

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**



**TESIS**

**“SISTEMA PARA DETECTAR EL ESTADO DE SOMNOLENCIA  
DE CONDUCTORES DE VEHÍCULOS UTILIZANDO VISIÓN  
ARTIFICIAL EN LA CIUDAD DE TACNA”**

**PARA OPTAR:  
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE SISTEMAS**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. GUIMER SENON COAQUIRA COAQUIRA**

**Bach. ORESTES RAMIREZ TICONA**

**TACNA – PERÚ**

**2022**

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

**“SISTEMA PARA DETECTAR EL ESTADO DE  
SOMNOLENCIA DE CONDUCTORES DE VEHÍCULOS  
UTILIZANDO VISIÓN ARTIFICIAL EN LA CIUDAD DE  
TACNA”**

**Tesis sustentada y aprobada el 25 de junio de 2022, estando el jurado  
calificador integrado por:**

**PRESIDENTA: Dra. MARIELLA ROSARIO IBARRA MONTECINOS**

**SECRETARIO: Mag. PATRICK JOSÉ CUADROS QUIROGA**

**VOCAL: Ing. TITO FERNANDO ALE NIETO**

**ASESOR: Mag. ENRIQUE FÉLIX LANCHIPA VALENCIA**

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Guimer Senon Coaquira Coaquira y Orestes Ramirez Ticona, en calidad de bachilleres de la Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificados con DNI 47199491 y 73624582.


Declaro bajo juramento que:

1. Somos autores de la tesis titulada: “*Sistema para detectar el estado de somnolencia de conductores de vehículos utilizando visión artificial en la ciudad de Tacna*”, la misma que presentamos para optar: el Título Profesional de Ingeniero de Sistemas.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumimos frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. En consecuencia, nos hacemos responsables frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro y/o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumimos las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 10 de mayo del 2022.



---

Bach. Guimer Senon Coaquira Coaquira  
DNI 47199491



---

Bach. Orestes Ramirez Ticona  
DNI 73624582

**DEDICATORIA**

*Esta tesis se la dedico a mi familia que me ha apoyado constantemente en mi carrera universitaria y profesional, a mi esposa por ser muy comprensible y darme fuerzas de superación, y a mi hija por ser el motor principal de mi vida para lograr mis metas*

*A mis queridos padres que me han formado con buenos sentimientos, gracias a sus consejos y apoyo incondicional que fueron muy importantes para seguir adelante y poder superar cualquier obstáculo.*

*A mis docentes y compañeros; porque cada uno de ustedes han motivado mis sueños y esperanzas en concluir mi carrera profesional. Gracias a todos los que han recorrido conmigo este camino, porque me han enseñado a no rendirme.*

*Guimer*

*Dedico a Dios por haberme permitido y ayudado lograr uno de mis grandes objetivos, además de su fortaleza en los momentos difíciles y situaciones de dificultad.*

*A mis padres por haberme ayudado siempre en mi educación, como también por su apoyo incondicional para que yo pueda lograr mis objetivos.*

*A mis hermanos por haberme apoyado siempre y todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos. Por los consejos, motivación y por haber estado a mi lado todo este tiempo y apoyarme a concluir con mis proyectos.*

Orestes

## AGRADECIMIENTO

*En primer lugar, agradezco a Dios por guiarme y darme la fuerza para seguir adelante.*

*A mi familia por su aliento y comprensión, así como su apoyo incondicional a lo largo de mis estudios.*

*A mi mentor, el Ing. Enrique Lanchipa Valencia, por compartirme sus conocimientos, durante las orientaciones, donde nos demostraba su apoyo y dedicación constante para culminar exitosamente la presente tesis.*

*Y a todas las personas que me ayudaron de una forma u otra en la realización de mi trabajo de investigación.*

*Guimer*

*A mis padres Francisca y Eusebio, por estar conmigo siempre apoyándome incondicionalmente, y hacer lo posible para que yo pueda lograr uno de mis grandes sueños.*

*A mi asesor, el Ing. Enrique Lanchipa Valencia, por brindarme su en base a su experiencia y conocimiento, su tiempo y dedicación para poder realizar este trabajo de manera exitosa.*

*A los ingenieros que me ayudaron, mis compañeros de la Universidad, quienes me dieron la oportunidad y el conocimiento para sentar las bases de mi trabajo de investigación.*

*Y a la vida, por ponerme hoy aquí.*

Orestes



## ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DE JURADO .....	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD .....	iii
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vii
ÍNDICE GENERAL .....	ix
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT .....	xix
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	3
1.1 Descripción del problema.....	3
1.2 Formulación del problema.....	5
1.3 Justificación e Importancia de la Investigación.....	5
1.4 Objetivos.....	6
1.5 Hipótesis.....	7
1.6 Identificación y/o caracterización de las variables .....	7
1.7 Tipo de estudio .....	8
1.8 Nivel de investigación .....	8
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1 Antecedentes del estudio.....	9
2.1.1 <i>A nivel internacional</i> .....	9
2.1.2 <i>Antecedentes nacionales</i> .....	12
2.2 Bases Teóricas .....	15
2.2.1 <i>Sistema</i> .....	15
2.2.2 <i>Somnolencia</i> .....	16
2.2.3 <i>Visión Artificial</i> .....	19
2.3 Definición de términos .....	20
2.3.1 <i>Cámara Web</i> .....	20
2.3.2 <i>Dlib</i> .....	21
2.3.3 <i>Landmark</i> .....	21
2.3.4 <i>OpenCV</i> .....	22
2.3.5 <i>Python</i> .....	22
2.3.6 <i>Parlantes</i> .....	23
2.3.7 <i>Raspberry Pi 4</i> .....	23
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.....	25
3.1 Tipo y diseño de la investigación .....	25

3.1.1	<i>Tipo de investigación</i> .....	25
3.1.2	<i>Diseño de la investigación</i> .....	25
3.2	Acciones y actividades.....	25
3.2.1	<i>Identificación de variables</i> .....	26
3.2.2	<i>Operacionalización de variables</i> .....	26
3.1	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	27
3.2	Población y muestra de estudio.....	28
3.3	Procesamiento y análisis de datos.....	28
3.4	Estudio de Factibilidad.....	28
CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....		39
4.1	Validación de la encuesta.....	39
4.2	Variable Independiente: Sistema.....	41
4.2.1	<i>Metodología para las pruebas</i> .....	41
4.2.2	<i>Dimensión 1: Precisión</i> .....	42
4.2.3	<i>Dimensión 2: Solución al problema</i> .....	47
4.2.4	<i>Dimensión 3: Impacto</i> .....	52
4.3	<i>Variable Dependiente: Detectar el estado de somnolencia de conductores de vehículos</i> .....	57
4.3.1	<i>Pruebas de Detección de rostro</i> .....	57
4.3.2	<i>Pruebas de detección de ojos abiertos</i> .....	59
4.3.3	<i>Pruebas de detección de ojos cerrados</i> .....	60
4.3.4	<i>Pruebas de cantidad de parpadeo de los ojos</i> .....	61
4.3.5	<i>Pruebas de detección de micro sueño</i> .....	62
4.3.6	<i>Pruebas de Cantidad de bostezo</i> .....	63
4.3.7	<i>Sección 4: Alerta Sonora</i> .....	65
4.4	Prueba de la Hipótesis.....	67
4.4.1	<i>Nivel de confianza</i> .....	67
4.4.2	<i>Formulación de Hipótesis General</i> .....	67
4.5	Desarrollo del Sistema.....	70
4.6	Esquema de la propuesta.....	71
4.7	Fase Inicio.....	73
4.7.1	<i>Definición de requerimientos</i> .....	73
4.7.2	<i>Vistas de Caso de Uso</i> .....	77
4.7.3	<i>Descripción de caso de uso</i> .....	78
4.8	Fase Elaboración.....	92
4.8.1	<i>Diagrama de Secuencia</i> .....	92
4.8.2	<i>Diagrama de Clases</i> .....	95
4.8.3	<i>Diagrama de Paquetes</i> .....	96

4.8.4	<i>Diagrama Entidad Relación Vista Lógica</i> .....	96
4.8.5	<i>Diagrama Entidad Relación Vista Física</i> .....	97
4.8.6	<i>Diagrama de Componentes</i> .....	97
4.8.7	<i>Diagrama de Despliegue</i> .....	98
4.9	Fase Implementación.....	99
4.9.1	<i>Sistema Web</i> .....	99
4.9.2	<i>Sistema Escritorio</i> .....	103
4.9.3	<i>Aspectos no funcionales del sistema desarrollado</i> .....	113
CAPÍTULO V. DISCUSIONES.....		114
CONCLUSIONES.....		115
RECOMENDACIONES.....		116
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		117
ANEXOS .....		121

## ÍNDICE TABLAS

Tabla 1. Tabla de identificación de variables .....	7
Tabla 2. Operacionalización de variables .....	26
Tabla 3. Requerimientos de Hardware.....	29
Tabla 4. Recurso Humano .....	32
Tabla 5. Costos de Recursos Humanos.....	33
Tabla 6. Costos Recursos Tecnológicos - Hardware .....	34
Tabla 7. Costos Recursos Tecnológicos - Software.....	34
Tabla 8. Costos Recursos materiales .....	35
Tabla 9. Costos de Recursos de operación .....	35
Tabla 10. Beneficios tangibles .....	35
Tabla 11. Costos de soporte y mantenimiento .....	36
Tabla 12. Flujo de caja.....	36
Tabla 13. Indicadores de factibilidad VAN TIR.....	36
Tabla 14. Resumen de procesamiento de casos .....	40
Tabla 15. Estadísticas de fiabilidad.....	40
Tabla 16. Estadísticas de total de elemento.....	41
Tabla 17. Pregunta 1: ¿Considera usted que el tiempo de respuesta del sistema al momento de la ejecución es adecuado?.....	42
Tabla 18. Pregunta 2: ¿Considera usted que la precisión del sistema al momento de detectar rostros es adecuada?.....	43
Tabla 19. Pregunta 3: ¿Considera usted que la precisión del sistema al momento de detectar ojos es adecuada?.....	45
Tabla 20. Pregunta 4: ¿Considera usted que la precisión del sistema al momento de detectar la boca es adecuada? .....	46
Tabla 21. Pregunta 1: ¿Considera usted que el uso del sistema ayudaría a reducir pérdidas materiales? .....	47
Tabla 22. Pregunta 2: ¿Considera usted que el uso del sistema ayudaría a reducir el número de pérdidas humanas en nuestro País? .....	48
Tabla 23. Pregunta 3: ¿Considera usted que el sistema ayudaría a reducir el número de accidentes de tránsito que se registran periódicamente por somnolencia? .....	49
Tabla 24. Pregunta 4: ¿Considera usted que el uso adecuado del sistema ayudaría a reducir problemas sociales y psicológicos de las personas?.....	51
Tabla 25. Pregunta 1: ¿Considera usted que la puesta en producción del sistema generaría fuentes de trabajo? .....	52

Tabla 26. Pregunta 2: ¿Considera usted que el sistema ayudaría al desarrollo económico del país?.....	53
Tabla 27. Pregunta 3: ¿Considera usted que el desarrollo del sistema ayuda a la innovación tecnológica?.....	54
Tabla 28. Pregunta 4: ¿Considera usted que el uso del sistema ayudaría a garantizar el bienestar y la seguridad de las personas?.....	56
Tabla 29. Pruebas de detección de rostro .....	58
Tabla 30. Pruebas de detección de ojos abiertos.....	59
Tabla 31. Pruebas de detección de ojos cerrados .....	60
Tabla 32. Pruebas de cantidad de parpadeo de los ojos.....	61
Tabla 33. Pruebas de detección de micro sueño .....	62
Tabla 34. Cantidad de bostezo del conductor .....	64
Tabla 35. Pregunta 1: ¿Considera usted que la alarma sonora se activa en el momento adecuado, es decir cuando la persona ya está en estado de somnolencia? .....	65
Tabla 36. Pregunta 2: ¿Considera usted que el tiempo de ejecución de la alarma sonora es adecuado? .....	66
Tabla 37. Pruebas de Normalidad - Shapiro-Wilk .....	68
Tabla 38. Requerimientos de software.....	74
Tabla 39. Requerimientos funcionales .....	74
Tabla 40. Requerimientos no funcionales .....	76
Tabla 41. Descripción del Caso de Uso: CU001 – Validar sesión .....	78
Tabla 42. Descripción del Caso de Uso: CU002 – Gestionar conductores.....	80
Tabla 43. Descripción del Caso de Uso: CU003 – Inicializar aplicación.....	85
Tabla 44. Descripción del Caso de Uso: CU003 – Capturar video en tiempo real..	86
Tabla 45. Descripción del Caso de Uso: CU004 – Detectar características de somnolencia .....	86
Tabla 46. Descripción del Caso de Uso: CU005 – Determinar el estado de somnolencia .....	88
Tabla 47. Descripción del Caso de Uso: CU005 – Encender y Apagar alarma .....	90

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Imagen del conductor con sistemas de somnolencia .....	16
Figura 2. Cámara Web.....	21
Figura 3. Imagen Placa de Rasberry Pi 4 .....	24
Figura 4. Encuesta para Conductores.....	42
Figura 5. Pregunta 1: ¿Considera usted que el tiempo de respuesta del sistema al momento de la ejecución es adecuado? .....	43
Figura 6. Pregunta 2: ¿Considera usted que la precisión del sistema al momento de detectar rostros es adecuada?.....	44
Figura 7. Pregunta 3: ¿Considera usted que la precisión del sistema al momento de detectar ojos es adecuada? .....	45
Figura 8. Pregunta 4: ¿Considera usted que la precisión del sistema al momento de detectar la boca es adecuada? .....	46
Figura 9. Pregunta 1: ¿Considera usted que el uso del sistema ayudaría a reducir pérdidas materiales? .....	48
Figura 10. Pregunta 2: ¿Considera usted que el uso del sistema ayudaría a reducir el número de pérdidas humanas en nuestro País? .....	49
Figura 11. Pregunta 3: ¿Considera usted que el sistema ayudaría a reducir el número de accidentes de tránsito que se registran periódicamente por somnolencia? .....	50
Figura 12. Pregunta 4: ¿Considera usted que el uso adecuado del sistema ayudaría a reducir problemas sociales y psicológicos de las personas?.....	51
Figura 13. Pregunta 1: ¿Considera usted que la puesta en producción del sistema generaría fuentes de trabajo? .....	53
Figura 14. Pregunta 2: ¿Considera usted que el sistema ayudaría al desarrollo económico del país?.....	54
Figura 15. Pregunta 3: ¿Considera usted que el desarrollo del sistema ayuda a la innovación tecnológica?.....	55
Figura 16. Pregunta 4: ¿Considera usted que el uso del sistema ayudaría a garantizar el bienestar y la seguridad de las personas?.....	56
Figura 17. Gráfico pastel – Detección de rostro .....	58
Figura 18. Gráfico pastel – Detección de ojos abiertos .....	60
Figura 19. Gráfico pastel – Detección de ojos cerrados .....	61
Figura 20. Gráfico pastel – Detección de parpadeos .....	62
Figura 21. Gráfico pastel – Detección de micro sueño .....	63
Figura 22. Gráfico pastel – Detección de bostezo.....	64

