una carga de 0.3A

Teniendo en cuenta los datos anteriormente consultados, se realizaron los siguientes cálculos para el diseño del circuito.

$$I_C = \beta * I_B \quad (1)$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} \quad (2)$$

$$I_B = \frac{0,3A}{30} = 0,01A = 10mA$$

Como medida de protección se multiplica por el valor de Ib por un factor de seguridad de 3. (Se aplica para que se pueda aumentar y no que falta al cambio de corrientes que se le aplique)

$$I_B = 10mA * 3 = 0.03A$$

$$V_S - V_L = I_B * R_B$$

La salida de los pines lógicos de la raspberry otorga un máximo de 3.3V y 51mA, cada semiconductor tiene un consumo de 0.7V

$$3.7v - 0.7v = 0.03A * R_B$$

$$R_B = \frac{3v}{0.03A} = 100 \text{ Ohm}$$

El valor comercial está en el margen de la resistencia de los 100 Ohm.

### **Módulo GPRS o GSM**

El módulo SIM800L GSM/GPRS (

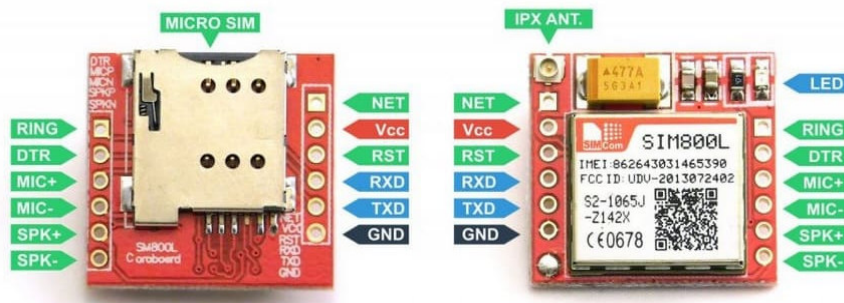
*Figura 20.* El módulo SIM800L GSM/GPRS es un módem GSM en miniatura, que ayuda al envío de mensajes de texto SMS y a la realización de llamadas telefónicas de emergencia al supervisor de operaciones (Descubrearduino, 2022).

El módulo SIM 800L goza de las siguientes características:

- Soporta la banda cuádruple: GSM850, EGSM900, DCS1800 y PCS1900
- Conéctate a cualquier red global GSM con cualquier SIM 2G

- Hacer y recibir llamadas de voz.
- Enviar y recibir mensajes SMS
- Enviar y recibir datos GPRS (TCP/IP, HTTP, etc.)
- Escanear y recibir emisiones de radio FM
- Transmitir energía:
- Clase 4 (2W) para GSM850
- Clase 1 (1W) para el DCS1800
- Conjunto de comandos AT basados en serie
- Conectores FL para antenas celulares
- Acepta la tarjeta micro SIM

**Figura 20.** El módulo SIM800L GSM/GPRS



Fuente: <https://descubrearduino.com/sim800l-gsm/>

### **Cámara nocturna 2 ir 5mpx ov5647 para raspberry,**

Esta es una cámara compatible para la tarjeta embebida raspberry, está diseñada con visión nocturna OV5647 de 5MP con una resolución de 1080p y el enfoque ajustable, además tiene dos sensores leds infrarrojos los cuales permiten a la cámara tener la visión

nocturna, para activarse este parámetro tiene 2 sensores fotorresistencias que activan esta luz de ambiente (Grupo electro store, 2022).

Además de las atribuciones anteriormente mencionadas tienen las siguientes características:

- Tipo: Cámara de Visión Nocturna
- Compatible con Raspberry Pi 3B | 3B+ | 4B
- Voltaje de operación: 3.3V
- CCD tamaño: 1/4 pulgada.
- Perspectiva: 70 grados
- Longitud focal: 3.6mm (Ajustable)
- Admite enfoque, puede ajustarse de acuerdo con la distancia del objeto entrante.
- Cable FFC de 15 pines y longitud de 15cm
- Potencia de los leds infrarrojos: 1W 850nm
- Puede usarse en una posición fija
- Dimensiones Cámara: 25mm x 24mm Aprox.
- Dimensión de los sensores: 23mm x 19mm Aprox.

**Figura 21.** Cámara nocturna 2 ir 5mpx ov5647



Fuente: [www.grupoelectrostore.com](http://www.grupoelectrostore.com)

### **Modular de Parlantes con Amplificador USB**

Para obtener la alarma audible se utilizó los mini altavoces negros para ordenador, que funciona con USB para Raspberry Pi 3B +.

Estos deponen de las siguientes características:

- Fuente de energía DC
- 2 cajas Del Altavoz:
- R. Frecuencia de 90Hz-20KHz
- S/N Ration  $\geq 60$ dB

**Figura 22.** Mini altavoces



Fuente: [www.kubii.es](http://www.kubii.es)

## Fuente DC

Para la Alimentación fija del dispositivo se realizó la **Tabla 9** de consumos para designar el valor del voltaje y de la corriente.

**Tabla 9.** Tablas de consumo

Tabla de consumo de amperaje		
Componente	Consumo	Total
Raspberry Pi 3 Modelo B+	2.5A	2500 mA
Tip41C	3      30mA	90 mA
LEDS	3      200mA	600mA
Total	Total	3190mA

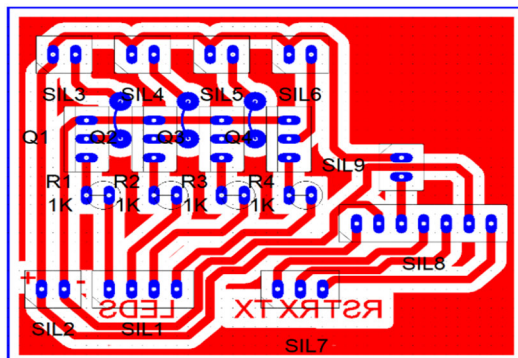
Fuente: Edwin Cacuango

De acuerdo con este análisis se dispuso a obtener una fuente de 5V 3.5A.

### 2.2.12. Diseño: Diseño de PCB

El diseño de la PCB se la realizo en PCB Wizard (**Figura 23**), que es un software que es un programa de diseño de detección electrónica, qué se dedica al diseño de sistemas electrónicos como circuitos impresos e integrados, en ello se realizó el diseño en una sola cara, con líneas para 1 Amperio y en giros de 45 grados, para no afectar la impedancia de la PCB.

**Figura 23.** Diseño de la PBC aplicada para el proyecto



Fuente: Edwin Cacuango

### ***2.2.13. Diseño: Carcasa para el dispositivo***

El diseño de la carcasa **Figura 24** se lo realizo en un software libre CAD (Diseño Asistido por Ordenador), llamado Freecad con el que se dispuso a recrear el modelado para poder ensamblar todos los dispositivos.

**Figura 24.** Carcasa realizada en Freecad



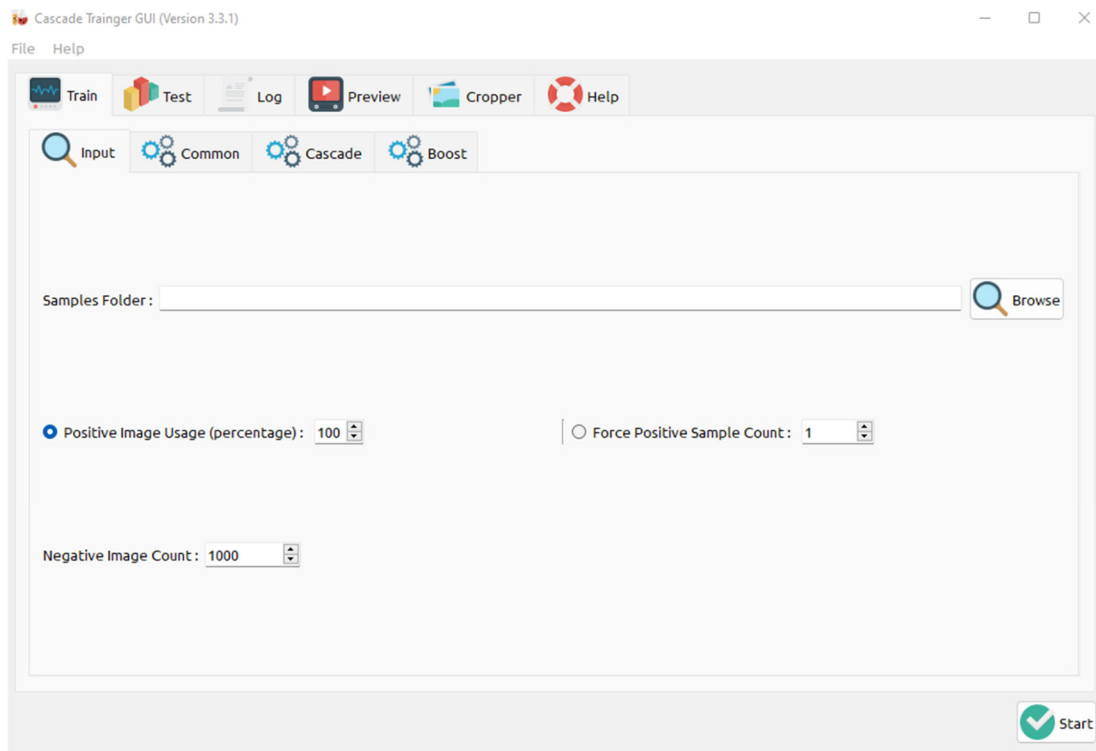
Fuente: Edwin Cacuango

Este modelado se constituye de un brazo regulador con el que se puede regular la perspectiva del Angulo en el que se enfocó el perfil del conductor mientras maneja, también contiene una carcasa con la respectiva ventilación y ergonomía para un fácil uso.