Figura 23. Pregunta 1: ¿Considera usted que la alarma sonora se activa en el momento adecuado, es decir cuando la persona ya está en estado de somnolencia? .....	66
Figura 24. Pregunta 2: ¿Considera usted que el tiempo de ejecución de la alarma sonora es adecuado? .....	67
Figura 25. Fases de la metodología RUP .....	70
Figura 26. Esquema del sistema de detector de somnolencia .....	72
Figura 27. Diagrama de conexión .....	72
Figura 28. Diagrama de Arquitectura del Sistema.....	73
Figura 29. Caso de Uso General del Sistema .....	77
Figura 30. Vista web de Inicio de sesión.....	80
Figura 31. Vista de Listado de Conductores .....	84
Figura 32. Vista de Agregar nuevo conductor .....	84
Figura 33. Vista de Ver detalle conductor .....	85
Figura 34. Vista de Sistema de Escritorio .....	91
Figura 35. Diagrama de Secuencia CU001 – Validar sesión.....	92
Figura 36. Diagrama de secuencia CU002 – Gestionar Conductores (Lista) .....	92
Figura 37. Diagrama de secuencia CU002 – Gestionar Conductores (Agregar) ....	93
Figura 38. Diagrama de secuencia CU002 – Gestionar Conductores (editar) .....	93
Figura 39. Diagrama de secuencia CU002 – Gestionar Conductores (detalle) .....	94
Figura 40. Diagrama de secuencia CU002 – Gestionar Conductores (eliminar) ....	94
Figura 41. Diagrama Secuencia de Sistema de Detección .....	95
Figura 42. Diagrama de Clases .....	95
Figura 43. Diagrama De Paquetes.....	96
Figura 44. Diagrama ER Vista Lógica .....	96
Figura 45. Diagrama ER Vista Física .....	97
Figura 46. Diagrama de Componentes Escritorio.....	97
Figura 47. Diagrama de Componentes Web .....	98
Figura 48. Diagrama de Despliegue.....	98
Figura 49. Script de la Base de datos del sistema .....	100
Figura 50. Estructura del sistema de detección de somnolencia.....	101
Figura 51. Vista de Inicio de sesión .....	101
Figura 52. Vista de Listado de usuarios .....	102
Figura 53. Vista de Agregar nuevo usuario .....	102
Figura 54. Vista de Listado de Conductores .....	102
Figura 55. Vista de Detalle de Conductor .....	103
Figura 56. Vista de Agregar nuevo conductor .....	103

Figura 57. Código fuente de captura de rostros .....	105
Figura 58. Iniciando captura de rostros .....	105
Figura 59. Base de datos compuesta por rostros de conductores.....	106
Figura 60. Código fuente del algoritmo de entrenamiento LBPH.....	106
Figura 61. Modelo de entrenamiento LBPH con información de datos faciales ....	107
Figura 62. Entrenamiento de rostros con el algoritmo LBPH.....	107
Figura 63. Dibujo de 68 puntos del área de la cara utilizando Dlib .....	108
Figura 64. Dibujo del contorno de los ojos y boca.....	108
Figura 65. Marco rectangular en el área de la cara.....	109
Figura 66. Detección de Ojos abiertos .....	109
Figura 67. Detección de Ojos cerrados.....	110
Figura 68. Detección de micro sueño.....	110
Figura 69. Detección de boca cerrada .....	111
Figura 70. Detección de bostezo .....	111
Figura 71. Interfaz principal del sistema.....	112



**ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo 1. Matriz de Consistencia.....	121
Anexo 2. Informe de opinión de expertos.....	122
Anexo 3. Formato de cuestionario realizada a conductores de vehículos.....	125
Anexo 4. Resultado del cuestionario aplicado a conductores de vehículos.....	126
Anexo 5. Algoritmos utilizados de OpenCV.....	126
Anexo 6. Código fuente de la aplicación.....	128
Anexo 7. Formato de contrato del desarrollo del sistema.....	131
Anexo 8. Pruebas de funcionamiento del Sistema.....	132

## RESUMEN

El presente proyecto de investigación titulado “*Sistema para Detectar el Estado de Somnolencia de Conductores de Vehículos Utilizando Visión Artificial en la Ciudad de Tacna*”, parte de un problema real en los conductores, en base a la problemática se formuló el problema general con la siguiente pregunta, ¿Cómo detectar el estado de somnolencia de conductores de vehículos utilizando visión artificial en la ciudad de Tacna?, este proyecto está enfocada en desarrollar e implementar un sistema capaz de detectar el estado de somnolencia de los conductores de vehículos de la empresa de Transportes Costanera Sur E.I.R.L., pudiendo ser extensivo para las demás empresas de transporte de la ciudad de Tacna, para prevenir posibles accidentes de tránsito, transmitiendo señales de alerta sonora al conductor, de esta forma podrá tomar las acciones preventivas de manera oportuna como detener el vehículo o intercambiar de conductor, preservando así su integridad, como también de los demás transeúntes y conductores. Este sistema fue implementado en Python bajo la librería OpenCV, para la detección de rostro, ojos cerrados, ojos abiertos, parpadeo, micro sueño y bostezo. Para el desarrollo del proyecto se utilizó la metodología ágil denominada RUP. Para la obtención de resultados se utilizó encuestas basada en preguntas bajo la escala de Likert, por lo tanto, este sistema de detección de somnolencia de conductores tiene una aceptación muy favorable.

**Palabras clave:** somnolencia, sistema de detección de somnolencia, reconocimiento facial, visión artificial.

## ABSTRACT

This research project entitled "*System to Detect the State of Sleepy of Vehicle Drivers Using Artificial Vision in the City of Tacna*", part of a real problem in drivers, based on the problem, the general problem was formulated with the following question, How to detect the state of drowsiness of vehicle drivers using artificial vision in the city of Tacna? This project is focused on developing and implementing a system capable of detecting the state of drowsiness of the drivers of vehicles of the Transportation company Costanera Sur E.I.R.L., which may be extended to other transport companies in the city of Tacna, to prevent possible traffic accidents, transmitting sound alert signals to the driver, in this way he can take preventive actions in a timely manner such as stopping the vehicle or exchange drivers, thus preserving their integrity, as well as that of other passers-by s and conductors. This system was implemented in Python under the OpenCV library, for the detection of face, closed eyes, open eyes, blinking, micro sleep and yawning. For the development of the project, the agile methodology called RUP was used. To obtain results, surveys based on questions under the Likert scale were used, therefore, this driver drowsiness detection system has a very favorable acceptance.

**Keywords:** drowsiness, drowsiness detection system, facial recognition, artificial vision.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la principal causa de los accidentes de tráfico se debe a la conducción somnolienta, debido al cansancio del conductor o la somnolencia durante la conducción y al no poder realizar maniobras para evitar colisiones o adelantamientos. Según la Dirección de Vialidad del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) de Perú, el año pasado 5970 personas resultaron lesionadas y 2826 personas fallecieron en accidentes de tránsito (Informe técnico del Consejo de Seguridad). Carretera Nacional 2018 de la Secretaría del MTC). Debido a esta alarmante cantidad de accidentes, no solo en el Perú sino en todo el mundo, es necesario implementar un sistema eficaz de detección de somnolencia en los vehículos para reducir el riesgo de estos accidentes.

En la presente investigación titulado "*Sistema para detectar el estado de somnolencia de conductores de vehículos utilizando visión artificial en la ciudad de Tacna*", tiene como objetivo general determinar la somnolencia del conductor en tiempo real, mediante la detección del rostro, la detección del parpadeo de los ojos y la detección del bostezo. Una solución que constara de una cámara que está enfocada al rostro del conductor de vehículo y un Raspberry Pi con un algoritmo mediante el cual sea capaz de detectar la somnolencia del conductor de vehículo con el fin de alertar y disminuir los accidentes de tránsito. Para la obtención de resultados se utilizó instrumentos de medición, teniendo una aceptación muy favorable.

El presente trabajo de investigación fue dividido en los siguientes capítulos. En Capítulo I se identifica el problema de la investigación, se establecen sus características de acuerdo con el problema de investigación y se determina el problema de estudio, además se plantea la justificación, los objetivos y las hipótesis.

En el Capítulo II que corresponde al marco teórico, presenta los antecedentes de investigación internacionales, nacionales y locales que sustenten a la investigación, que permitan comprender mejor el problema de investigación en base a ello establecer una propuesta de solución, así como también comprende las bases teóricas y la definición de términos.

En el Capítulo III describe el proceso metodológico y define el tipo y diseño de estudio, como también la población y muestra a estudiarse, la variable independiente y dependiente, las técnicas e instrumentos utilizados para la recolección de datos. Además, se presenta el procesamiento y análisis de los datos a estudiar.

En el Capítulo IV se presenta los resultados y el proceso de desarrollo e implementación del de la propuesta de solución siguiendo una metodología de desarrollo de software, definiendo los requisitos necesarios, documentación de los diagramas de casos de uso, diagramas de secuencia de cada uno de los procesos del sistema, diseño de la base de datos, el diseño de la interfaz del software y la implementación.

En el Capítulo V se presenta las discusiones con otras investigaciones presentados en relación a las hipótesis formuladas para el mejor desempeño de la solución.

Finalmente, se establecen las conclusiones de acuerdo con el contraste con los objetivos, así como recomendaciones para las futuras investigaciones pertinentes, se incluyen referencias bibliográficas y anexos que se han utilizado en la elaboración del presente trabajo de investigación.

## CAPÍTULO I. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1 Descripción del problema

En el ámbito mundial, un total de 3500 personas fallecen en las carreteras, lo que es equivalente a cerca de 1,3 millones de fallecidos evitables y aproximadamente de 50 millones de heridos cada periodo, considerado como la primordial causa de muertes en jóvenes y niños en todo el continente. Se prevé que durante la próxima década se elevaran las cifras en 13 millones de fallecidos y 500 millones de heridos, especialmente en naciones con utilidades bajas y medianas. Estas cifras son inadmisibles, tanto en términos absolutos y relativos. La principal causa de las muertes en el mundo es provocada por accidentes automovilísticos, a pesar de que todas las muertes y lesiones se pueden prevenir (OMS, 2021).

La Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en las Carreteras del Departamento de Transporte de EE. UU. donde se registró aproximadamente 31720 muertes por accidentes automovilísticos entre los meses de enero a setiembre de 2021, teniendo un incremento de alrededor de 12 % de las 28325 muertes pronosticadas para los primeros 9 meses del año 2020. El pronóstico es el mayor número de muertes durante los primeros 9 meses de cualquier año desde 2006 (NHTSA, 2022).

Según el reporte estadístico N° 012 – 2022 de la SUTRAN, desde el mes de enero al mes de octubre del 2021, se tiene un reporte de 4676 accidentes automovilísticos sucedidos en autopistas de nivel nacional y departamental, lo que significa un incremento de aproximadamente del 51,03 % respecto del mismo período del 2020 y con respecto del mismo período del 2019, se tuvo un incremento de 26,79 % de accidentes automovilísticos. Con respecto al tipo de accidente de tránsito sucedidos en las autopistas, del mes de enero al mes de octubre del 2021, el 92 % se concentra en las modalidades de choque y despiste, que es equivalente a 4301 accidentes de tránsito. Las cuales han tenido participación mayoritaria desde el año 2017 (SUTRAN, 2022).

Se identificaron 7129 vehículos que tuvieron participación en accidentes automovilísticos sucedidos en autopistas desde el mes de enero al mes de octubre del 2021, pudiendo identificar que, del total de vehículos, el 39 % de los vehículos tipo auto y pick up tienen una enorme participación en accidentes automovilísticos, seguido de 34 % de los vehículos de tipo carga, mientras que los buses tienen una participación mínima de 4 % en accidentes automovilísticos (SUTRAN, 2022).

En la actualidad es mucho más fácil identificar un conductor con sueño y fatiga, por el mismo hecho de que maneja a mayor velocidad por llegar a su destino, o en casos de ebriedad probablemente quede dormido al volante; y muchas veces manejar sabiendo que se encuentra cansado después de un día de trabajo completo. Lo cual conlleva a perder la capacidad de concentración. También se menciona que un 30 % de los accidentes automovilísticos en nuestro país, están relacionadas con el estado de fatiga y somnolencia del conductor (MINSA, 2017).

En Tacna, según el reporte estadístico de accidentes de tránsito del periodo 2020, publicado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática, se han registrado un total de 701 accidentes de tránsito, donde se ha identificado la mayor parte de accidentes de tránsito en las modalidades de choque con un 63 %, despiste 13 %, atropello 10 % y otros con 14 % (INEI, 2021).

En los últimos años las pérdidas de vidas, las discapacidades causadas, la aflicción y el dolor, y los gastos ocasionados por los accidentes de tránsito se incrementan en un valor intolerable para aquellas familias, las comunidades, las sociedades y los sistemas de salud, que son provocadas por factores de somnolencia. En la actualidad no existe ninguna normativa o sistema en el país que regule o controle de alguna manera el estado de somnolencia de los conductores, solo se controla el estado de ebriedad, límites de velocidad, licencia de conducir.

La finalidad de este proyecto de investigación está enfocada en desarrollar e implementar un sistema capaz de detectar el estado de somnolencia de los conductores de vehículos de la empresa de Transportes Costanera Sur E.I.R.L., pudiendo ser extensivo para las

demás empresas de transporte de la ciudad de Tacna, para prevenir posibles accidentes de tránsito, transmitiendo señales de alerta sonora al conductor, de esta forma podrá tomar las acciones preventivas de manera oportuna como detener el vehículo o intercambiar de conductor, preservando así su integridad, como también de los demás transeúntes y conductores. El sistema no debe obstruir la vista del conductor y debe funcionar continuamente mientras conduce.

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema general**

¿Cómo gestionar y detectar el estado de somnolencia de conductores de vehículos utilizando visión artificial en la ciudad de Tacna?

### **1.2.2 Problemas específicos**

- a) ¿Cómo detectar el estado de somnolencia de conductores de vehículos mediante la detección de expresiones faciales?
- b) ¿Cuál es el efecto que produce la alerta sonora en la detección del estado de somnolencia de conductores de vehículos?

## **1.3 Justificación e Importancia de la Investigación**

### **1.3.1 Desde el punto de vista científico**

Es importante conocer cómo detectar el estado de somnolencia de conductores de vehículos mediante el uso de visión artificial, lo que permitirá tener un mayor conocimiento sobre este tema de investigación, ya que en Tacna los estudios sobre esta problemática son muy limitados.

### **1.3.2 Desde el punto de vista económico**

El desarrollo de este sistema propuesto permitirá detectar el estado de somnolencia de los conductores de vehículos mediante el uso de visión artificial, lo que ayudaría a evitar accidentes



automovilísticos, esto disminuirá en gastos hospitalarios, las costosas reparaciones de vehículos o el deterioro de ambientes públicos o privados.

### **1.3.3 Desde el punto de vista social**

Los accidentes automovilísticos pueden perjudicar a muchas personas tanto física o psicológicamente a lo largo de sus vidas, pudiendo quedar en un estado de discapacidad o dependientes del cuidado de otra persona, pudiendo traer grandes consecuencias, desde dejar personas afectadas físicamente o causándoles la muerte. Este sistema de detección del estado de somnolencia ayudará a prevenir los accidentes de tránsito.

### **1.3.4 Desde el punto de vista tecnológico**

La innovación de una herramienta que detecta la somnolencia del conductor y genera alertas de accidentes de tránsito tiene como objetivo de solucionar una de las principales causas de los accidentes de tránsito mediante visión artificial, lo que puede considerarse como una tecnología innovadora en el diseño de vehículos del futuro.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Desarrollar un Sistema para detectar el estado de somnolencia de conductores de vehículos utilizando visión artificial en la ciudad de Tacna.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- a) Implementar un Sistema para detectar el estado de somnolencia de conductores de vehículos mediante la detección de expresiones faciales.

- b) Implementar un Sistema para detectar el estado de somnolencia de conductores de vehículos mediante la alerta sonora.

## 1.5 Hipótesis

### 1.5.1 Hipótesis general

La implementación del sistema permite gestionar y detectar el estado de somnolencia de conductores de vehículos utilizando visión artificial en la ciudad de Tacna.

### 1.5.2 Hipótesis Especifico

- a) El Sistema es útil para detectar el estado de somnolencia de conductores de vehículos mediante la detección de expresiones faciales.
- b) El Sistema produce una alerta sonora al momento de detectar el estado de somnolencia de conductores de vehículos.

## 1.6 Identificación y/o caracterización de las variables

En la tabla 1 se describen las variables de la investigación, las dimensiones y los indicadores por cada dimensión.

**Tabla 1**

*Tabla de identificación de variables*

<b>Variables</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>
<i>Variable independiente:</i>	Precisión	- Tiempo de respuesta
X: Sistema		- Detección de rostro
		- Detección de ojos
		- Detección de boca
	Solución al problema	- Pérdidas materiales
		- Número de pérdidas humanas en nuestro País
		- Número de accidentes de tránsito

---

		- Problemas sociales y psicológicos de las personas
	Impacto	- Generación de fuentes de trabajo - Desarrollo económico del país - Innovación tecnológica - Garantizar el bienestar y la seguridad de las personas
<i>Variable dependiente:</i>	Detección de expresiones faciales	- Detección de rostro - Detección de ojo abierto - Detección de ojo cerrado - Cantidad de parpadeos de los ojos - Detección de micro sueño - Cantidad de bostezos
Y: detectar el estado de somnolencia de conductores de vehículos		
	Alerta Sonora	- Activación de la alarma sonora. - Tiempo de ejecución de la alarma sonora

---

## 1.7 Tipo de estudio

El tipo de investigación es explicativo porque tenemos una variable independiente y otra dependiente, ya que la investigación explicativa se encarga de encontrar el porqué de los hechos estableciendo relaciones causa-efecto a través de la comprobación de hipótesis.

## 1.8 Nivel de investigación

El nivel de investigación es Aplicativo, ya que la finalidad es mejorar buscando la solución de problemas, estadísticamente evaluar el éxito de los procesos, resultados e impacto de una investigación.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes del estudio

#### 2.1.1 A nivel internacional

Díaz (2020), realizó la tesis titulada *“Desarrollo de una aplicación móvil Android para la detección y alerta de somnolencia nocturna en tiempo real, mediante técnicas de visión artificial”*, para la Universidad Técnica del Norte - Ecuador. Esta investigación tiene como objetivo la implementación de un aplicativo móvil Android para detectar y alertar el estado de somnolencia nocturna en tiempo real, haciendo uso de la visión por computadora. Este proyecto de investigación está enfocado en los objetivos de desarrollo sostenible de la ODS, tiene como alcance la implementación de un algoritmo con el fin de detectar la somnolencia nocturna y prevenir los accidentes automovilísticos. Se probó el prototipo en un entorno de conducción real y en un entorno controlado, en el que se tomaron muestras de 56 personas incluyendo estudiantes de la Universidad Técnica del Norte, se utilizó un instrumento de medición tipo encuesta, compuesto por 18 preguntas y 15 de las cuales fueron calificadas en escala de Likert. Para obtener el resultado se realizó un Análisis Factorial Confirmatorio (ACF) para obtener resultados de la estructura factorial, en la cual se utilizó el software R Studio Online, donde se identificó un modelo con 3 secciones: precisión, solución al problema e impacto donde se determina la media de la precisión con 89,57 %, la solución al problema con 91,03 % y el impacto con 89,92 %, en conclusión, se pudo obtener puntajes muy buenos en cada una de ellas.

Ghourabi et al. (2020), realizaron el artículo titulada *“Detección de somnolencia del conductor basada en el control conjunto de bostezos, parpadeos y movimientos de cabeza”*, para la Universidad de Túnez El Manar – África del Norte. Esta investigación tiene como objetivo contribuir a aumentar las predicciones de somnolencia mediante la integración de parpadeo, bostezos y cabeceo. En esta investigación se usó un método basado en el análisis de imágenes faciales y probado en un conjunto de datos de video muy desafiante

que simula todas las condiciones reales de conducción. De hecho, la contribución de este trabajo reside en combinar tres rasgos faciales que incluyen; Relación de aspecto ocular (EAR), Relación de aspecto bucal (MAR) y flujo óptico para la detección conjunta de parpadeo, bostezos y cabeceos. Se uso dos técnicas de clasificación como el perceptrón multicapa (MLP) y los vecinos más cercanos K (K-NN). El método propuesto ha sido probado en el desafiante conjunto de datos de video de referencia NTHU-DDD privado, conteniendo un total de 22 sujetos, incluidos conductores masculinos y femeninos, con varias características faciales, diferentes colores de piel y varias etnias. Cada sujeto realiza 5 escenarios: “Sin gafas”, “Gafas”, “Gafas de sol”, “Noche sin gafas” y “Gafas de noche”. Los datos se dividen en 2 partes: datos de entrenamiento y datos de evaluación. Cada video incluye dos tipos de estado de las articulaciones: somnoliento (bostezando, parpadeando y asintiendo) y no somnoliento (quietud, riendo, hablando, mirando a un lado). Los resultados experimentales preliminares muestran la efectividad del método automatizado propuesto con una puntuación media de 72,58 % para K-NN y del 74,91 % para MLP. En conclusión, el método propuesto ha sido validado en un conjunto de datos de video muy desafiante; que simula condiciones de conducción reales como conducción nocturna, uso de gafas, diferentes etnias; y los resultados preliminares son muy prometedores.

Baquero y Torres (2019), realizo la tesis titulada “*Aplicación para teléfono móvil con sistema operativo Android que permita detectar somnolencia y emitir una alarma sonora a conductores de automóvil mediante procesamiento de imágenes*”, para la Universidad Distrital “Francisco José de Caldas” – Colombia. Esta investigación tiene como objetivo implementar un aplicativo móvil Android para detectar y alertar oportunamente el estado de la somnolencia a los conductores de vehículos, mediante el procesamiento de imágenes. Para la implementación de la aplicación móvil, se hizo una subdivisión del sistema a desarrollar, en donde se definieron cuatro etapas: detección del rostro, detección de ojos, detección de parpadeos y detección de somnolencia. Se utilizó para la detección de rostro el algoritmo de viola jones, para la detección de ojos se usó Landmarks,

para la detección de parpadeo se usó el índice EAR y para detección de somnolencia se usó PERCLOS. Para el funcionamiento del aplicativo se desarrolló una interfaz, independientemente de las características del sujeto y estos fueron probados con los siguientes modelos de un smartphone como HUAWEI y5, y un Lenovo K5, donde se obtuvo una velocidad de procesamiento de 135 ms permitiéndole una detección del estado de somnolencia en un tiempo de uno y tres segundos, logrando obtener una eficacia con un buen puntaje de 94,5 % en una muestra de 10 personas con distintos rasgos faciales.

Kusuma et al. (2019), realizaron el artículo titulado “*Detección de distracción del conductor mediante aprendizaje profundo y visión artificial*”, para Madanapalle Institute of Technology and Science - India. Esta investigación tiene como objetivo de crear una canalización inteligente con la que podamos comprobar de forma eficaz si un conductor se siente distraído mientras conduce. En esta investigación, se utilizó la detección de objetos basada en redes neuronales convolucionales para manos, ojos y rostros para hacer que la detección sea más precisa. Se usó el aprendizaje de transferencia para entrenar la red 10 veces más rápido usando la API Tensor Flow de detección de objetos. Para la detección de distracción del conductor se obtuvieron los siguientes resultados: detección de ojos normal 94 %, detección ocular 90 %, detección de parpadeo de ojos 94 %, detección de rostro normal 86 %, detección de rostro con mala luz 82 %. En conclusión, el trabajo de investigación muestra cómo los vehículos pueden hacerse aún más seguros utilizando algoritmos de última generación y reducir los falsos negativos. Este software se puede integrar fácilmente en los sistemas existentes y reducir enormemente la cantidad de accidentes que ocurren en la carretera.

Arévalo (2019), realizó la tesis titulada “*Implementación de un prototipo de sistema de alerta para conductores distraídos y somnolientos de vehículos basado en visión artificial*”, para Escuela Superior Politécnica de Chimborazo - Ecuador. El objetivo de esta investigación fue establecer un prototipo de un sistema de alerta para conductores de vehículos con distracción y somnolencia mediante la tecnología de visión artificial. El sistema consta de cuatro pasos

móviles, adquisición de imágenes, procesamiento, detección y activación de alarma. Resultado de las pruebas es que la distancia ideal es de 60 cm y no debe haber objetos en línea imaginaria entre la cámara y el rostro del conductor, se ha identificado un efecto particular en la detección de somnolencia (condición ocular) es del 95 %, somnolencia en la cabeza 93 % y del teléfono celular 92 %, destacando una tasa de error menor al 10 %.

### **2.1.2 Antecedentes nacionales**

Custodio y Tarrillo, (2021), realizó la tesis titulada “*Sistema de monitoreo para detección de somnolencia en choferes de rutas interprovinciales de empresas de transporte de Chiclayo*”, para la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. El presente estudio tiene como objetivo diseñar un sistema de monitoreo que a través de señales de fatiga avise a tiempo al conductor a través de estudios diferentes métodos de reconocimiento facial y reduzca la probabilidad de un accidente por un síntoma de fatiga. Esta investigación pertenece a la categoría de aplicación con enfoque tecnológico. El sistema ha sido probado en un promedio de 30 conductores voluntarios que se han sometido a las pruebas desde un área de laboratorio, en donde se realizó pruebas de rostro sin accesorios en donde el porcentaje de eficacia es del 100 %, en cuanto a las pruebas con lentes la eficacia total fue del 96,67 %, con gorra tuvo una eficacia total 96,67 %. En conclusión, después de realizar todas las pruebas anteriores a los 30 voluntarios en todas las categorías, el cálculo de la eficacia tiene un total del 97,78 %.

Arroyo (2021), realizó la tesis titulada “*Diseño e implementación de sistema de visión artificial para alerta y detección de somnolencia mediante aprendizaje profundo aplicable en conductores de vehículos*”, para la Universidad Nacional de Trujillo. Esta investigación tiene como objetivo detectar las expresiones faciales la cual nos permita identificar características de la somnolencia bajo visión artificial, El sistema ha sido probado en un conjunto de imágenes de rostros almacenados en una base de datos, estas imágenes eran de diferentes personas con rasgos faciales de

fatiga, cansancio y sueño, usando solo el 80 % de la base de datos para entrenar y otro 20 % para validar. Se obtuvieron muy buenos resultados con un 96 % la detección del bostezo, 98 % de detección de pestañeo y 0,3 de velocidad de funcionamiento. En conclusión, se logró la implementación de un sistema de detección de somnolencia en los conductores de vehículos para evitar los accidentes de tránsito.

Yauri (2021), realizó la tesis titulada “*Sistema de detección de somnolencia del conductor de vehículo mediante el procesamiento de imágenes usando Matlab*”, para la Universidad de Ciencias y Humanidades – Lima. Esta investigación tiene como objetivo desarrollar un sistema mediante el procesamiento de imágenes detectar la somnolencia del conductor para reducir los accidentes de tránsito. La investigación es de tipo aplicada, La población se basó en el número de licencias de todos los conductores de la ciudad de Lima, a esto se aplicó la fórmula de muestreo, obteniendo un valor de 384 de la muestra, entre ellos se tiene un 85 % de hombres y un 15 % de mujeres. Como instrumento de medición se utilizó la encuesta descriptiva, el cual consta de 10 preguntas de tipo cerrada dirigido a los conductores de vehículos del transporte público y privado. El resultado obtenido es eficiente con un porcentaje alto y eficiente en la sección del turno diurno con 87,23 %, en turno nocturno con 94,64 %. También en el grupo controles se obtuvieron muy buenos resultados con un 90,91 % turno diurno, 90 % en el turno nocturno. En conclusión, se han obtenido resultados muy favorables, también el autor recomienda utilizar ciertos dispositivos en el sistema que cumplan con ciertos estándares con respecto a las cámaras web que debe tener una resolución de 1920 x 1080 pixeles, la cámara web debe tener un ángulo de 45°, la distancia entre el conductor y la cámara web debe ser de 50cm, la cámara web debe posicionarse al frente del conductor.

Crespin y Julian (2019), realizó la tesis titulada “*Sistema detector de somnolencia en secuencias de vídeo de conductores manejando usando visión computacional*”, para la Universidad Nacional de Trujillo. El objetivo de esta investigación es detectar el estado de somnolencia de conductores mediante visión artificial. La investigación es de tipo descriptiva y de nivel preexperimental, ya que



implica aplicar un tratamiento a la muestra y luego medir la variable. Se determino la población por la secuencia de videos(frames) del conductor al volante captados por cámara digital, de tal manera que la población sea infinita e indeterminada. Para el muestreo se utilizó el concepto de muestra no probabilístico es decir se seleccionan individuos sin pretender que sean estadísticamente representativos de la población, al resolver la ecuación, obtenemos una muestra de 384 secuencias de video. La técnica de recolección de datos utilizada por observación directa, debido a que los datos fueron seleccionados en condiciones relativamente controladas, no se utilizaron instrumentos de medición. Durante las pruebas realizadas al sistema se obtuvo mejores resultados cuando la captura del vídeo se realiza desde la parte superior frontal del conductor (a unos 10 cm por encima de los ojos).

Mayon y Limaquispe (2018), realizo la tesis titulada “*Sistema de detección de somnolencia mediante inteligencia artificial en conductores de vehículos para alertar la ocurrencia de accidentes de tránsito*”, para la Universidad Nacional de Huancavelica. El objetivo de esta investigación es desarrollar un mecanismo para detectar la somnolencia del conductor para alertar un posible caso de un accidente automovilístico. La investigación es de tipo descriptiva y de nivel aplicada, para el diseño del estudio se hizo uso del método cuasi experimental. Una población que consiste en una secuencia de imágenes(fotogramas) obtenidas con una cámara de video, la muestra incluye 384 secuencias de videos de sujetos en estado de sueño y no sueño. Se utilizo la técnica de observación, recopilando datos del video generado por una cámara web, como resultado se ha diseñado e implementado un software basado en visión artificial en una red neuronal, donde se ha realizado tres pruebas (P1, P2, P3), para la detección del rostro y ojos, se ha obtenido resultados muy aceptables con un porcentaje de 98,64 % en detección de rostro, 98,18 % en detección de ojo izquierdo, 98,28 %, en detección de ojo, también se tuvo resultados muy favorables con 98,48 % en detección de ojos cerrados y 98,39 %, en detección de distracción y finalmente se tuvo resultados muy buenos en detección de iris, con 97,83 % en detección del Iris derecho y 98,34 % en detección de Iris izquierdo. En

conclusión, se determina que el sistema implementado puede detectar la somnolencia con el fin de alertar rápidamente de la ocurrencia de un accidente de tránsito, obteniendo un porcentaje de 98,48 % de precisión general.