### ***2.2.14. Diseño: DataSet para algoritmo de visión artificial***

Para la creación del DataSet y la detección de rostros y de ojos, se utilizó el programa Cascade Trainer GUI (**Figura 25**), este es un programa que ofrece una interfaz gráfica, la cual facilita el uso de herramientas de OpenCV para el entrenamiento y prueba de clasificadores. Este programa ofrece entrenar, probar y mejorar modelos de clasificadores en cascada, para la utilización de este programa tiene los siguientes procedimientos.

**Figura 25.** Interfaz Gráfica Cascade Trainer GUI

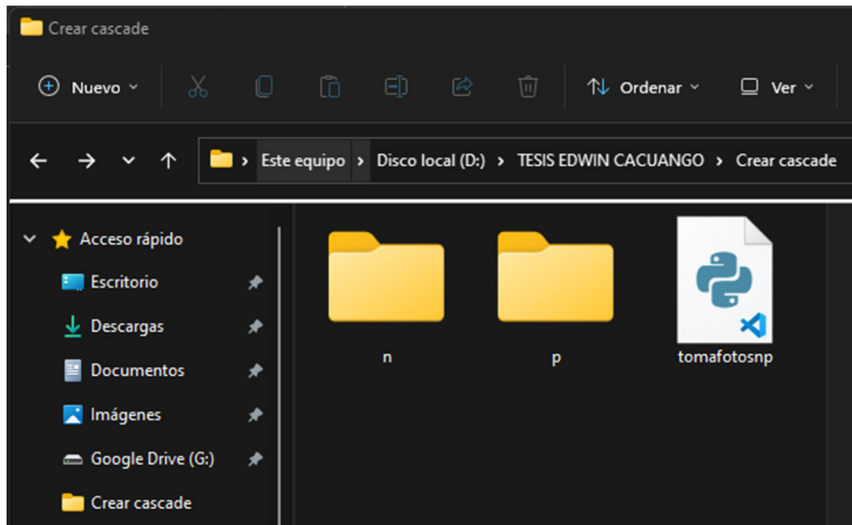


Fuente: Edwin Cacuango

### Preparación de los datos para entrenamiento del algoritmo

Para la preparación de datos del entrenamiento, lo que se necesita es una muestra de distintas fotografías con diferentes perfiles, en la cual deben de ser etiquetadas, para ello se utiliza una muestra de 1500 imágenes, de las cuales 600 imágenes serán positivas y 900 serán negativas como se muestra en **Figura 26**, estas imágenes se recomiendan que sean pequeñas de 38 pixeles de ancho y 46 pixeles de alto, cada grupo serán alojadas en la carpeta p para las positivas y la carpeta n en el caso de las negativas.

**Figura 26.** Directorios con las fotografías correspondientes al entrenamiento del algoritmo

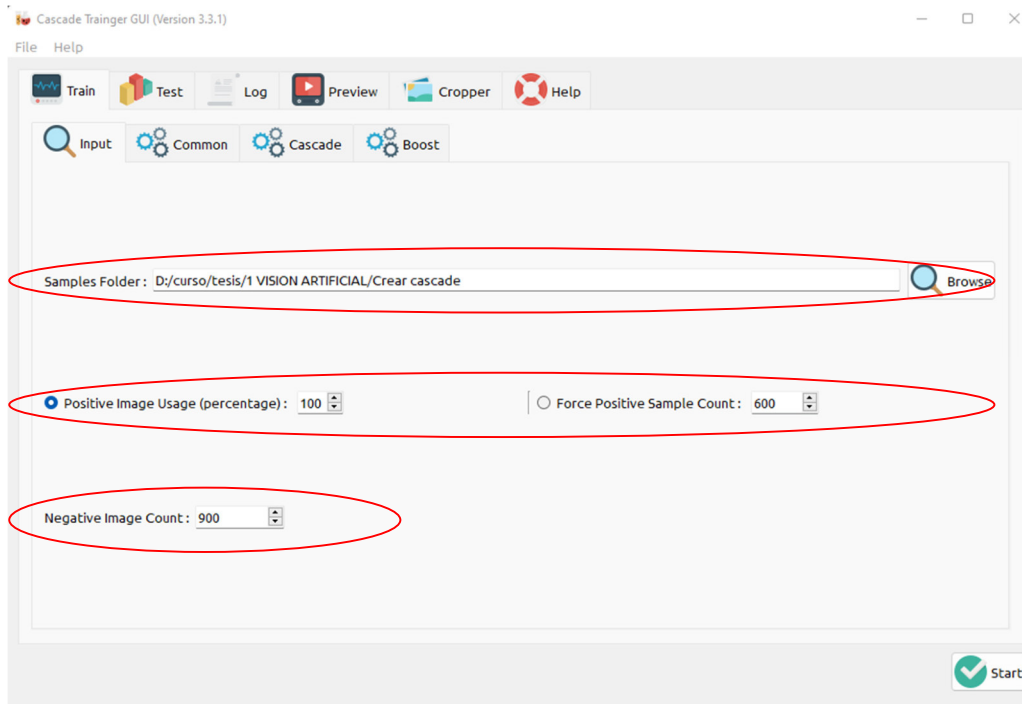


Fuente: Edwin Cacuangó

### **Entrenamiento del clasificador en cascada**

Teniendo listas las imágenes del paso anterior, se accedió a la interfaz y se llenaron los datos que se pide en la pestaña de Train como se ve en la Figura 27, en esto se tuvo el espacio de “Sample Folder”, en donde se puso el PATH o la dirección donde se alojan los datos, a continuación de esta se tenía el marco de elección entre “Positive Image Usage” donde se eligió por porcentaje de fotografías positivas, y “Force Positive Sample Count” donde se puso el número concreto de imágenes con las cuales se genera el entrenamiento; por último se tiene el espacio de “Negative Image Count” en el cual se puede poner el número concreto de imágenes negativas que utilizo en el entrenamiento.

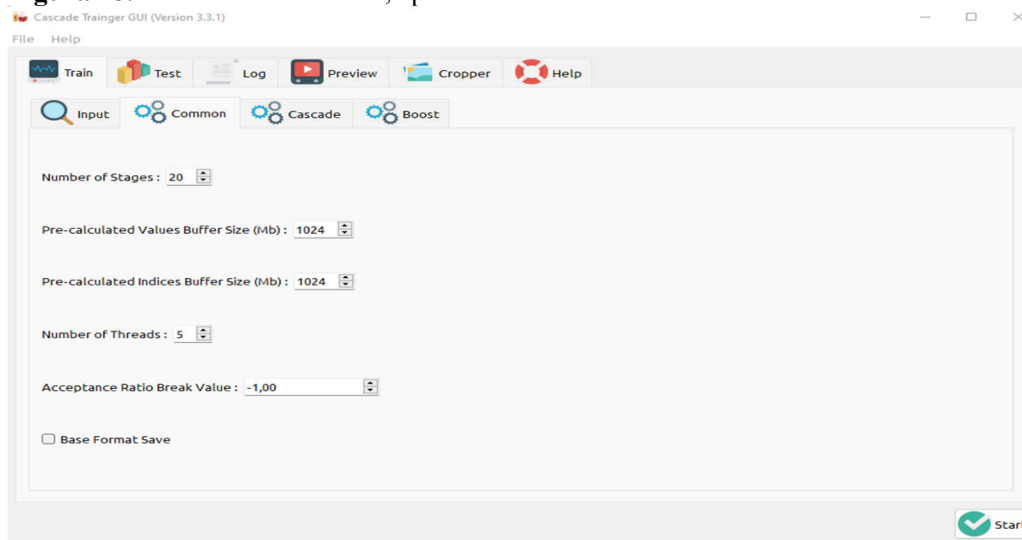
**Figura 27.** Cascade Adaptado: Train



Fuente: Edwin Cacuango

Luego de tener preparado estos parámetros de configuración, se prosiguió al apartado “Common” del Software (Figura 28), en este no se modificó nada, ya que el número de etapas del entrenamiento se debe mantenerlo en 20 iteraciones.