## **2.2 Bases Teóricas**

### **2.2.1 Sistema**

#### **a) Definición**

El sistema consiste en un conjunto de elementos interdependientes que interactúan entre sí para lograr un objetivo. Está compuesto de entradas y salidas en donde se recibe datos o información y se provee la información (Cordoba, 2019).

#### **b) Sistema para la detección de somnolencia**

Con la expectativa de ampliar la seguridad en la conducción autónoma y la somnolencia, se han ido desarrollando Sistemas modernos de ayuda en la conducción. Estos sistemas desarrollados actúan como copilotos para una comunidad más grande y hacen que la conducción sea segura y sin estrés (Services, 2022).

Dentro de los sistemas modernos de asistencia al conductor con sistema de detección de somnolencia, que es objeto de investigación en esta tesis, se detalla como los procedimientos de adquisición e interpretación de las imágenes, estos procedimientos incluyen como recopilar, preprocesar, segmentar, representar y describir y reconocer e interpretar (Arévalo, 2019).

## 2.2.2 Somnolencia

### a) Definición

La somnolencia puede aparecer en situaciones estresantes o agotadoras de formas inesperadas o inoportunas. La cual se atribuye a la cantidad de horas de sueño, trastornos, entre ellos algunos medicamentos, aburrimiento, conducir prolongada y mala calidad de sueño, trayendo la sensación de sueño; con ello se crea situaciones peligrosas y produce la probabilidad de un accidente. En la figura 1 se observa un conductor teniendo rasgos de somnolencia al momento de conducir (Torres y Guevara, 2016).

### Figura 1

*Imagen del conductor con sistemas de somnolencia*



### b) Características de Somnolencia

La somnolencia es un estado fisiológico con tendencia al sueño, que se diferencia del cansancio. La fatiga se origina por realizar tareas repetitivas realizadas de la misma manera utilizando los mismos grupos musculares y con tendencia adoptar posturas forzadas como por ejemplo mirar fijamente una pantalla. Una persona puede estar cansada sin estar somnolienta, pero las condiciones que producen fatiga, como conducir largas distancias, sugieren la presencia de somnolencia fisiológica, pero no de fatiga. Entre los efectos de la somnolencia tenemos una

disminución del estado de alerta, del tiempo de reacción, de la coordinación psicomotora y una disminución de la capacidad de procesar información (Galarza et al. 2018).

Para los conductores, el principal impacto es una falta gradual de atención a las necesidades de la carretera, el tráfico y las señales, lo que conduce a una conducción ineficaz, lo que provoca accidentes.

### **c) Síntomas y alteraciones en la conducción**

Una de las necesidades importantes del ser humano es dormir. Si no duermes o descansas lo suficiente, tu cuerpo reaccionará con una cantidad de inestabilidades peligrosos para el conductor. El principal impacto en los conductores es el incumplimiento de los requisitos de las carreteras, el tráfico y las señalizaciones, lo que conduce a un rendimiento de conducción deficiente produciendo accidentes. Las personas somnolientas tienen signos como parpadeo reiterado, frotarse los ojos, bostezar repetidamente, inclinar la cabeza y perder el enfoque son los signos más importantes que podemos mencionar (Galarza et al. 2018).

Las personas con somnolencia tienen los siguientes signos:

- Parpadean con frecuencia
- Se frotan los ojos
- Bostezan muy seguido
- Inclinan la cabeza hacia un lado o adelante
- Micro sueño

Los parpadeos se manifiestan en acciones en acciones de cerrar y abrir los ojos, cuando uno parpadea, la altura del párpado cambia de grande a pequeño y luego a grande nuevamente. Normalmente las personas parpadean 15 veces por minuto, el tiempo transcurrido de cada parpadeo es de entre 0,1 y 0,3 s. (Wang, 2018).

Los indicios de bostezo se manifiestan en la acción de abrir la boca de manera involuntaria, en caso de que se realice de manera muy frecuente es una forma de determinar que una persona de encuentra con síntomas de cansancio o somnolencia, repitiéndose más de 1 a 3 veces por minuto, en donde cada bostezo tiene una duración de 5 a 6 s. (Wang, 2018).

El micro sueño tiene la característica de que dura de 2 a 3 segundos, haciendo que el conductor no se dé cuenta y provoque un accidente de tránsito. La causa principal del micro sueño es la falta de sueño y otros por falta de pleno descanso. Las consecuencias del micro sueño del conductor pueden ser de menor a mayor magnitud, desde una salida involuntaria en la carretera o hasta tener un accidente fatal (CEA, 2020).

#### **d) Causas de la somnolencia**

La sensación de somnolencia que se produce durante el día se debe a varios factores. El primer y más importante factor es la mala calidad del sueño. El insomnio es una de las causas de la mala calidad del sueño. Se caracteriza por los esfuerzos fallidos de una persona para dormir que duran más de media hora. También incluye alteraciones periódicas durante el sueño. Otra razón fundamental de la mala calidad del sueño es un ambiente incómodo para dormir. Incluye molestias lumínicas, perturbaciones acústicas, etc. Además, un flujo respiratorio inadecuado, con una cantidad insuficiente de oxígeno, puede ser causa de un sueño inquieto que se traduce en un estado de escoria durante el día. En resumen, los síntomas y las causas de la somnolencia la presión en los ojos, la fatiga y el dolor de cabeza y el síndrome de piernas inquietas son indicaciones importantes del estado de somnolencia (Ahmad et al., 2019).

### **2.2.3 Visión Artificial**

#### **a) Definición**

La inteligencia artificial actualmente tiene diferentes especialidades que pueden ser de gran utilidad en el día a día de las personas, uno de ellos es la visión artificial, que se utiliza en muchos trabajos para detectar la somnolencia del conductor (Torres y Palma, 2018).

También conocida como visión artificial o visión técnica, es una especialidad del campo de la inteligencia artificial. La finalidad de la visión por computadora es programar una computadora para interpretar las escenas o las peculiaridades de una imagen.

Según la Asociación de Imágenes Automatizadas (AIA), la visión artificial engloba todas las aplicaciones industriales y no industriales, donde una unión de software y hardware proporciona instrucciones para que diferentes dispositivos, a través de la captura y el procesamiento de imágenes, realicen sus funciones.

#### **b) Ventajas de la visión artificial**

La visión artificial se distingue por la medición de proporción de una escena estructurada oportuno a su velocidad, precisión y repetibilidad. Los principales beneficios de la visión artificial para la sociedad son: ahorro de tiempo; reducir los costos de producción; mejorar la productividad y la calidad del producto; reducir la intensidad de trabajo del personal de prueba e inspección; reducir el número de productos no calificados; mejorar la utilización de la máquina y así sucesivamente (cognex, 2016).

### **c) Aplicaciones de la visión artificial**

Según Shenzhen Canrill Technologies, un sistema de visión artificial avanzado se utiliza a menudo para la medición, la inspección (como la detección de presencia, la detección de productos defectuosos, las estadísticas digitales, la detección de defectos), el posicionamiento, la identificación en el que van incluidos como la lectura de códigos, el reconocimiento de colores (SCTC, 2021).

### **d) Componentes de la visión artificial**

El sistema de visión artificial incluye componentes tales como iluminación, lentes, sensores de imagen, procesamiento de imágenes y comunicaciones. La luz ilumina el área a inspeccionar, destacando las características y haciéndolas claramente visibles en la cámara. La lente toma una imagen y la presenta al sensor como luz. Los sensores de la cámara de visión artificial convierten estas luces en imágenes digitales y las envían al procesador para su análisis. (SCTC, 2021).

## **2.3 Definición de términos**

### **2.3.1 Cámara Web**

La cámara web o también conocida como webcam es un dispositivo electrónico que tiene la funcionalidad de adquirir las imágenes a través de fotogramas y son conectadas a un computador mediante un puerto USB. Sus características están conformadas por la frecuencia de la imagen, la resolución del video y de imagen fija. Para el mejor desempeño del dispositivo es importante tener una buena conexión a internet para que no afecte el rendimiento de la cámara web. Un cámara web como en la figura 2 de la siguiente imagen (Arévalo, 2019).

**Figura 2**  
*Cámara Web*



### **2.3.2 Dlib**

Se aplica dlib para la alineación facial y la extracción de características, con una amplia gama de connotaciones, incluido el aprendizaje automático, la imagen, procesamiento, algoritmo numérico, compresión de datos, etc. además, los documentos y ejemplos sobre dlib son abundantes. El modelo de reconocimiento facial resnet en dlib se utiliza para identificar las caras detectadas por libfacedetection. Resnet es una red residual profunda, que se propuso en 2015. (Mohammed y Sarmad , 2018).

### **2.3.3 Landmark**

Face Landmark Detection propuesta por Dlib es una implementación del Ensemble of Regression Trees (ERT) introducido en 2014 por Kazemi y Sullivan. Dicha técnica hace uso de una característica sencilla y rápida (diferencias de intensidad de píxeles) con el fin de evaluar directamente las posturas de los sitios de referencia. Estas ubicaciones estimadas se refinan aún más a través de un proceso iterativo realizado por una serie de regresores. Los regresores generan una nueva estimación de la estimación anterior, con el objetivo de reducir el sesgo de los puntos de estimación en cada iteración. El algoritmo es realmente rápido, tarda de 1 a 3 milisegundos (en plataformas de escritorio) en detectar (alinear) un conjunto de 68 puntos de referencia en una cara determinada (Mohammed y Sarmad, 2018).



### **2.3.4 OpenCV**

La librería OpenCV está orientada al procesamiento y análisis de imágenes. Desarrollado por primera vez por Intel en 1999, rápidamente se hizo popular, siendo hoy en día como uno de los más utilizados en el desarrollo de aplicaciones de visión artificial (Dominguez, 2021).

OpenCV es muy utilizado en grupos de investigación, organismos gubernamentales y empresas gigantes como IBM, Sony, Honda, Toyota, Google, Yahoo, Microsoft y Intel. Sus ámbitos de aplicaciones son muchos, y entre ellos destacan:

- Reconocimiento de rostro
- Identificar objetos o personas
- Inspección y supervisión
- Juegos y comandos
- Número de objetos
- Análisis de imágenes médicas
- Robótica
- Realidad aumentada

### **2.3.5 Python**

Python nació en diciembre de 1989 del informático holandés Guido Van Rossum. Python es un lenguaje coherente y maduro que se utiliza en muchas áreas diferentes: web, desarrollo de interfaces gráficas, programación de sistemas, redes, bases de datos, calculo numérico y aprendizaje de aplicaciones científicas, programación de juegos y multimedia, gráficos e inteligencia artificial, etc. (Buttu, 2020).

Python es considerado como un lenguaje orientado a objetos e interpretado en alto nivel, su uso está enfocado en la legibilidad y sencillez para el aprendizaje, Python es un lenguaje multiplataforma y de software libre (Hinojosa, 2016).

### **2.3.6 Parlantes**

Los Parlantes de la computadora son dispositivos externos de salida de audio, también conocidos como amplificadores o altavoces. Te permiten reproducir pistas o cualquier tipo de audio desde tu ordenador y escucharlos a través de sus altavoces. Es un periférico esencial de las computadoras.

### **2.3.7 Raspberry Pi 4**

Raspberry Pi es un ordenador completo y simple, tiene una placa reducida con un procesador y memoria RAM. Esto significa que una Raspberry Pi tendrá el comportamiento de una portátil o un ordenador de sobremesa (Fabregas, 2020).

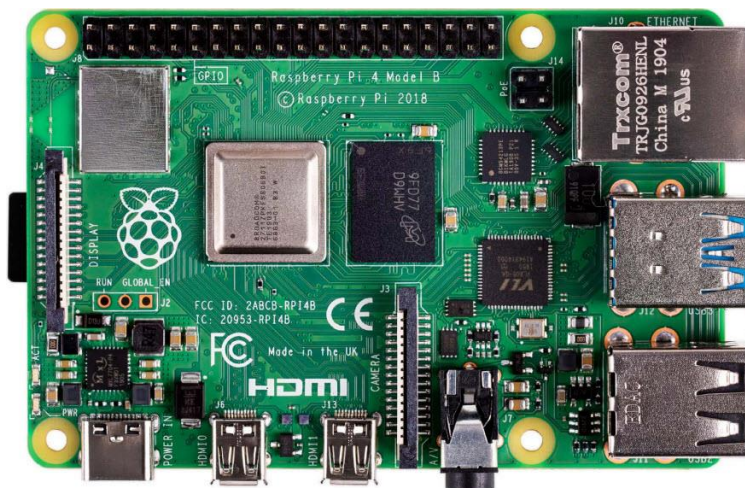
Raspberry Pi OS es un sistema operativo gratuito basado en Debian optimizado para hardware Raspberry Pi y recomendado para uso normal en una Raspberry Pi. El sistema operativo viene con más de 35,000 paquetes: software precompilado empaquetado en un formato para una fácil instalación en el Raspberry Pi. Y se encuentra en desarrollo activo, con el objetivo de mejorar la estabilidad y el rendimiento de tantos paquetes como sea posible en Raspberry Pi (Foundation Raspberry Pi, 2022).

La Raspberry Pi 4 es un ordenador más nueva y rápida, lo que significa con muchas más funcionalidades. Con especificaciones mejoradas sobre la Raspberry 3 B+, como hasta 4 GB de RAM, esta nueva computadora de placa única es apta para proyectos de alto vuelo. Se caracteriza por ser un dispositivo más rápido y eficiente porque trae un potente decodificador de video en 4K, una velocidad de transferencia mediante puertos USB 3.0 y para las conexiones a una red un Ethernet de un Gigabit.

Este Raspberry Pi 4 es capaz de admitir dos pantallas 4K (Stone, 2019). En la figura 3 se puede observar la placa del dispositivo Raspberry Pi 4.

**Figura 3**

*Imagen Placa de Raspberry Pi 4*



## CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

### 3.1 Tipo y diseño de la investigación

#### 3.1.1 Tipo de investigación

Para el desarrollo del proyecto de investigación se optó por utilizar la investigación aplicada, porque se caracteriza en resolver los problemas que se presentan en los diferentes procesos de distribución, proceso, circulación, etc. Básicamente la investigación aplicada o tecnológica tiene como propósito de perfeccionar, mejorar y optimizar los procesos de los sistemas de información, los procedimientos, normas, etc. (Humberto, 2013).

#### 3.1.2 Diseño de la investigación

Para el desarrollo de la investigación se ha optado por un diseño cuasiexperimental, para poder comprender el efecto que causa la variable independiente sobre la variable dependiente.

### 3.2 Acciones y actividades

En esta investigación se basa en estudiar el problema general y los problemas específicos que fueron generados por el planteamiento del problema, alineados a la variable independiente y dependiente. Se divide en cuatro fases:

- *Fase uno:* Realizar un estudio exploratorio sobre los antecedentes de nivel internacional, nacional y local, que tienen relación con la investigación.
- *Fase dos:* Desarrollar un sistema que permita detectar el estado de somnolencia de los conductores de vehículos mediante el uso de la visión artificial.
- *Fase tres:* Examinar las muestras de estudio obtenidos en la investigación.
- *Fase cuatro:* Evaluar los resultados obtenidos de la investigación.

### 3.2.1 Identificación de variables

*Variable independiente X* : Sistema

*Variable dependiente Y* : detectar el estado de somnolencia de conductores de vehículos

*Variable interviniente Z* : visión artificial

### 3.2.2 Operacionalización de variables

**Tabla 2**

*Operacionalización de variables*

<b>Variables</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>
<i>Variable independiente:</i> X: Sistema	Un sistema consta de un conjunto de elementos que se relacionan entre sí y realizan una acción común y preciso para lograr un objetivo, para que este sistema funcione debe realizar tres funciones, tomar datos de entrada, procesar y mostrar el resultado como salida, una propuesta de solución a un problema que genere impacto en la sociedad (Beekman, 2005).	<i>Precisión</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tiempo de respuesta</li> <li>- Detección de rostro</li> <li>- Detección de ojos</li> <li>- Detección de boca</li> </ul>
		<i>Solución al problema</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pérdidas materiales</li> <li>- Número de pérdidas humanas en nuestro País</li> <li>- Número de accidentes de tránsito</li> <li>- Problemas sociales y psicológicos de las personas</li> </ul>
		<i>Impacto</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Generación de fuentes de trabajo</li> <li>- Desarrollo económico del país</li> <li>- Innovación tecnológica</li> <li>- Garantizar el bienestar y la seguridad de las personas</li> </ul>

<p><i>Variable dependiente:</i></p> <p>Y: detectar el estado de somnolencia de conductores de vehículos</p>	<p>Según Chokroverty (2000), la somnolencia es un estado biológico del ser humano, también se refiere a sentirse en un estado de somnolencia o fatiga, que se determina en función a las expresiones faciales.</p> <p>La visión artificial juega un papel importante en la detección de expresiones faciales, para determinar el estado de somnolencia y emitir una alerta sonora en el momento oportuno para evitar un accidente de tránsito.</p>	<p><i>Detección de expresiones faciales</i></p> <p><i>Alerta Sonora</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Detección de rostro</li> <li>- Detección de ojo abierto</li> <li>- Detección de ojo cerrado</li> <li>- Cantidad de parpadeos de los ojos</li> <li>- Tiempo de duración del micro sueño</li> <li>- Cantidad de bostezos</li> <li>- Activación de la alarma sonora.</li> <li>- Tiempo de ejecución de la alarma sonora</li> </ul>

### 3.1 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica usada para la recolección de datos para la variable independiente se usará Google Forms para crear las encuestas basada en cuestionarios utilizando la escala de Likert.

Mediante el uso de Sistema de Detección de Somnolencia de Conductores para evaluar la efectividad de la detección y alertar basándonos en los datos capturas por:

- Detección de Rostro
- Detección de los ojos abiertos
- Detección de ojos cerrados
- Detección de Bostezo

Los datos se procesan para determinar la efectividad en el tiempo para alertar al conductor en momentos de somnolencia.

### **3.2 Población y muestra de estudio**

#### ***Población***

La población está concebida por los conductores de la empresa de Transportes Costanera Sur E.I.R.L., que está conformada por 45 conductores.

#### ***Muestra***

Se ha seleccionado la muestra por conveniencia porque al ser una investigación que hace uso de herramientas tecnológicas, solo se ha considerado a 10 conductores activos de la empresa de Transportes Costanera Sur E.I.R.L. Para la cual se ha adquirido un Kit completo de Raspberry Pi que será utilizado para la implementación del sistema de detección de somnolencia en 10 vehículos de forma paulatinamente.

### **3.3 Procesamiento y análisis de datos**

Para la recolección de datos se usará un cuestionario online elaborado en Google Forms, esta aplicación permite generar gráficos estadísticos de forma automática, posteriormente esta información será procesada en un software estadístico SPSS versión 26, este software es ideal para mostrar los resultados estadísticos mediante tablas de frecuencia, gráficos de barra y pastel.

### **3.4 Estudio de Factibilidad**

Para el éxito del trabajo de investigación, es necesario definir el estudio de factibilidad como uno de los resultados más importantes y esperados en la fase de anteproyecto. Para ello, el estudio se dividirá en seis fases: técnica, operativa, económica, ambiental, social y legal.

### 3.4.1 Factibilidad Técnica

Para determinar la factibilidad técnica, se detallan los requerimientos de hardware, software y recursos humanos necesarios para poner en marcha el proyecto.

#### a) Requerimientos de hardware

Las características de los equipos de cómputo con que se dispone actualmente para el desarrollo del proyecto.

*Computador de escritorio y equipo portátil:* Cada tesista cuenta con una computadora de escritorio, que son usadas para el desarrollo del proyecto de investigación, las mismas que son repotenciadas y mantenidas de manera individual. Por estas razones, las estaciones de trabajo disponibles para cada uno cumplirán plenamente con los requisitos del proyecto.

**Tabla 3**

#### *Requerimientos de Hardware*

<b>Equipo</b>	<b>Modelo</b>	<b>Características</b>
<i>Laptop</i>	Marca	Lenovo Z50-70
	Procesador	Intel Core i5-4210U 1.70GHz
	Disco Duro	SSD 500 GB
	Memoria RAM	8 GB RAM
	Tarjeta Gráfica	NVIDIA GeForce 820M 2 GB DDR3
	Pantalla	LED 15.6" HD
<i>Computador de escritorio</i>	Marca	Encore
	Procesador	Core I5 9400 9Th Gen
	Disco Duro	SSD 240 GB
	Memoria RAM	8 GB RAM
	Tarjeta Gráfica	GTX1050ti 4GB GDDR5 128 BITS 796 cudas
	Pantalla	Teros TE-F240W4, 24" IPS, 1920x1080 FullHD



<b>Equipo</b>	<b>Modelo</b>	<b>Características</b>
<i>Raspberry Pi 4</i>	Marca	Model B
	Procesador	64 bits ARM Cortex-A72 corriendo a 1.5 GHz.
	Conectividad inalámbrica	2.4 GHz y 5.0 GHz (IEEE 802.11b/g/n/ac).
	Memoria RAM	8 GB RAM
	Bluetooth	5.0
	Puertos USB	2 puertos USB 2.0 2 puertos USB 3.0
	Red	Puerto Ethernet Gigabit
<i>Cámara Web</i>	Marca	HD 1080P HALION
	Resolución	1280 * 720
	Micrófono:	Incorporado
	Compatible con:	Windows XP, Windows 7, Windows 10, Linux Ubuntu
	Velocidad de velocidad:	30 FPS / S en modo USB
<i>Parlante</i>	Modelo	95DB
	Potencia de salida	2 x 8
	Voltaje	3-5v
	Corriente de consumo	25 mA
	Frecuencia	2.7 kHz
	Impedancia	16
<i>Inversor de corriente</i>	Marca	BESTEK
	Potencia de salida	300 W
	Voltaje de entrada	12 VDC
	Voltaje de salida	110 V – 120 V
	Longitud del cable	1 m
	Dimensión	6.2 x 4.6 x 2.2 pulgadas
	Peso	1.1 libras

#### b) *Requerimientos de software*

A continuación, se detallan los requisitos de software requeridos para ejecutar el proyecto se detallan a continuación.

- *Sistema Operativo:* A continuación, se presentan diferentes sistemas operativos que cumplen con las características necesarias e indispensables para el normal funcionamiento del sistema propuesto.
  - Windows 10 y 11 Pro
  - Ubuntu 16 Escritorio
  - Raspberry Pi OS
  
- *Lenguaje de Desarrollo:* El lenguaje de desarrollo debe de cumplir con lo siguiente: soportar grandes cantidades de datos, facilidad de desarrollo, mejora continua, fácil administración, estabilidad e integridad. Es por eso por lo que se utilizó el lenguaje de programación Python 3.9.
  
- *Sistema Gestor de Base de Datos:* El sistema de gestión de base de datos debe cumplir con los siguientes factores: estable, seguro, escalable, soportar grandes cantidades de información, conectarse a diferentes lenguajes y mejorar continuamente. Como gestor de base de datos se utilizó PostgreSQL 14.2.
  
- *Herramientas tecnológicas:* las herramientas tecnológicas requeridas para el desarrollo del sistema son:
  - Visual Studio Code 1.67
  - Librerías de Python: OpenCV, Mediapipe, Landmark, Dlib, Flask
  - Herramientas de modelado: draw.io, Erwin 7.2.

### **c) Recurso Humano**

En la tabla 4 se presenta la parte de recursos humanos, experiencia y conocimientos del equipo de desarrollo se especifican a continuación:

**Tabla 4***Recurso Humano*

<b>Elementos</b>	<b>Descripción</b>
<i>Recurso humano</i>	Asesor de tesis
	Analista Programador (2)
<i>Experiencia</i>	Administración de proyectos
	Desarrollo de sistemas
	Análisis y Diseño de sistemas
	Trabajo en equipo
<i>Conocimientos</i>	Lenguajes de Programación en ambientes web y escritorio
	Manejo de BD PostgreSQL
	Base de Datos Relacionales
	Unified Modeling Language UML

**3.4.2 Factibilidad Operativa**

La factibilidad operativa tendrá un profundo impacto en la prevención de los accidentes de tránsito diarios en el país y en el mundo, ya que una vez implementado el sistema de detección de somnolencia traerá beneficios para los conductores, ciudadanos y empresas que opten por implementar este sistema, permitirá el desarrollo de nuevas tecnologías en diversas aplicaciones relacionadas con la visión artificial, así como garantizar la seguridad de las personas que transitan por la vía y contribuirá al desarrollo económico del país mediante la generación de oportunidades de empleo.

Los encargados de poder interactuar con los sistemas son:

- Conductores de vehículos
- Administrador del sistema

Una vez implementado el sistema en la empresa, se capacitará a los choferes en el uso del sistema y a los administradores de la empresa para que puedan utilizarlo correctamente. La capacitación y provisión de manuales técnicos estará incluida en el costo del sistema.

Algunas de las ventajas obtenidas del uso del sistema en la organización son:

- Prevenir accidentes de tránsito
- Tiempo de ejecución de la alerta sonora en el momento oportuno
- Monitorear el estado de somnolencia del conductor
- Reducción de pérdidas materiales y humanas
- Reducción de problemas sociales

### 3.1.1. *Factibilidad Económica*

El objetivo de la factibilidad económica es determinar el presupuesto de recursos técnicos, humanos y físicos para desarrollar e implementar el Sistema. Para esto se determinará los índices financieros VAN, TIR y B/C para determinar la factibilidad del proyecto.

En la Tabla 5 se muestra los costos por recursos humanos para el desarrollo del sistema.

**Tabla 5**

*Costos de Recursos Humanos*

<b>Cantidad</b>	<b>Cargo</b>	<b>Costo (S/)</b>	<b>Costo total</b>
1	Asesor de tesis (20 horas)	50,00	1000,00
2	Analista programador (2 meses)	1200,00	4800,00
		<b>Total(S/)</b>	<b>5800,00</b>

En la tabla 6 se muestra los gastos realizados en la compra de herramientas tecnológicas de hardware.

**Tabla 6***Costos Recursos Tecnológicos - Hardware*

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo(S/)</b>	<b>Costo total</b>
1	Kit todo oficial Raspberry Pi 4B de 8GB	512,00	512,00
1	Cámara web HD 1080P HALION	90,00	90,00
1	Altavoces con entrada de USB	45,00	45,00
1	Inversor de Corriente para Auto de 12v a 220v USB 500w Cargador	179,00	179,00
		<b>Total(S/)</b>	<b>826,00</b>

**Tabla 7***Costos Recursos Tecnológicos - Software*

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo(S/)</b>	<b>Costo total(S/)</b>
1	Hosting y Dominio (Plan avanzado) - 15 GB de SSD NVMe - Tráfico Ilimitado - 25 cuentas de Correos - Dominio .com Gratis * - dominios alojados - Subdominios Ilimitados - Certificado SSL Incluido - PHP 5.6, PHP 7+ y PHP 8 - Nodejs 10+, Python - MariaDB, PostgreSQL - Softaculous, WordPress - Respaldo diario Jetbackup - Inodes 200 000 - Core procesador - 3 GB de RAM	187,00	187,00
		<b>Total(S/)</b>	<b>187,00</b>

**Tabla 8***Costos Recursos materiales*

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo/hora(S/)</b>	<b>Costo total(S/)</b>
1	Ciento de hojas A4	12,00	12,00
1	Kit de tinta HP para cartucho (Negro, amarillo, rojo y Azul)	32,00	32,00
<b>Total(S/)</b>			<b>44,00</b>

**Tabla 9***Costos de Recursos de operación*

<b>Descripción</b>	<b>Costo total(S/)</b>
Energía eléctrica (2 meses)	120,00
Internet Plan de 50MB (2 meses)	200,00
<b>Total(S/)</b>	<b>320,00</b>

*El total del costo del desarrollo del proyecto es de S/. 7177,00*

**Precio de venta**

El precio de venta del sistema de detección de somnolencia tiene una inversión de S/. 7177,00.

**Beneficios del nuevo sistema**

Los beneficios que serán obtenidos por el Sistema de detección de somnolencia se clasifican en beneficios tangibles e intangibles.

**Tabla 10***Beneficios tangibles*

<b>Descripción</b>	<b>Monto(S/)</b>
Ahorro en pago de multas por infracción de tránsito aplicado el 8 % de un UIT	368,00
Ahorro promedio en pago de reparaciones de vehículos	2800,00
Ahorro promedio en compra de medicinas para los afectados del accidente de tránsito.	1700,00
<b>Total(S/)</b>	<b>4868,00</b>

### Beneficios intangibles

- Mejoramiento del servicio de parte de los conductores
- Alertar al conductor de forma oportuna
- Mejoramiento en la seguridad y el bienestar de los conductores

**Tabla 11**

*Costos de soporte y mantenimiento*

Cantidad	Cargo	Costo x mes(S/)	Costo total
1	Personal de Soporte (1 año)	150,00	1800,00
<b>Total(S/)</b>			<b>1800,00</b>

A continuación, se detalla el flujo de caja pronosticado para este proyecto; para realizar el cálculo de los parámetros o indicadores de viabilidad, se utilizó 10 % de tasa de descuento. Por otro lado, se tiene un egreso anual de S/. 187,00 por concepto de Hosting y Dominio, también se tendrá un egreso anual de S/. 1800,00 por concepto de soporte y mantenimiento del sistema.

**Tabla 12**

*Flujo de caja*

Año	Egresos	Ingresos	Flujo de Caja Neto
0	7177,00	0,00	-7177,00
1	1987,00	4868,00	2881,00
2	1987,00	4868,00	2881,00
3	1987,00	4868,00	2881,00
4	1987,00	4868,00	2881,00
<b>VAN</b>	<b>13475,52</b>	<b>15430,90</b>	<b>1955,38</b>

**Tabla 13**

*Indicadores de factibilidad VAN TIR*

Indicador	Valor
Beneficio / Costo	1,14
VAN	1955,38
TIR	22,05 %

Se consideró un plazo de 4 periodos de 1 año cada uno, en resumen, los indicadores confirman la factibilidad del proyecto, con un beneficio / costo mayor a 1, un valor actual neto positivo y una tasa interna de retorno mayor por 22,05 % a la tasa de descuento.