**Figura 28.** Cascade Trainer GUI, apartado: Common

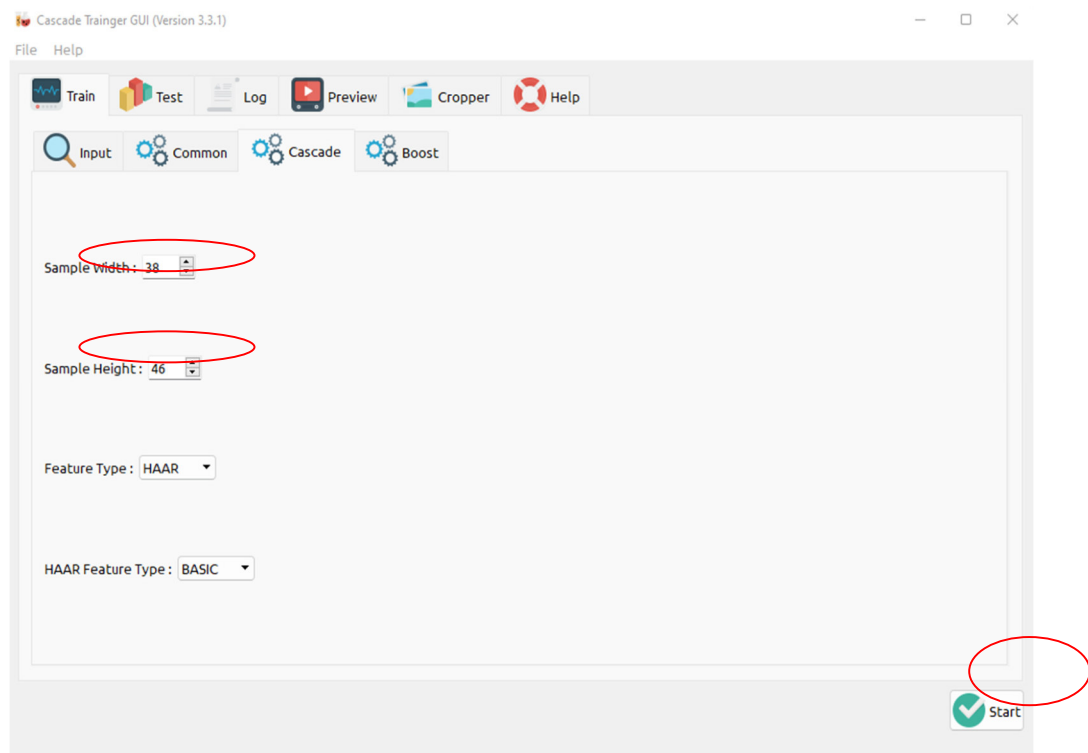


Fuente: Edwin Cacuango

Consecuentemente se procede con el apartado llamado Cascade, en este se llena los parámetros de “Sample Width” en el cual se dispone a 38 pixeles ya que es el ancho que poseen las imágenes de entrenamiento y en el apartado “Sample Height” se puso 46 pixeles por el alto de las imágenes de entrenamiento; Finalmente para proseguir al entrenamiento se seleccionó en Start.

El entrenamiento tardó de unos 3 a 4 horas donde se evidencian una pérdida del 1,56% como se lo observa en la **Figura 30**, lo que puede catalogarse de error, obtenido este punto se puede proseguir para la implementación de este cascade, vale recalcar que este procediendo se lo realiza por dos, ya que se diseñó el cascade para detectar rostros y el cascade para detectar ojos.

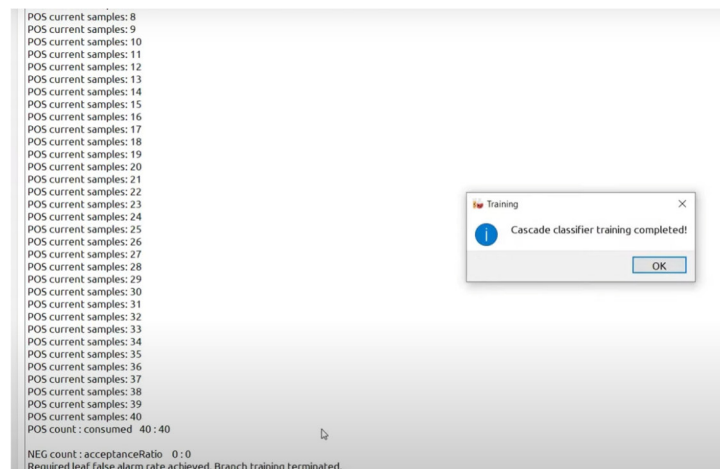
**Figura 29.** Cascade Trainer GUI, apartado: Cascade



Fuente: Edwin Cacuango

Para poder ver los distintos resultados se fue directamente a la carpeta en donde se alberga la información del entrenamiento, en ello encontramos una carpeta llamada clasiffier y tres archivos que se los descarta, dentro de la carpeta clasiffier en donde se creó el archivo cascade.xml en el que estará en el modelo.

**Figura 30.** Resultados del entrenamiento



Fuente: Edwin Cacuango

Finalizando esta fase se procedió a la siguiente para la implementación, y en el capítulo 3 se reflejará la valides del algoritmo, para ver sus parámetros con la matriz de confusión y la curva de ROC.

### **2.3. Metodología de Cascada: Fase 2 Implementación**

En esta fase se pudo ver la implementación, de cada uno de los diseños anteriormente indicados, en estos se detallará los diferentes procedimientos.

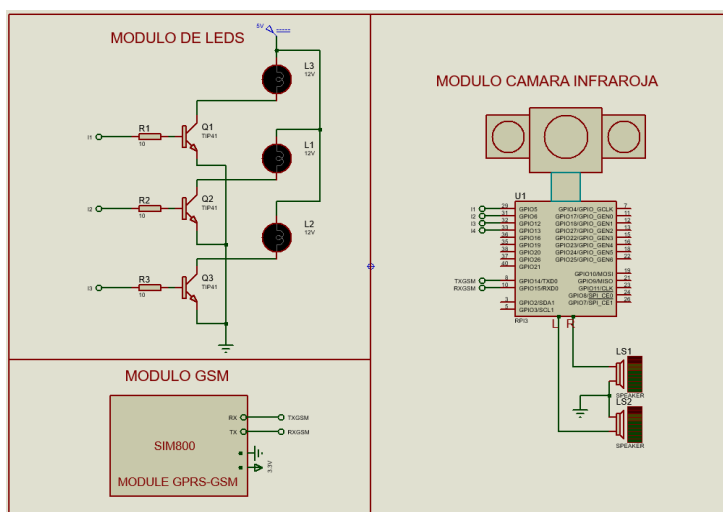
#### **2.3.1. Hardware**

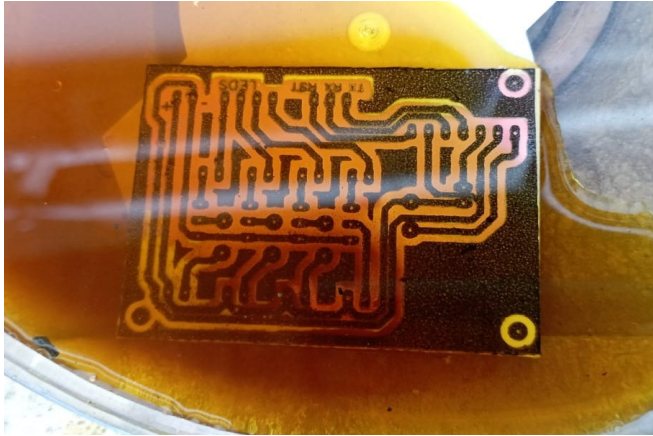
##### **Diagrama electrónico**

A continuación, en la

Figura 31, se presenta el diagrama electrónico con el que se guio para la implementación.

**Figura 31.** Diagrama Electrónico

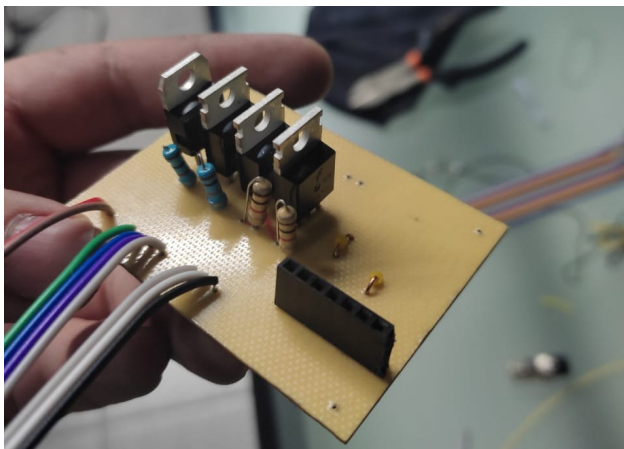




Fuente: Edwin Cacuango

Con ello se llevó al proceso de perforación de los pines donde se soldó cada uno de los componentes electrónicos y dio como resultado lo que se observa en la

**Figura 33.** PCB terminada



Fuente: Edwin Cacuango

### **Ensamble del circuito para pruebas**

El ensamble se realizó de acuerdo con el esquema de conexiones que se observa en la

**Figura 18**, en ello se incluyó la PCB que se realizó para manejar los leds de potencia para las distintas la alertas.

**Figura 34.** Ensamble de modulares para las distintas pruebas

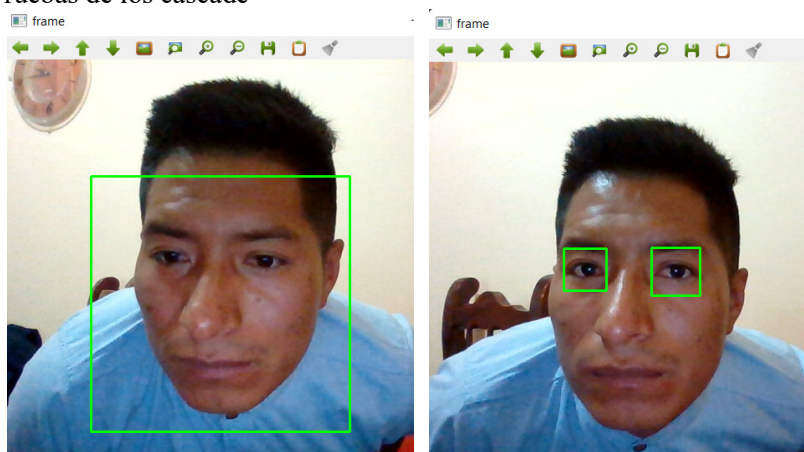


Fuente: Edwin Cacuango

### 2.3.2. *Software*

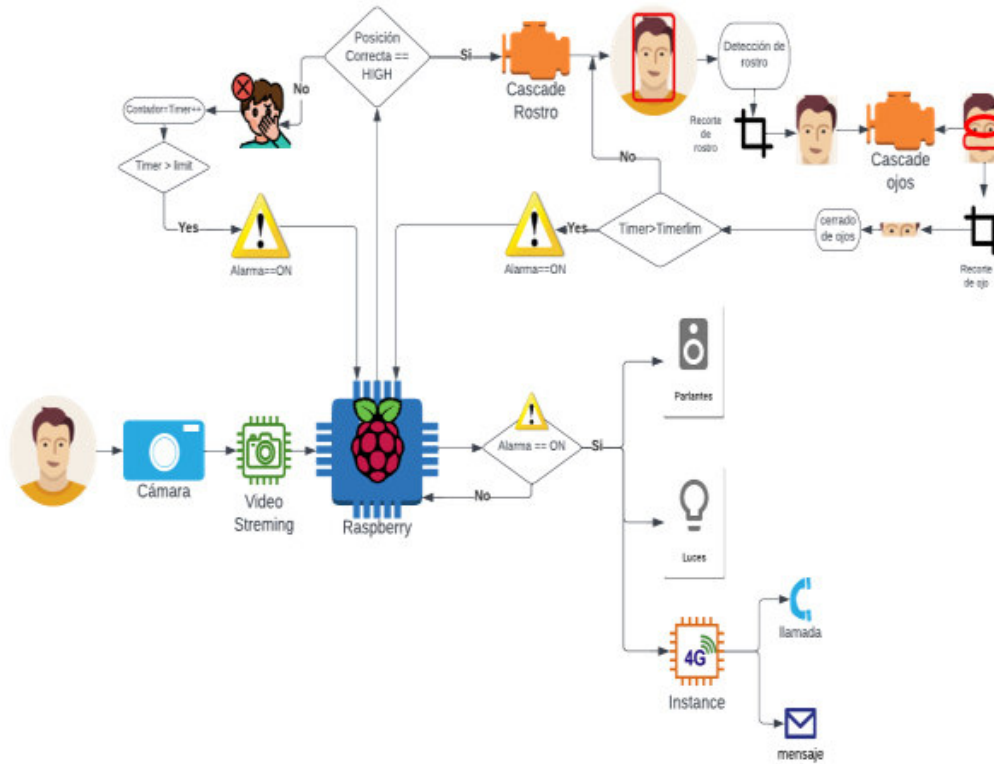
Para el software se realizó un script o programa de prueba en el que a través de la codificación de `detección_de_rostro.py`, así como también con el script `detección_de_ojos.py`, estos programas se encuentran en el anexo3 A y B, en el cual se calibro la sensibilidad y se obtuvo resultados positivos como se lo puede observar en la figura 35.

**Figura 35.** Pruebas de los cascade



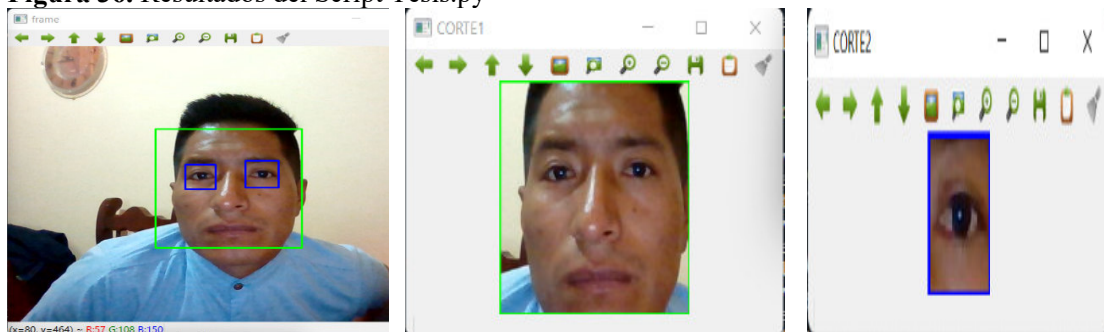
Fuente: Edwin Cacuango

Después de obtener buenos resultados en las pruebas reales, se realizó el script general llamado tesis.py (Anexo 3 C) en él se unió ambos cascade con sus respectivas configuraciones siguiendo el proceso del diagrama de flujo de



, añadiendo funciones de corte, y obteniendo los resultados de la figura 36.

**Figura 36.** Resultados del Script Tesis.py



Fuente: Edwin Cacuango

Por consiguiente, se empleó la librería RPI.GPIO, que se utiliza básicamente para poder usar numeración física de pin en la tarjeta o la numeración Broadcom, portando la capacidad de configurar los pines de la raspberry como entradas y salidas.

En ello se configuró las salidas digitales para activar los leds que estarán conectados al circuito de amplificación como se puede observar en

**Figura 18**, en el script se configuró para que se active siempre y cuando pase los parámetros de tiempo.

Por consiguiente, se empleó la instalación de la librería “playsound” para Python, con la cual se pudo reproducir un fragmento de una pista mp3 ubicada en la carpeta del Script tesis.py, en la cual se reproduce un diálogo para prevenir al conductor, esta se activará por una línea de comando, cuando se active la alarma.

Instaladas las librerías y programadas las alarmas visuales y audibles, se procedió a programar el módulo GPRS o GSM, para programar este módulo se activó el puerto serial con el siguiente comando “port = serial. Serial ('/dev/ttyS0', baudrate=9600, timeout=1)”, a continuación de ello se previó que el módulo necesita para su funcionamiento utilizar comunicación serial, en el cual se envía diferentes comandos, estos se llaman “comandos AT”, es son codificaciones en manera de texto que se mandó vía serial para realizar diferentes funcionalidades.

Por ende, se utilizó el comando “AT+CMGS="+593988223616"" para enviar el mensaje al número de destino y luego se selecciona el texto con “port. Write ('Hello User'+'\r\n')” y para poder llamar “ATD+593988223616", seguido se utilizó la codificación “ATH” para colgar.

Con todos estos atributos de codificación, se cumplió a cabalidad el proceso.

### ***2.3.3. Impresión 3D de la carcasa del dispositivo***

Para la impresión 3D, se optó por el material llamado PETG, ya que cumple con propiedades mecánicas de resistencia a golpes, y humedad del ambiente.

La duración de la impresión de la carcasa fue de 16 horas en las cuales se obtuvo las piezas ilustradas en la **Figura 37**.

**Figura 37.** Piezas impresas



Fuente: Edwin Cacuango

#### **2.3.4. Ensamblaje del dispositivo**

En este inciso se ensambló cada una de las piezas de la carcasa y los dispositivos electrónicos modulares, tomando en cuenta buenas conexiones y estructuración, quedando el producto con todos los procesos lo que se muestra en la Figura 38.

**Figura 38.** Prototipo terminado



Fuente: Edwin Cacuango

Con ello queda terminado el proceso de implementación, para posteriormente proceder a las pruebas y validación del dispositivo en el capítulo 3.