### **3.1.2. Factibilidad Ambiental**

La factibilidad ambiental tiene como objetivo evaluar los impactos ambientales, identificar, prevenir y explicar los impactos ambientales que un proyecto creará en el entorno circundante si se implementa.

Para este proyecto el impacto ambiental es favorable en términos de calidad ambiental para los recursos naturales, la línea Raspberry Pi es bastante buena para el medio ambiente. El dispositivo funciona con una fuente de alimentación micro USB de muy bajo voltaje, lo que lo hace increíblemente eficiente desde el punto de vista energético, en comparación con otros tipos de hardware, la Raspberry PI suele tener una larga vida útil, esto significa que no hay razón para que su Pi termine en un vertedero unos años después de comprarlo, a diferencia de una gran cantidad de hardware.

El pequeño tamaño de una Raspberry Pi junto con su poder de cómputo lo convierte en la base perfecta para una gran cantidad de proyectos ecológicos que favorecen al medio ambiente como construir un sistema de monitoreo de contaminación y clima para registrar y cargar información sobre la temperatura mediante el uso de sensores de humedad, nivel del agua, presión del aire, niveles de luz, niveles de UV, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y nivel de humo en Internet. A diferencia con otras computadoras la Raspberry Pi es bastante amigable con el medio ambiente, ya que su fuente de alimentación puede ser 100% renovable y que puede ser utilizado en lugares donde no hay energía eléctrica.

Este proyecto tendrá un impacto favorable con el medio ambiente, ya que con su implementación se evitará contaminar el medio ambiente a causa de residuos que ocasionan los accidentes de tránsito.



### **3.1.3. Factibilidad Social**

La Factibilidad social busca el beneficio a la sociedad mediante el uso del sistema de detección de somnolencia.

El sistema ayudará a reducir pérdidas materiales y económicas que son ocasionadas por accidentes de tránsito, esto se podrá evitar haciendo uso del sistema que beneficiará a los conductores y a las personas, como también mejorando el servicio de los conductores y evitando el pago de multas por infracción, reparación de vehículos, etc.

Es posible reducir el número de pérdidas humanas en nuestro país por accidentes de tránsito causados por factores de fatiga, sueño, cansancio, etc., esto se podrá evitar haciendo uso del sistema de detección de estado de somnolencia y la alerta sonará en el momento oportuno.

El sistema ayudará a reducir la cantidad de accidentes de tránsito que se registran periódicamente debido a la somnolencia, también ayudará a evitar los problemas sociales y psicológicos que las personas pueden presentar a raíz de los accidentes automovilísticos.

### **3.1.4. Factibilidad Legal**

En base al contrato de compraventa del “Sistema de detección de somnolencia para conductores mediante visión artificial” desarrollado con lenguaje de programación Python y Base de datos PostgreSQL. Celebrado entre el PROVEEDOR y la otra parte el CLIENTE, representante de la empresa de transportes, firmado por ambas partes, se citan las cláusulas más relevantes entre ambas partes. Como se presenta en el anexo 7 el formato de contrato del desarrollo del sistema.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS

En este capítulo se describen las pruebas realizadas bajo condiciones reales de conducción, el sistema fue probado en diferentes ambientes, diferentes horarios con la finalidad de tener resultados favorables sobre la detección de estado de somnolencia de conductores de vehículos.

### 4.1 Validación de la encuesta

#### *Validación del cuestionario por otras investigaciones*

Para esta investigación se ha seleccionado un instrumento de medición de los indicadores de la variable Independiente. En tal sentido, que el mencionado instrumento ha sido aplicativo en una investigación, lo que significa su confiabilidad, según Diaz (2020), donde realizó la tesis titulada “*Desarrollo de una Aplicación Móvil Android para la detección y alerta de somnolencia nocturna en tiempo real, mediante técnicas de Visión Artificial*”, para la obtención del título de Ingeniera en Sistemas Computacionales presentada en la Universidad Técnica del Norte de Ecuador.

#### *Validación del cuestionario por juicio de expertos*

El instrumento de medición también fue evaluado mediante juicio de expertos. Para conocer la calidad de los ítems que se calcularon las estadísticas de cada una de las preguntas, las cuales se pueden adjuntadas en el *Anexo 2*.

#### *Validación del cuestionario por método Alfa de Cronbach*

El alfa de Cronbach es el método más simple y conocido para medir la consistencia interna y es el método líder para validar una encuesta en una escala de Likert. El alfa de Cronbach debe entenderse como una medida de la correlación entre los ítems que componen la escala.

Para el estudio específico se utilizó el software estadístico SPSS®. El Alfa fue calculada para todo el instrumento como se muestra.

**Tabla 14***Resumen de procesamiento de casos*

<b>Resumen de procesamiento de casos</b>			
		N	%
Casos	Válido	10	100,0
	Excluido	0	0,0
	Total	10	100,0

**Tabla 15***Estadísticas de fiabilidad*

<b>Alfa de Cronbach</b>	<b>Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados</b>	<b>N de elementos</b>
0,821	0,828	14

Los valores de Alfa de Cronbach superior a 0,6 indica que la herramienta es fiable. Por otro lado, valores inferiores a 0,6 indican que el dispositivo puede llevar a conclusiones no fiables. El valor alfa de Cronbach para todo el cuestionario es 0,8 lo que indica que la herramienta es confiable, cuantitativamente estable y consistente.

Usando el alfa de Cronbach, se probó la confiabilidad de las respuestas de la encuesta. Para conocer la calidad de los ítems se calcularon las estadísticas de cada pregunta, su relación con el puntaje total de la escala y el índice de confiabilidad de los ítems. Este coeficiente está muy cerca de la unidad, lo que indica una consistencia interna muy satisfactoria, lo que significa que los encuestados entienden.

**Tabla 16***Estadísticas de total de elemento*

	<b>Media de escala si el elemento se ha suprimido</b>	<b>Varianza de escala si el elemento se ha suprimido</b>	<b>Correlación total de elementos corregida</b>	<b>Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido</b>
P 4	57,10	14,100	0,607	0,799
P 5	57,30	15,567	0,151	0,835
P 6	57,00	13,556	0,744	0,789
P 7	57,20	16,622	-0,034	,840
P 8	57,10	14,989	0,367	0,816
P 9	57,10	14,767	0,426	0,812
P 10	57,10	14,322	0,546	0,803
P 11	57,20	14,622	0,505	0,807
P 12	57,30	15,122	0,244	0,828
P 13	57,00	14,000	0,620	0,798
P 14	56,90	13,878	0,670	0,795
P 15	57,00	14,667	0,440	0,811
P 16	57,10	13,656	0,734	0,790
P 17	57,10	14,767	0,426	0,812

## 4.2 Variable Independiente: Sistema

### 4.2.1 Metodología para las pruebas

La encuesta se aplicó a 10 conductores de la empresa de Transportes Costanera Sur E.I.R.L de la ciudad de Tacna, con el propósito de validar el sistema de detección de somnolencia, desde el punto de vista de los conductores que han probado el sistema, se diseñó una encuesta que incluye de 17 preguntas y 14 de ellas fueron evaluadas según la escala de Likert y se consideró la siguiente valoración: *Totalmente de acuerdo = 5, De acuerdo = 4, Ni de acuerdo ni en desacuerdo = 3, En desacuerdo = 2, Totalmente en desacuerdo = 1*. Es necesario mencionar que 5 es el valor más alto que puede tener una pregunta y 1 el más bajo.

La encuesta está dividida en 5 secciones, la primera es una sección informativa de datos personales del conductor, desde la segunda hasta la cuarta sección constan de 4 preguntas cada una que

pertencen a la variable independiente, y la última sección consta de 2 preguntas que pertenecen a la variable dependiente.

#### Figura 4

##### Encuesta para Conductores



#### 4.2.2 Dimensión 1: Precisión

##### Tiempo de respuesta

Este indicador está relacionado con una pregunta en la encuesta que se realizó, en la siguiente tabla mostraremos los resultados de la encuesta que se realizó luego de aplicar el sistema de detección de somnolencia a los conductores.

*Pregunta 1: ¿Considera usted que el tiempo de respuesta del sistema al momento de la ejecución es adecuado?*

**Tabla 17**

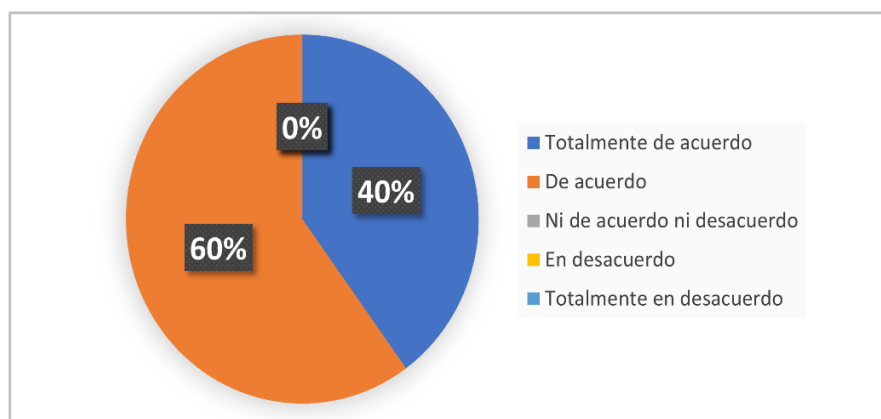
*Pregunta 1: ¿Considera usted que el tiempo de respuesta del sistema al momento de la ejecución es adecuado?*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	De acuerdo	6	5,5	60,0	60,0
	Totalmente de acuerdo	4	3,6	40,0	100,0
	Total	10	9,1	100,0	
Perdidos	Sistema	100	90,9		
<b>Total</b>		<b>110</b>	<b>100,0</b>		

Del análisis estadístico aplicada a los conductores respecto al tiempo de respuesta del sistema se observa en la Figura 52 que el 60 % de los conductores respondieron que están “De acuerdo”, mientras que el 40 % están totalmente de acuerdo y en los demás criterios se obtuvo un resultado del 0 %, llegando a la conclusión que la actitud de los conductores es favorable respecto a la precisión al momento de iniciar el sistema.

### Figura 5

*Pregunta 1: ¿Considera usted que el tiempo de respuesta del sistema al momento de la ejecución es adecuado?*



### *Detección de rostro*

Este indicador está relacionado con una pregunta en la encuesta que se realizó, en la siguiente tabla mostraremos los resultados de la encuesta que se realizó luego de aplicar el sistema de detección de somnolencia a los conductores.

*Pregunta 2: ¿Considera usted que la precisión del sistema al momento de detectar rostros es adecuada?*

### Tabla 18

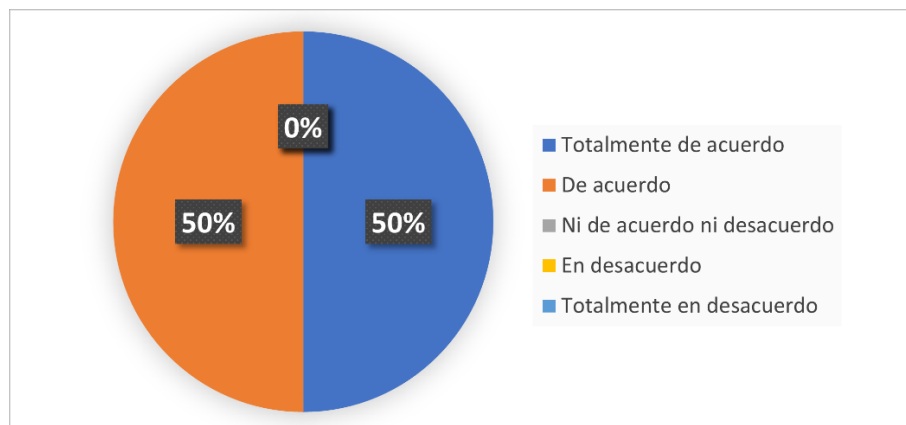
*Pregunta 2: ¿Considera usted que la precisión del sistema al momento de detectar rostros es adecuada?*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	De acuerdo	5	4,5	50,0	50,0
	Totalmente de acuerdo	4	4,5	50,0	100,0
	Total	10	9,1	100,0	
Perdidos	Sistema	100	90,9		
<b>Total</b>		<b>110</b>	<b>100,0</b>		

Del análisis estadístico aplicada a los conductores respecto a la precisión de detección de rostros del sistema, se observa en la Figura 53 que el 50 % de los conductores respondieron que están “Totalmente de acuerdo”, mientras que el 50 % están de acuerdo y en los demás criterios se obtuvo un resultado del 0 %, llegando a la conclusión que la actitud de los conductores es sumamente favorable respecto a la precisión del sistema al momento de detectar los rostros.

**Figura 6**

*Pregunta 2: ¿Considera usted que la precisión del sistema al momento de detectar rostros es adecuada?*



### *Detección de ojos*

Este indicador está relacionado con una pregunta en la encuesta que se realizó, en la siguiente tabla mostraremos los resultados de la encuesta que se realizó luego de aplicar el sistema de detección de somnolencia a los conductores.

*Pregunta 3: ¿Considera usted que la precisión del sistema al momento de detectar ojos es adecuada?*

**Tabla 19**

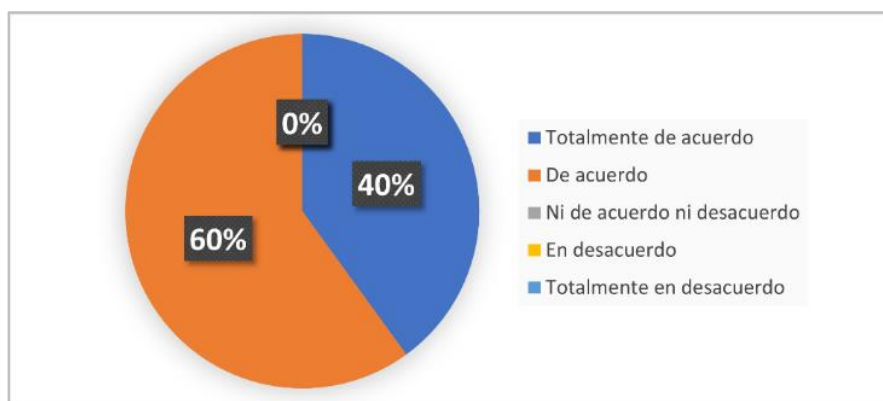
*Pregunta 3: ¿Considera usted que la precisión del sistema al momento de detectar ojos es adecuada?*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	De acuerdo	6	5,5	60,0	60,0
	Totalmente de acuerdo	4	3,6	40,0	100,0
	Total	10	9,1	100,0	
Perdidos	Sistema	100	90,9		
<b>Total</b>		<b>110</b>	<b>100,0</b>		

Del análisis estadístico aplicada a los conductores respecto a la precisión de detección de los ojos por parte del sistema, se observa en la Figura 54 que el 60 % de los conductores respondieron que están “De acuerdo”, mientras que el 40 % están totalmente de acuerdo y en los demás criterios se obtuvo un resultado del 0 %, llegando a la conclusión que la actitud de los conductores es favorable respecto a la precisión del sistema al momento de detectar los ojos.