## Capítulo III: Resultado y discusión

### 3.1. Metodología de Cascada: Fase 3 Validación, Pruebas y Análisis de resultados

#### 3.1.1. Validación del algoritmo de visión artificial

##### Matriz de Confusión

El método que se utiliza para validar el algoritmo de detección de rostros y ojos es la matriz de confusión, lo cual se aplica en el campo de inteligencia artificial y aprendizaje automático, siendo una herramienta para sacar distintos parámetros del algoritmo, que permitirá visualizar el desempeño y rendimiento del mismo.

**Tabla 10.** Matriz de confusión

Matriz de confusión		Estimado por el modelo	
		Positivo (P)	Negativo (N)
Real	Positivo	TP	FN
	Negativo	FP	TN

Fuente: Edwin Cacuango

Como podemos observar en la **Tabla 10** hay distintas variables que permiten identificar las variables para el cálculo de los parámetros, estas variables son:

- Verdadero positivo (TP): El valor real es positivo y la prueba predijo también que era positivo.
- Verdadero negativo (TN): El valor real es negativo y la prueba predijo también que el resultado era negativo.
- Falso negativo (FN): El valor real es positivo, y la prueba predijo que el resultado es negativo.
- Falso positivo: El valor real es negativo, y la prueba predijo que el resultado es positivo.

Para designar los diferentes valores se debe de tomar una muestra de imágenes en este caso tomaremos 300, de las cuales 150 imágenes positivas es decir que contienen el objeto a detectar como un rostro y los ojos, y 150 imágenes negativas que no contengan el objeto a detectar.

El resultado de esta prueba se lo puede ver en **Tabla 11**, la matriz de confusión dio las distintas variables con respecto al cascade del rostro y en la **Tabla 12** la matriz de confusión del cascade de ojos.

**Tabla 11.** Matriz de confusión del algoritmo de detección de rostros

Matriz de confusión		Estimado por el modelo	
		Positivo (P)	Negativo (N)
Real	Positivo	137	5
	Negativo	13	145

Fuente: Edwin Cacuango

**Tabla 12.** Matriz de confusión del algoritmo de detección de ojos

Matriz de confusión		Estimado por el modelo	
		Positivo (P)	Negativo (N)
Real	Positivo	128	1
	Negativo	22	149

Fuente: Edwin Cacuango

Los resultados ilustrados en las tablas anteriormente mencionadas se detallan en las sumatorias de los resultados booleanos de cada una de las imágenes a probar.

Una vez obtenidas las variables se procede a calcular los parámetros de un algoritmo de visión artificial que son:

- **Exactitud (ACC).** - representa el porcentaje de predicciones correctas frente al total.

$$ACC = \frac{TP + TN}{TP + FP + TN + FN} \quad (3)$$

$$ACC (\text{Rostros}) = \text{Exactitud} = 0.940 = 94\%$$

$$ACC (\text{Ojos}) = \text{Exactitud} = 0.9176 = 91.7\%$$

- **Precisión (PPV).** - se refiere a lo cerca que está el resultado de una predicción del valor verdadero.

$$PPV = \text{Precisión} = \frac{TP}{TP + FP} \quad (4)$$

$$PPV (\text{Rostros}) = \text{Precisión} = 0.9648 = 96.4\%$$

$$PPV (\text{Ojos}) = \text{Precisión} = 0.9922 = 99.2\%$$

- **Sensibilidad (TPR).** - Es la proporción entre los casos positivos bien clasificados por el modelo, respecto al total de positivos.

$$TPR = \text{Sensitivity} = \frac{TP}{TP + FN} \quad (5)$$

$$TPR = \text{Sensitivity}(\text{Rostros}) = 0.8124 = 81.2\%$$

$$TPR = \text{Sensitivity}(\text{Ojos}) = 0.8533 = 85.3\%$$

- **Especificidad (SPC).** - Es la proporción entre los casos negativos bien clasificados por el modelo, respecto al total de negativos.

$$\text{Especificidad} = \frac{TN}{TN + FP} \quad (6)$$

$$\text{Especificidad}(\text{Rostros}) = 0.9880 = 98.8\%$$

$$\text{Especificidad}(\text{Ojos}) = 0.9933 = 99.3\%$$

- **Puntuación F1 (F1).** - Este parámetro hace más fácil el poder comparar el rendimiento combinado de la precisión y la exhaustividad entre varias soluciones.

$$F1 = \frac{2}{\frac{1}{\text{precisión}} + \frac{1}{\text{Recuperación}}} \quad (7)$$

$$F1(\text{Rostros}) = 0.9383 = 93.83\%$$

$$F1(\text{Ojos}) = 0.91761 = 91.76\%$$

### Curva de ROC

Todos los parámetros encontrados, se relacionan para poder graficar la curva de ROC que nos permitirá ver cuánto se varía el umbral de discriminación. Este esencialmente se utiliza para evaluar el rendimiento de los algoritmos de clasificación binaria, es decir, en dos estados como, está el objeto o no lo está.

Los parámetros de esta gráfica se obtienen calculando la tasa de verdaderos positivos (TPR) y la tasa de falsos positivos (FPR), con lo cual se obtiene un solo clasificador en una variedad de umbrales.

Para hallar el TPR se requiere la ecuación ( 8), y el FPR con la ecuación ( 9)

$$\text{True Positive Rate (TPR)} = \frac{TP}{TP+FN} \quad (8)$$

$$\text{True Positive Rate (TPR ROSTRO)} = 0.9647$$

$$\text{True Positive Rate (TPR EYES)} = 0.853$$

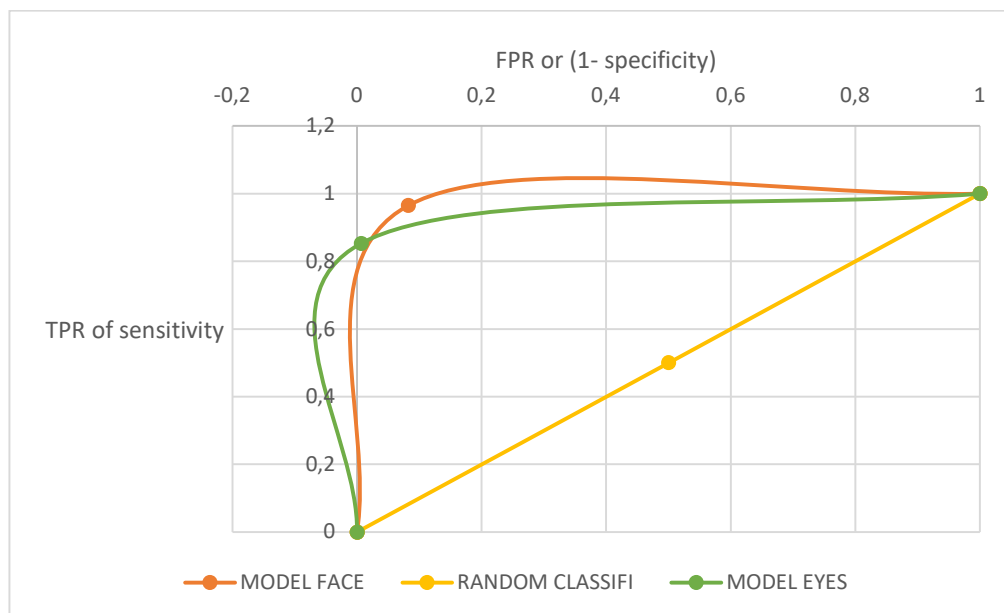
$$\text{False Positive Rate (FPR)} = \frac{FP}{TN+FP} \quad (9)$$

$$\text{False Positive Rate (FPR ROSTRO)} = 0.0822$$

$$\text{False Positive Rate (FPR OJOS)} = 0.0066$$

Teniendo estos valores, se obtiene la siguiente **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, la cual se ve los puntos que generaron cada uno de los cascade.

**Figura 39.** Curva de ROC general del algoritmo de visión artificial



Fuente: Edwin Cacuango

### 3.1.2. Pruebas de funcionamiento

Las pruebas de funcionamiento se realizaron de acuerdo al cumplimiento de los requerimientos, anteriormente propuestos, y se generaliza en una rúbrica evaluada por los beneficiarios de campo y beneficiarios especialistas.

#### Rubricas

- Pruebas de usuarios

Estas pruebas se efectúan con las pruebas de usuarios para ver el desempeño del uso y su funcionalidad de manera superficial, con ello se llevó la siguiente **Tabla 13** con la que se calificó al criterio de los beneficiarios de campo.

**Tabla 13.** Rubrica de cumplimiento de requerimientos de usuario

<b>ABREV.</b>	<b>REQUERIMIENTOS</b>	<b>% de cumplimiento</b>
<b>RO</b>	<b>REQUERIMIENTOS OPERACIONALES</b>	
<b>RO1</b>	El equipo comenzara a funcionar operando un interruptor	100%
<b>RO2</b>	La detección de micro sueño debe de ser instantánea	100%
<b>RO3</b>	Debe de constar de distintas alarmas visuales y audibles	100%
<b>RO4</b>	Debe de dar un aviso al monitor de transporte	100%
<b>77.5 % Promedio</b>		
<b>RU</b>	<b>REQUERIMIENTOS DE USUARIO</b>	
<b>RU1</b>	El sistema debe de ser implementado bajo un fácil uso	100%
<b>RU2</b>	Las Alertas no deben de ser aturdidoras para el conductor	100%
<b>RU3</b>	Se debe implementar mensajes prealertas	100%
<b>RU4</b>	Cada 2 horas de viaje se debe de dar un mensaje de alarma, para tomar un descanso	50%
<b>RU5</b>	Se debe de dar una alerta oportuna en fracción de 1,5 segundos	75%
<b>RU6</b>	Se debe de emplear un dispositivo económico al alcance del hombre promedio	50%
<b>75% Promedio</b>		

Fuente: Edwin Cacuango

- Pruebas técnicas

Estas pruebas se realizaron de acuerdo a requerimientos técnicos que desempeñan el buen funcionamiento estas tienen la siguiente rubrica, que fue calificada por especialista.

**Tabla 14.** Rubrica de cumplimiento de requerimientos

ABREV.	REQUERIMIENTOS	% de cumplimiento
<b>RSS</b>		
<b>REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA</b>		
<b>RSS1</b>	Funcionamiento sistemático de la fuente de poder	100
<b>RSS2</b>	Utilización de comunicación de SMS por 4G	60
<b>RSS3</b>	Modularidad del sistema	80
<b>RSS4</b>	Alarmas	100
<b>RSS5</b>	Almacenamiento de datos	100
<b>Prom</b>		440
<b>RSCI</b>		
<b>REQUERIMIENTOS DE CONEXIÓN EXTERNA</b>		
<b>RSCI1</b>	Conexión de entradas y salidas al sistema embebido.	100
<b>RSCI2</b>	Los sensores se conectan a una tarjeta de microcontrolador en cada gabinete modular.	100
<b>RSCI3</b>	Conexiones de alimentación y protección	100
<b>Prom</b>		100
<b>RSP</b>		
<b>REQUERIMIENTOS DE PERFORMANCE</b>		
<b>RSP1</b>	Tiempos precisos y exactos en la toma de datos	100
<b>RSP2</b>	Filtrar interferencias en la comunicación.	80
<b>RSP3</b>	Ubicación de modulares ordenados en la carcasa	100
<b>RSF</b>		
<b>REQUERIMIENTOS FÍSICOS</b>		
<b>RSF1</b>	Alimentación continua	100
<b>RSF2</b>	Robustez de carcasa	100
<b>RSF3</b>	Ligero y portable	100
<b>Prom</b>		100

<b>RIA</b>	<b>REQUERIMIENTOS INICIALES DE ARQUITECTURA</b>	
<b>RIAD1</b>	Compatibilidad de componentes	100
<b>RIAD2</b>	Modularidad de componentes.	100
<b>RIAD3</b>	Software libre.	100
<b>RIAD4</b>	Hardware a un bajo costo.	100
<b>RIAD5</b>	Variedad de componentes.	100
	<b>Prom</b>	100

<b>RIAS</b>	<b>REQUERIMIENTOS DE SOFTWARE</b>	
<b>RIAS1</b>	Paquetes y librerías accesibles.	
<b>RIAS2</b>	Compatibilidad con Arduino.	
<b>RIAS3</b>	Variedad de librerías y paquetes.	
<b>RIAS4</b>	Facilidad de programar	
	<b>Prom</b>	100

<b>RIAH</b>	<b>REQUERIMIENTOS DE HARDWARE</b>	
<b>RIAH1</b>	Placa embebida open source	
<b>RIAH2</b>	Conexión de equipos sencilla.	
<b>RIAH3</b>	Cámara infrarroja	
	<b>Prom</b>	100

<b>RIAE</b>	<b>REQUERIMIENTOS ELÉCTRICOS</b>	
<b>RIAE1</b>	Protecciones eléctricas.	
<b>RIAE2</b>	Alimentación eléctrica.	
<b>RIAE3</b>	Distribuciones de voltaje	
	<b>Prom</b>	100

Fuente: Edwin Cacuango

### **3.1.3. Análisis de resultados**

#### **Análisis del algoritmo de visión artificial**

En los resultados se evidencia que, los dos algoritmos de detección tienen parámetros muy altos los cuales dan a conocer que son superiores del 70%, lo cual significa que están en óptimas condiciones.

Con respecto a la curva de ROC tenemos la curva que cruza el gráfico corresponde a una línea de estimación aleatoria (diagonal), al no utilizar un modelo y clasificar al azar tenemos 50% de acertar (clasificación binaria).

La posición (1,0) aparece en el gráfico como Clasificación Perfecta, esto se debe a que en ese punto existe una máxima sensibilidad o dicho de otra forma una Tasa de Verdaderos Positivos de 100% versus una Tasa de Falsos Positivos de 0% (lo que también es una Especificidad de 100%, ya que  $TVP = 1 - \text{Especificidad}$ ). Esto quiere decir que en ese punto tenemos un modelo perfecto, mientras más se acerque al modelo a ese punto, tiene un mejor desempeño.

Por ende, los resultados dan a conocer un excelente desempeño, ya que es cuestión de observar sus indicadores están cerca al punto 0,1 lo cual es la perfección

#### **Análisis de resultados**

El análisis respectivo de acuerdo con las rubricas tenemos 75% de los Requerimientos del usuario que cumplen con todos los requerimientos adquiridos de parte de los beneficiarios de campo, no obstante, de acuerdo al índice, hay ciertos puntos que fueron corregidos para poder alcanzar el objetivo principal; de las pruebas técnicas podemos decir.

## **Capítulo IV: Conclusiones y Recomendaciones**

### **4.1 Conclusiones**

- a) Se determinó de acuerdo al trabajo de campo donde se determinó la base conceptual, que un tiempo de reacción ante los siniestros actuales.
- b) Se dio un diseño ergonómico, funcional que cumple con los requerimientos de los beneficiarios, no obstante, se determinó emplear otro microcontrolador que ayuda a disgregar funciones de la raspberry, teniendo una mejor velocidad de procesamiento.
- c) Se puede concluir que la velocidad de detección en las pruebas se determinó de 3 segundos con el modo gráfico y 1.2 en modo ejecución, determinando que existe una gran diferencia por utilizar el modo gráfico.

### **4.2 Recomendaciones**

- a) La carcasa sea de un material petg que es liviano y duradero a temperaturas altas y bajas, permitiendo salvaguardar los dispositivos que complementan el prototipo.
- b) Usar un buen sistema de disipadores y ventilación para la Raspberry, ya que se usará durante todo el recorrido procesando información en tiempo real, siendo lo adecuado para el correcto funcionamiento del prototipo.
- c) Implementar una memoria externa para poder almacenar los datos y con eso no saturar la memoria de la Raspberry.

## Bibliografía

- Quezada, Q. C. (2020). *Repositorio-Universidad Ricardo Palma*. Obtenido de <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2882>
- Armijos, Jeffereson. (2018). *SISTEMA 5 y 6, en calidad de autor DE ALARMA ELECTRÓNICO PARA LA DETECCIÓN DEL ESTADO DE SOMNOLENCIA EN CONDUCTORES DE VEHÍCULO DE DOS EJES MEDIANTE VISIÓN ARTIFICIAL*. Ibarra: Universidad Técnica del Nooo.
- Asamble Nacional del Ecuador. (2008). *Constitución de la Republica de Ecuador*. Monte Cristi: Secretaria Nacional del Ecuador.
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2008). *Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial del Ecuador*. Montecristi: Registro Oficial de la Republica del Ecuador.
- Beyond, S. (24 de Noviembre de 2018). *ZEISS*. Obtenido de <https://www.zeiss.es/vision-care/mejor-vision/entender-la-vision/el-ojo-humano.html>
- Confirmado. (17 de 3 de 2019). *Confirmado.net*. Obtenido de <https://confirmado.net/2019/03/17/la-falta-de-sueno-causa-graves-accidentes-de-transito/>
- Corporacion Quimica Nacional. (17 de 3 de 2019). *corporacionquimicanacional*. Obtenido de [corporacionquimicanacional: https://corporacionquimicanacional.com/shop/alarma-manejo-anti-sueno/](https://corporacionquimicanacional.com/shop/alarma-manejo-anti-sueno/)
- D, C., Conde A, & Gonzales J. (2018). La fatiga como estado motivacional subjetivo. *Andaluza de Medicina del deporte*, 31-41.
- Duda, R., & H. P. (2002). Two-Dimensional Linear Discriminant Analysis . *IEEE*.
- Hafsa, A., & Vishwesh, R. (2020). *The Computer Visión*. Birmingham: Packt Publishing.