**Figura 7**

*Pregunta 3: ¿Considera usted que la precisión del sistema al momento de detectar ojos es adecuada?*



*Detección de boca*

Este indicador está relacionado con una pregunta en la encuesta que se realizó, en la siguiente tabla mostraremos los



resultados de la encuesta que se realizó luego de aplicar el sistema de detección de somnolencia a los conductores.

*Pregunta 4: ¿Considera usted que la precisión del sistema al momento de detectar la boca es adecuada?*

**Tabla 20**

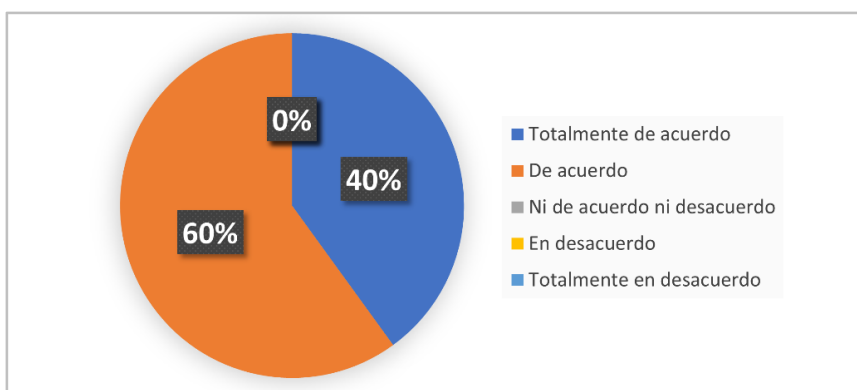
*Pregunta 4: ¿Considera usted que la precisión del sistema al momento de detectar la boca es adecuada?*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	De acuerdo	6	5,5	60,0	60,0
	Totalmente de acuerdo	4	3,6	40,0	100,0
	Total	10	9,1	100,0	
Perdidos	Sistema	100	90,9		
<b>Total</b>		<b>110</b>	<b>100,0</b>		

Del análisis estadístico aplicada a los conductores respecto a la precisión de detección de la boca por parte del sistema, se observa en la Figura 55 que el 60 % de los conductores respondieron que están “De acuerdo”, mientras que el 40 % están totalmente de acuerdo y en los demás criterios se obtuvo un resultado del 0 %, llegando a la conclusión que la actitud de los conductores es favorable respecto a la precisión del sistema al momento de detectar la boca.

**Figura 8**

*Pregunta 4: ¿Considera usted que la precisión del sistema al momento de detectar la boca es adecuada?*



### 4.2.3 Dimensión 2: Solución al problema

#### *Pérdidas materiales*

Este indicador está relacionado con una pregunta en la encuesta que se realizó, en la siguiente tabla mostraremos los resultados de la encuesta que se realizó luego de aplicar el sistema de detección de somnolencia a los conductores.

*Pregunta 1: ¿Considera usted que el uso del sistema ayudaría a reducir pérdidas materiales?*

**Tabla 21**

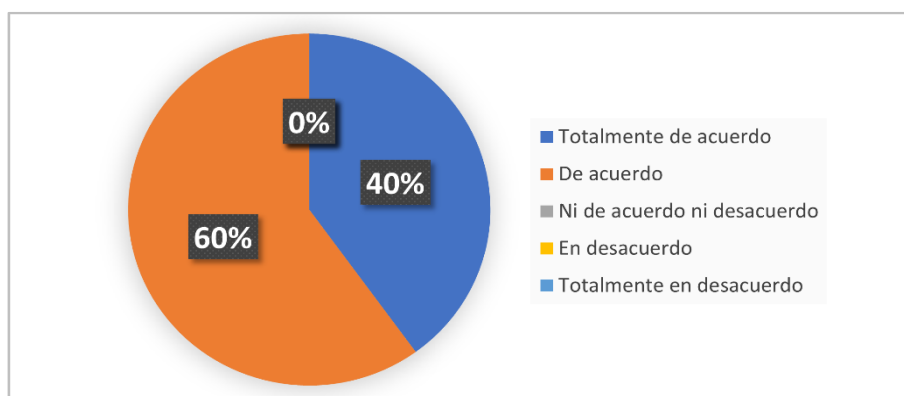
*Pregunta 1: ¿Considera usted que el uso del sistema ayudaría a reducir pérdidas materiales?*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
	De acuerdo	6	5,5	60,0	60,0
Válido	Totalmente de acuerdo	4	3,6	40,0	100,0
	Total	10	9,1	100,0	
Perdidos	Sistema	100	90,9		
	<b>Total</b>	<b>110</b>	<b>100,0</b>		

Del análisis estadístico aplicada a los conductores respecto a que el sistema ayudaría a solucionar el problema planteado en cuanto a reducción de pérdidas materiales, se observa en la Figura 56 que el 60 % de los conductores respondieron que están “De acuerdo”, mientras que el 40 % están totalmente de acuerdo y en los demás criterios se obtuvo un resultado del 0 %, llegando a la conclusión que la actitud de los conductores es favorable respecto a que el sistema ayudaría a reducir las pérdidas materiales.

**Figura 9**

*Pregunta 1: ¿Considera usted que el uso del sistema ayudaría a reducir pérdidas materiales?*



*Número de pérdidas humanas en nuestro país*

Este indicador está relacionado con una pregunta en la encuesta que se realizó, en la siguiente tabla mostraremos los resultados de la encuesta que se realizó luego de aplicar el sistema de detección de somnolencia a los conductores.

*Pregunta 2: ¿Considera usted que el uso del sistema ayudaría a reducir el número de pérdidas humanas en nuestro País?*

**Tabla 22**

*Pregunta 2: ¿Considera usted que el uso del sistema ayudaría a reducir el número de pérdidas humanas en nuestro País?*

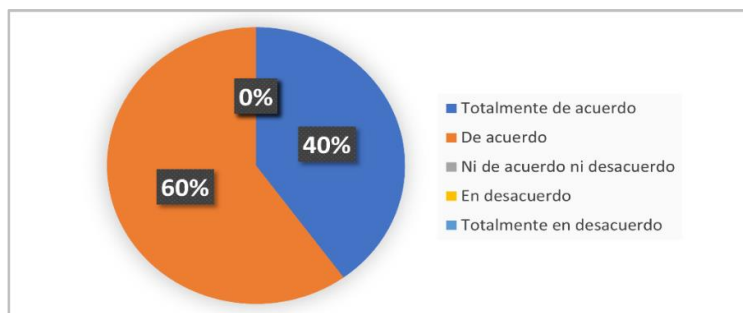
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
De acuerdo	6	5,5	60,0	60,0
Válido Totalmente de acuerdo	4	3,6	40,0	100,0
Total	10	9,1	100,0	
Perdidos Sistema	100	90,9		
<b>Total</b>	<b>110</b>	<b>100,0</b>		

Del análisis estadístico aplicada a los conductores respecto a que el sistema ayudaría a solucionar el problema en cuanto a reducción de pérdidas humanas, se observa en la Figura 57 que el 60 % de los conductores respondieron que están “De acuerdo”, mientras

que el 40 % están totalmente de acuerdo y en los demás criterios se obtuvo un resultado del 0 %, llegando a la conclusión que la actitud de los conductores es favorable respecto a que el sistema ayudaría a reducir las pérdidas humanas.

**Figura 10**

*Pregunta 2: ¿Considera usted que el uso del sistema ayudaría a reducir el número de pérdidas humanas en nuestro País?*



#### *Número de accidentes de tránsito*

Este indicador está relacionado con una pregunta en la encuesta que se realizó, en la siguiente tabla mostraremos los resultados de la encuesta que se realizó luego de aplicar el sistema de detección de somnolencia a los conductores.

*Pregunta 3: ¿Considera usted que el sistema ayudaría a reducir el número de accidentes de tránsito que se registran periódicamente por somnolencia?*

**Tabla 23**

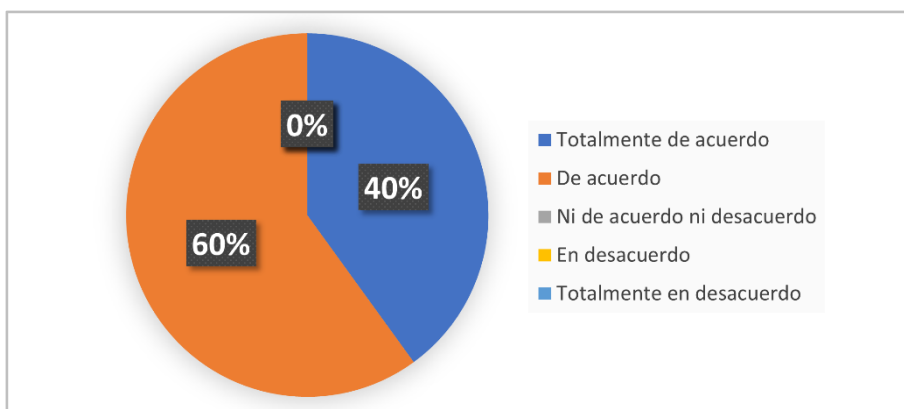
*Pregunta 3: ¿Considera usted que el sistema ayudaría a reducir el número de accidentes de tránsito que se registran periódicamente por somnolencia?*

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
De acuerdo	6	5,5	60,0	60,0
Válido Totalmente de acuerdo	4	3,6	40,0	100,0
Total	10	9,1	100,0	
Perdidos Sistema	100	90,9		
<b>Total</b>	<b>110</b>	<b>100,0</b>		

Del análisis estadístico aplicada a los conductores respecto a que el sistema ayudaría a solucionar el problema en cuanto a la reducción del número de accidentes de tránsito, se observa en la Figura 58 que el 60 % de los conductores respondieron que están “De acuerdo”, mientras que el 40 % están totalmente de acuerdo y en los demás criterios se obtuvo un resultado del 0 %, llegando a la conclusión que la actitud de los conductores es favorable respecto a que el sistema ayudaría a reducir el número de accidentes de tránsito por somnolencia.

### Figura 11

*Pregunta 3: ¿Considera usted que el sistema ayudaría a reducir el número de accidentes de tránsito que se registran periódicamente por somnolencia?*



### *Problemas sociales y psicológicos de las personas*

Este indicador está relacionado con una pregunta en la encuesta que se realizó, en la siguiente tabla mostraremos los resultados de la encuesta que se realizó luego de aplicar el sistema de detección de somnolencia a los conductores.

*Pregunta 4: ¿Considera usted que el uso adecuado del sistema ayudaría a reducir problemas sociales y psicológicos de las personas?*

**Tabla 24**

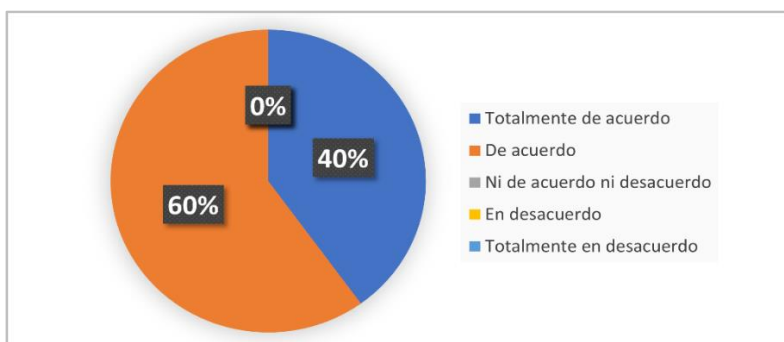
*Pregunta 4: ¿Considera usted que el uso adecuado del sistema ayudaría a reducir problemas sociales y psicológicos de las personas?*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	De acuerdo	6	5,5	60,0	60,0
	Totalmente de acuerdo	4	3,6	40,0	100,0
	Total	10	9,1	100,0	
Perdidos	Sistema	100	90,9		
<b>Total</b>		<b>110</b>	<b>100,0</b>		

Del análisis estadístico aplicada a los conductores respecto a que el sistema ayudaría a reducir problemas sociales y psicológicos de las personas, se observa en la Figura 59 que el 60 % de los conductores respondieron que están “De acuerdo”, mientras que el 40 % están totalmente de acuerdo y en los demás criterios se obtuvo un resultado del 0 %, llegando a la conclusión que la actitud de los conductores es favorable respecto a que el sistema ayudaría a reducir el número de los problemas sociales y psicológicos de las personas.

**Figura 12**

*Pregunta 4: ¿Considera usted que el uso adecuado del sistema ayudaría a reducir problemas sociales y psicológicos de las personas?*



#### 4.2.4 Dimensión 3: Impacto

##### *Generación de fuentes de trabajo*

Este indicador está relacionado con una pregunta en la encuesta que se realizó, en la siguiente tabla mostraremos los resultados de la encuesta que se realizó luego de aplicar el sistema de detección de somnolencia a los conductores.

*Pregunta 1: ¿Considera usted que la puesta en producción del sistema generaría fuentes de trabajo?*

**Tabla 25**

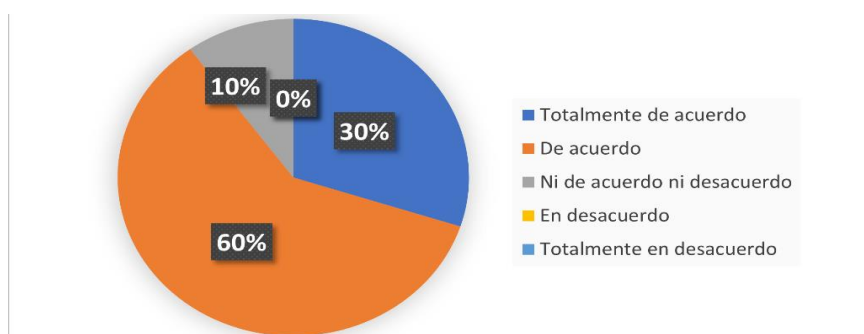
*Pregunta 1: ¿Considera usted que la puesta en producción del sistema generaría fuentes de trabajo?*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
	De acuerdo	1	9	10,0	10,0
	De acuerdo	6	5,5	60,0	60,0
Válido	Totalmente de acuerdo	3	2,7	30,0	100,0
	Total	10	9,1	100,0	
Perdidos	Sistema	100	90,9		
	<b>Total</b>	<b>110</b>	<b>100,0</b>		

Del análisis estadístico aplicada a los conductores respecto a que el sistema puesta en producción ayudaría a generar fuentes de trabajo, se observa en la Figura 60 que el 60 % de los conductores respondieron que están “De acuerdo”, mientras que el 30 % están totalmente de acuerdo, el 10 % no está ni en acuerdo ni en desacuerdo y en los demás criterios se obtuvo un resultado del 0 %, llegando a la conclusión que la actitud de los conductores es favorable respecto a que el sistema ayudaría a generar fuentes de trabajo.

**Figura 13**

*Pregunta 1: ¿Considera usted que la puesta en producción del sistema generaría fuentes de trabajo?*



### *Desarrollo económico del país*

Este indicador está relacionado con una pregunta en la encuesta que se realizó, en la siguiente tabla mostraremos los resultados de la encuesta que se realizó luego de aplicar el sistema de detección de somnolencia a los conductores.