- Hashemi, M., Mirrashid, A., & Beheshti, A. (2020). This paper focuses on the challenge of driver safety on the road and presents a novel system for driver drowsiness detection. In this system, to detect the falling sleep state of the driver as the sign of drowsiness, Convolutional Neural Networks (CNN) ar. *Springer, I(1)*, 1-10. doi:<https://doi.org/10.1007/s42979-020-00306-9>
- Intel. (20 de 07 de 2021). [www.intel.la](http://www.intel.la). Obtenido de [www.intel.la](http://www.intel.la): <https://www.intel.la/content/>
- Kirby, M., & Sirovich. (1990). Application of the Karhunen-Lokve Procedure for the Characterization of Human Faces . *IEEE Transactions On Pattern Analysis And Machine Intelligence*, 100-103.
- Lovato, C. P. (2020). *Sistema De Detección Y Alerta Del Estado De Somnolencia De Conductores Mediante Visión Artificial*. Quito: Universidad de Israel.
- Mahek, J., Bhavya, B., & Sowmyarani, C. N. (2021). Real-Time Driver Drowsiness Detection using Computer Vision. *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, 1-5.
- Miagro, M. C., & Umiña Malma, J. (Marzo de 2019). *Repositorio Institucional* . Obtenido de UTP.
- Monk, S. (2018). *Hacking Electronics*. New York: MC Graw Hill.
- Morena, A., Molina, G., & Garay, U. (2019). *Artificial Visión and Language Processing for Robotics*. Birmingham : Packt Publishing Ltd.
- Opencv.org. (12 de 3 de 2022). [opencv.org](http://opencv.org) . Obtenido de [opencv.org](http://opencv.org) : <http://opencv.org>
- Pajankar, A. (2018). *Raspberry Pi Supercomputing and Scientific*. Nashik, Maharashtra, India: Apress.
- Ranjan, A., Vyas, K., Ghadge, S., Patel, S., & Sanjay, S. (2020). Driver Drowsiness Detection System Using Computer Vision. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 1-5.

- Raspberry.org. (12 de enero de 2022). *raspberrypi.com*. Obtenido de <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-3-model-b-plus/>
- Redacción Comercial. (14 de 3 de 2022). *primicias.ec*. Obtenido de primicias.ec: [https://www.primicias.ec/nota\\_comercial/autos/garage/talleres/alerta-no-se-queda-dormido-en-el-volante/#gsc.tab=0](https://www.primicias.ec/nota_comercial/autos/garage/talleres/alerta-no-se-queda-dormido-en-el-volante/#gsc.tab=0)
- Reina, V., & Andres , F. (2019). *Universidad ECCI*. Obtenido de <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/2686>
- Revista Turbo. (28 de 3 de 2019). *revistaturbo.com*. Obtenido de revistaturbo.com: <https://www.revistaturbo.com/noticias/cinco-recomendaciones-para-evitar-los-microsuenos-1848>
- Revelo , R. A. (31 de Octubre de 2019). *Repositorio digital-EPN*. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20522>
- Sandoval, C. (8 de octubre de 2021). Obtenido de <https://lisainsurtech.com/es/2021/10/28/vision-por-ordenador-como-son-sus-funciones>

# ANEXOS

## ANEXO 1 Informe similitud TURNITIN

14/4/23, 01:29

Turnitin - Informe de Originalidad - Tesis

### Turnitin Informe de Originalidad

Procesado el: 14-abr.-2023 01:26 -05  
Identificador: 2064205989  
Número de palabras: 13169  
Entregado: 1

Tesis Por Edwin Cacuango

Visualizador de documentos

Índice de similitud	Similitud según fuente
5%	Internet Sources: 5% Publicaciones: 1% Trabajos del estudiante: 3%

modo:

1% match (trabajos de los estudiantes desde 17-ene.-2021) Clase: DOCENCIA EN AMBIENTES VIRTUALES-B-SEP 2020 (Moodle PP) Ejercicio: TFM Nº del trabajo: <a href="#">1489019665</a>	<input type="checkbox"/>
1% match (Internet desde 13-ene.-2023) <a href="http://ericmellilanca.cl">http://ericmellilanca.cl</a>	<input type="checkbox"/>
1% match (Internet desde 09-oct.-2022) <a href="http://repositorio.utn.edu.ec">http://repositorio.utn.edu.ec</a>	<input type="checkbox"/>
1% match (trabajos de los estudiantes desde 01-feb.-2022) <a href="#">Submitted to Universidad de Las Palmas de Gran Canaria on 2022-02-01</a>	<input type="checkbox"/>
<1% match (trabajos de los estudiantes desde 01-dic.-2020) <a href="#">Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Ecuador - PUCE on 2020-12-01</a>	<input type="checkbox"/>
<1% match (trabajos de los estudiantes desde 20-ago.-2021) <a href="#">Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Ecuador - PUCE on 2021-08-20</a>	<input type="checkbox"/>
<1% match (trabajos de los estudiantes desde 12-may.-2022) Clase: CURSO TALLER DE TECNOLOGÍAS INMERSIVAS-NOV 2021 (Moodle PP) Ejercicio: TFM Nº del trabajo: <a href="#">1834758770</a>	<input type="checkbox"/>

Activar Windows  
Ve a Configuración para

## ANEXO 2 Carta de satisfacción del Cliente



Ibarra 10 de abril de 2023

Mgs. Stalin Marcelo Arciniegas Aguirre

**DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERIA DE LA PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR SEDE IBARRA**

De mi consideración:

Por medio de la presente me permito informar que el estudiante **EDWIN ADRIAN CACUANGO CHASIGUANO** con cedula de identidad **N° 100328268-6** de la carrera de Ingeniería en Tecnologías de la Información ha realizado y entregado con éxito el proyecto de grado denominado **"PROTOTIPO MODULAR CON ALARMA PARA LA DETECCIÓN DE LA FATIGA Y ANTI-SUEÑO EN CONDUCTORES DE LA EMPRESA BIT PON IMPLEMENTANDO UN ALGORITMO DE VISIÓN ARTIFICIAL"**.

Cumpliendo con el objetivo de diseñar y construir un prototipo de alarma anti-sueño y fatiga para conductores con el cual nos permitirá tener registros y una oportuna alarma que ayudara a disminuir el índice de accidentes en la empresa.

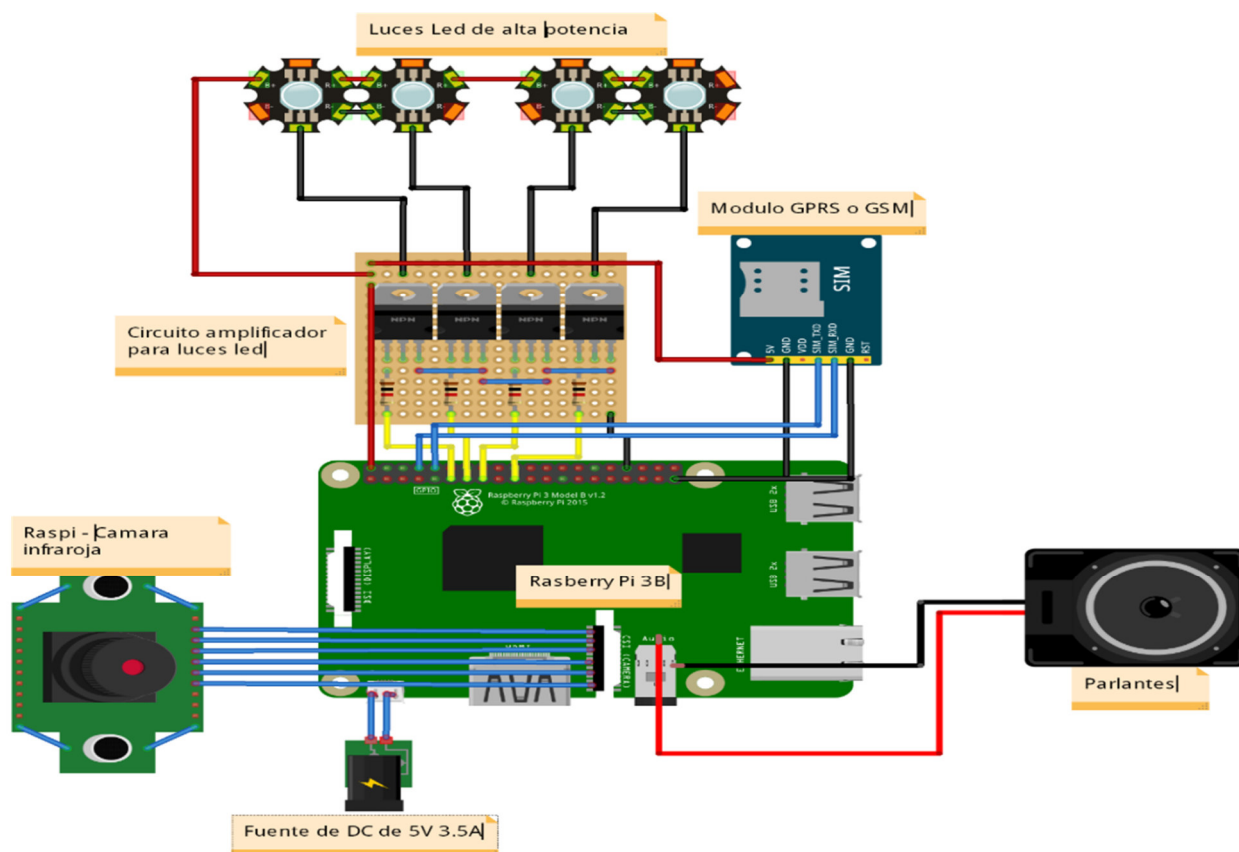
Agradezco a la Escuela de Ingeniería y al estudiante por tomar en cuenta nuestra empresa para realizar el mencionado proyecto.

ATENTAMENTE:

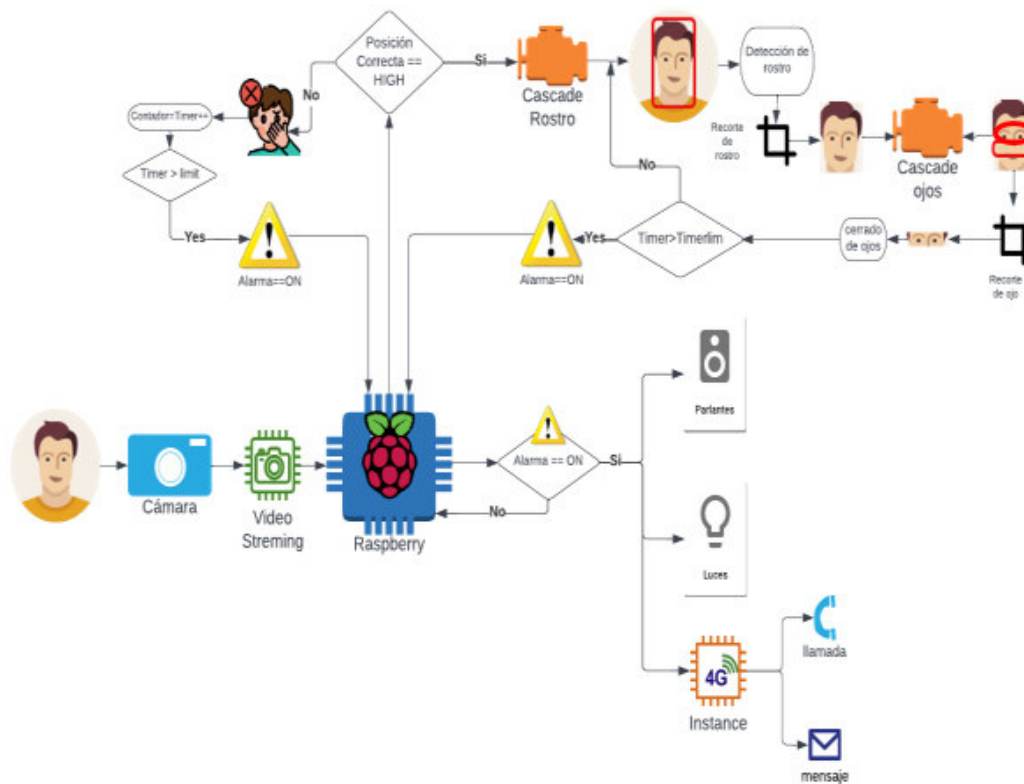
A handwritten signature in blue ink, appearing to read "L. S. V.", is placed above the typed name.

Tigo. Lenin Santiago García Velasco  
Gerente Empresa BIT PON  
Ci. 100239268-4

### ANEXO 3 Diagrama de Conexiones



## ANEXO 4 Diagrama de Bloques



## ANEXO 5 Registro Fotográfico

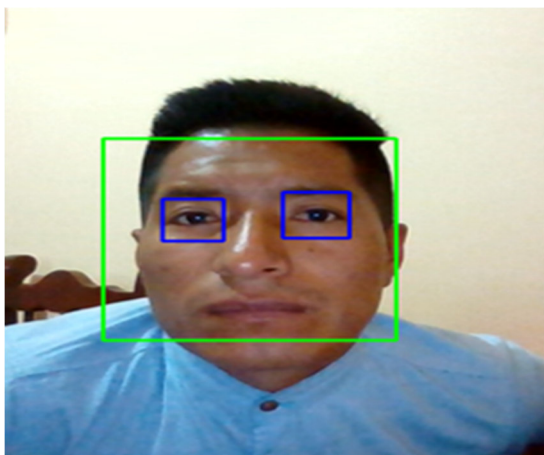
Carcasa



Montaje de dispositivos



Detección del rostro y ojos



Equipamiento en el automóvil para las pruebas



## ANEXO 6 Código Fuente

```
import cv2
import numpy as np
from playsound import playsound
import sqlite3
import datetime
import time

#Inicializamos activando el puertqgo de la camara
cap = cv2.VideoCapture(0)

#identifico el cascade para rostros en una variable
faceClassif = cv2.CascadeClassifier('haarcascade_frontalface_default.xml')
#identifico el cascade para ojos en una variable
eyeClassif = cv2.CascadeClassifier('haarcascade_eye_tree_eyeglasses.xml')

cont=0
cont2=0

connection = sqlite3.connect('a.db',
                             detect_types=sqlite3.PARSE_DECLTYPES |
                             sqlite3.PARSE_COLNAMES)
cursor = connection.cursor()

def create_table():
    try:
        createTable = "CREATE TABLE datos (COD integer primary key
autoincrement, fecha text)"
        cursor.execute(createTable)

        print("se creó la tabla datos")
        for fila in cursor:
            print(fila)
    except sqlite3.OperationalError:
        print("La tabla datos ya existe")

def insert_value(fechas):
    # create query to insert the data
    cursor.execute("INSERT INTO datos (fecha) VALUES (?)",(fechas,))
    connection.commit()

def select_all():
    data = cursor.excute("SELECT * FROM datos")
    info=data.fetchall()
```

```

return info

create_table()

#ciclo infinito de trabajo
while True:

    currentDate = datetime.datetime.now()
    #lectura de video por frame
    ret, frame = cap.read()
    #Convierte en escala de grises
    gray = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
    #detecta cada frame para el rostro
    faces = faceClassif.detectMultiScale(gray, 1.3, 5)
    rostro=0
    ojos=0
    posx=0
    posy=0
    cropped = frame.copy()
    #Proceso para recrear las coordenadas y el segmento ocular
    for (x,y,w,h) in faces:
        #dibujamos el cuadrado para el rostro según las coordenadas
        cv2.rectangle(frame, (x,y),(x+w,y+h),(0,255,0),2)
        #cortamos el fragmento para poder operar
        cropped = frame[y:y+h, x:x+w]
        #indicamos el fragmento
        cv2.imshow('CORTE1',cropped)
        rostro=0
        cont=0
    eyes = eyeClassif.detectMultiScale(cropped, 1.3, 5)
    #draw_eyes(eyes,cropped,(0,0,255))

    for (x2,y2,w2,h2) in eyes:
        #dibujamos el cuadrado para los ojos según las coordenadas
        cv2.rectangle(cropped, (x2,y2),(x2+w2,y2+h2),(255,0,0),2)
        #cortamos el fragmento para poder operar
        cropped2 = cropped[y2:y2+h2, x2:x2+w2]
        #indicamos el fragmento
        cv2.imshow('CORTE2',cropped2)
        ojos=0
        cont2=0
    if rostro==0:
        cont=cont+1
        if cont>10:

```

```

        #Características del texto
        texto = "ALARMA"
        ubicacion = (0,200)
        font = cv2.FONT_HERSHEY_TRIPLEX
        tamañoLetra = 5
        colorLetra = (0,0,225)
        grosorLetra = 10
        #Escribir texto
        cv2.putText(frame, texto, ubicacion, font, tamañoLetra,
colorLetra, grosorLetra)
        playsound('alerta.mp3')
        insert_value(currentDateTime)
        print("Data Inserted Successfully !")
        time.sleep(3)
    if ojos==0:
        cont2=cont2+1
        if cont2>10:
            #Características del texto
            texto = "ALARMA"
            ubicacion = (0,200)
            font = cv2.FONT_HERSHEY_TRIPLEX
            tamañoLetra = 5
            colorLetra = (0,0,225)
            grosorLetra = 10
            #Escribir texto
            cv2.putText(frame, texto, ubicacion, font, tamañoLetra,
colorLetra, grosorLetra)
            playsound('alerta.mp3')
            insert_value(currentDateTime)
            print("Data Inserted Successfully !")
            time.sleep(3)

    #indicamos resultados
    cv2.imshow('frame',frame)
    cv2.imshow('GRISS',gray)
    #salimos del bucle con la letra q
    if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord('q'):
        break
#cierro mi puerto
cursor.close()
connection.close()
cap.release()
#destruyo las ventanas
cv2.destroyAllWindows()

```