*Pregunta 2: ¿Considera usted que el sistema ayudaría al desarrollo económico del país?*

**Tabla 26**

*Pregunta 2: ¿Considera usted que el sistema ayudaría al desarrollo económico del país?*

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido De acuerdo	5	4,6	50,0	50,0
Válido Totalmente de acuerdo	5	4,6	40,0	100,0
Válido Total	10	9,1	100,0	
Perdidos Sistema	100	90,9		
<b>Total</b>	<b>109</b>	<b>100,0</b>		

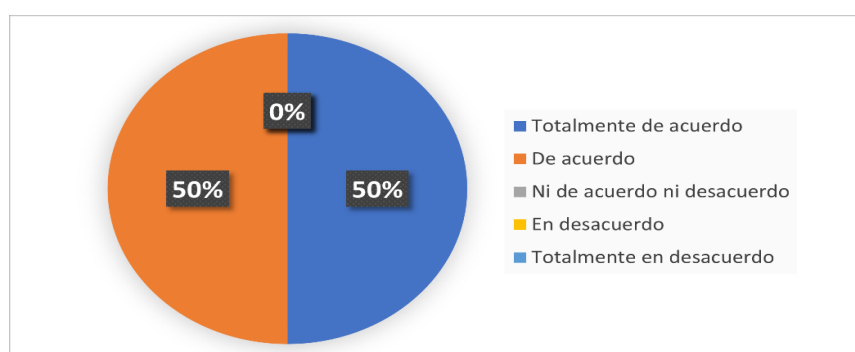
Del análisis estadístico aplicada a los conductores respecto a que el sistema en producción ayudaría en el desarrollo económico del país, se observa en la Figura 61 que el 50 % de los conductores respondieron que están "Totalmente de acuerdo", mientras que el 50



% están de acuerdo y en los demás criterios se obtuvo un resultado del 0 %, llegando a la conclusión que la actitud de los conductores es sumamente favorable respecto a que el sistema ayudaría al desarrollo económico del país.

**Figura 14**

*Pregunta 2: ¿Considera usted que el sistema ayudaría al desarrollo económico del país?*



### *Innovación tecnológica*

Este indicador está relacionado con una pregunta en la encuesta que se realizó, en la siguiente tabla mostraremos los resultados de la encuesta que se realizó luego de aplicar el sistema de detección de somnolencia a los conductores.

*Pregunta 3: ¿Considera usted que el desarrollo del sistema ayuda a la innovación tecnológica?*

**Tabla 27**

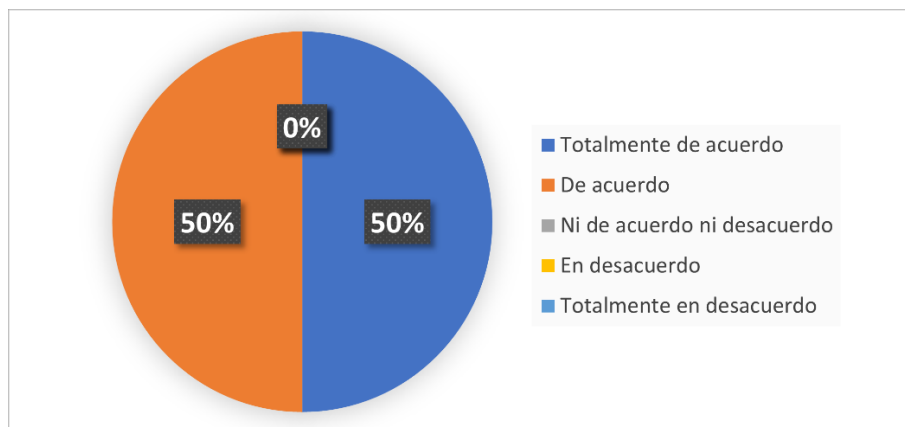
*Pregunta 3: ¿Considera usted que el desarrollo del sistema ayuda a la innovación tecnológica?*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	De acuerdo	5	4,5	50,0	50,0
	Totalmente de acuerdo	5	4,5	50,0	100,0
	Total	10	9,1	100,0	
Perdidos	Sistema	100	90,9		
<b>Total</b>		<b>110</b>	<b>100,0</b>		

Del análisis estadístico aplicada a los conductores respecto a que el sistema ayudaría a la innovación tecnológica, se observa en la Figura 62 que el 50 % de los conductores respondieron que están “Totalmente de acuerdo”, mientras que el 50 % están de acuerdo y en los demás criterios se obtuvo un resultado del 0 %, llegando a la conclusión que la actitud de los conductores es sumamente favorable respecto a que el sistema ayudaría a la innovación tecnológica.

**Figura 15**

*Pregunta 3: ¿Considera usted que el desarrollo del sistema ayuda a la innovación tecnológica?*



### *Innovación tecnológica*

Este indicador está relacionado con una pregunta en la encuesta que se realizó, en la siguiente tabla mostraremos los resultados de la encuesta que se realizó luego de aplicar el sistema de detección de somnolencia a los conductores.

*Pregunta 4: ¿Considera usted que el uso del sistema ayudaría a garantizar el bienestar y la seguridad de las personas?*

**Tabla 28**

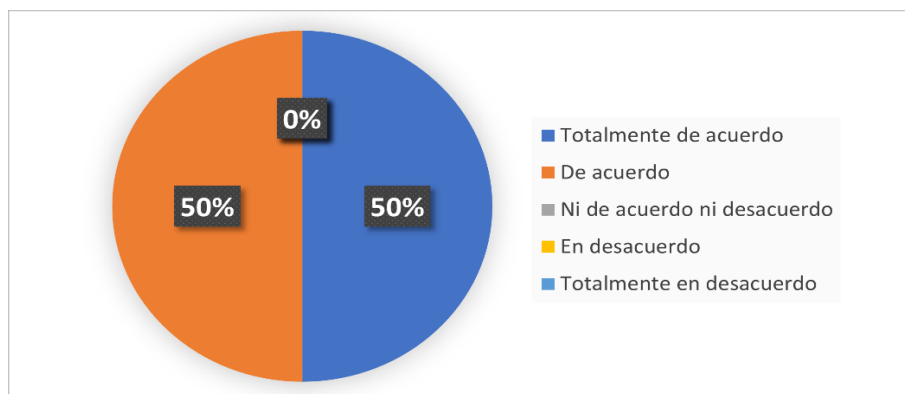
*Pregunta 4: ¿Considera usted que el uso del sistema ayudaría a garantizar el bienestar y la seguridad de las personas?*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	De acuerdo	5	4,5	50,0	50,0
	Totalmente de acuerdo	5	4,5	50,0	100,0
	Total	10	9,1	100,0	
Perdidos	Sistema	100	90,9		
<b>Total</b>		<b>110</b>	<b>100,0</b>		

Del análisis estadístico aplicada a los conductores respecto a que el sistema en producción ayudaría a garantizar el bienestar y la seguridad de las personas, se observa en la Figura 63 que el 50 % de los conductores respondieron que están “Totalmente de acuerdo”, mientras que el 50 % están de acuerdo y en los demás criterios se obtuvo un resultado del 0 %, llegando a la conclusión que la actitud de los conductores es sumamente favorable respecto a que el sistema ayudaría a garantizar el bienestar y la seguridad de las personas.

**Figura 16**

*Pregunta 4: ¿Considera usted que el uso del sistema ayudaría a garantizar el bienestar y la seguridad de las personas?*



### **4.3 Variable Dependiente: Detectar el estado de somnolencia de conductores de vehículos**

#### *Metodología para las pruebas*

Las pruebas se realizaron a 10 conductores de la empresa de Transportes Costanera Sur E.I.R.L de la ciudad de Tacna. Cada persona estará acompañada por un “copiloto” que conducirá los eventos de control del sueño, el copiloto le pedirá al conductor que cierre los ojos por un momento, comience a parpadear y a bostezar. Sin embargo, algunos conductores no entienden su enfoque, por lo que es necesario instruirlos sobre cómo hacerlo.

Los eventos para validar el sistema son los siguientes:

- Detección de rostro
- Detección de apertura de ojos
- Detección de ojos cerrados
- Número de parpadeos
- Detección de micro sueño
- Cantidad de bostezos

Para validar el sistema, el copiloto dirige estos eventos haciéndolos repetir las cantidades necesarias para cada indicador. Se analizará el número de eventos correctamente detectados para determinar el porcentaje de eficiencia y porcentaje de error.

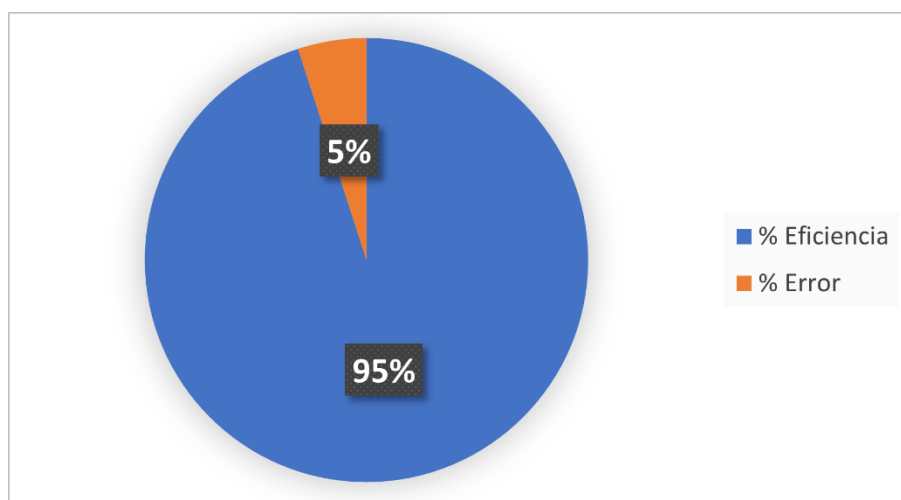
#### **4.3.1 Pruebas de Detección de rostro**

Para la detección de rostro, cada conductor debe sentarse dentro de la cabina del vehículo, con la cabeza levantada y mirando hacia donde está la cámara web.

**Tabla 29***Pruebas de detección de rostro*

# Conductor	Tiempo (segundos)	Aciertos (segundos)	% Eficiencia	% Error
1	180	165	91,7	8,3
2	180	166	92,2	7,8
3	180	172	95,6	4,4
4	180	172	95,6	4,4
5	180	155	86,1	13,9
6	180	180	100,0	0,0
7	180	179	99,4	0,6
8	180	174	96,7	3,3
9	180	167	92,8	7,2
10	180	180	100,0	0,0
Total	1800	1710	95,0	5,0
<b>Eficiencia en la detección</b>			<b>95,0</b>	<b>5,0</b>

La tabla muestra los detalles de los resultados de la prueba, con un total de 1710 aciertos en segundos, esto indica que el sistema tiene una eficiencia de detección de rostro con 95 % y un margen de error del 5 %, por lo tanto, se ha determinado que el sistema es efectivo en la detección de rostros.

**Figura 17***Gráfico pastel – Detección de rostro*

### 4.3.2 Pruebas de detección de ojos abiertos

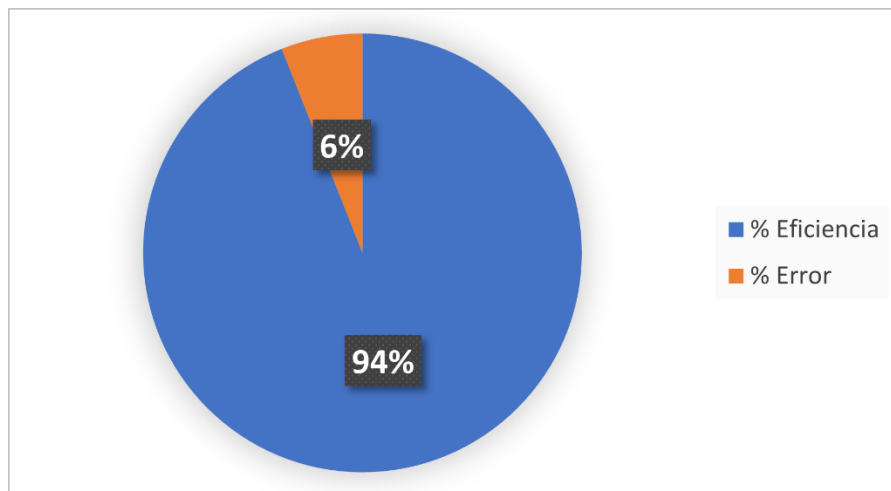
Para la detección de ojos abiertos, cada conductor debe sentarse dentro de la cabina del vehículo, con la cabeza levantada y mirando hacia donde está la cámara web.

**Tabla 30**

*Pruebas de detección de ojos abiertos*

# Conductor	# Pruebas realizadas	# Aciertos	% Eficiencia	% Error
1	10	10	100,0	0,0
2	10	10	100,0	0,0
3	10	8	80,0	20,0
4	10	9	90,0	10,0
5	10	10	100,0	0,0
6	10	10	100,0	0,0
7	10	8	80,0	20,0
8	10	9	90,0	10,0
9	10	10	100,0	0,0
10	10	10	100,0	0,0
Total	100	94	94,0	6,0
<b>Eficiencia en la detección</b>			<b>94,0</b>	<b>6,0</b>

La tabla muestra los detalles de los resultados de la prueba, con un total de 94 aciertos, esto indica que el sistema tiene una eficiencia de detección de ojos abiertos con 94 % y un margen de error del 6 %, por lo tanto, se ha determinado que el sistema es efectivo en la detección de ojos abiertos.

**Figura 18***Gráfico pastel – Detección de ojos abiertos***4.3.3 Pruebas de detección de ojos cerrados**

Para la detección de ojos cerrados, cada conductor debe sentarse dentro de la cabina del vehículo, con la cabeza levantada y mirando hacia donde está la cámara web.

**Tabla 31***Pruebas de detección de ojos cerrados*

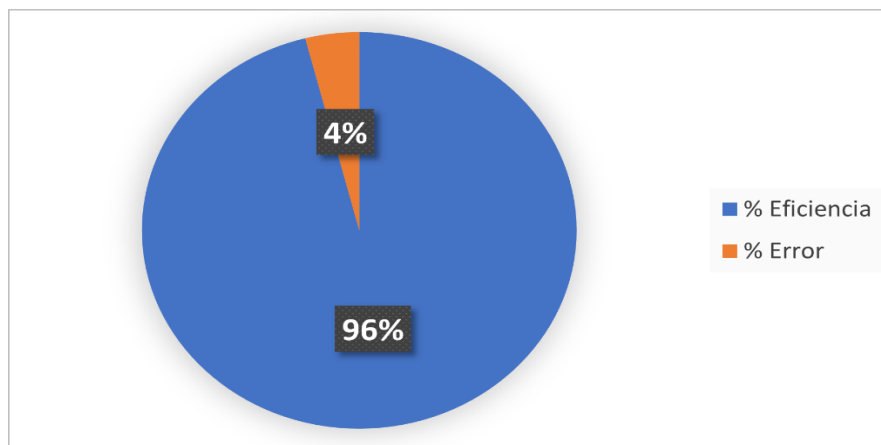
# Conductor	# Pruebas realizadas	# Aciertos	% Eficiencia	% Error
1	10	10	100,0	0,0
2	10	10	100,0	0,0
3	10	8	80,0	20,0
4	10	10	100,0	0,0
5	10	10	100,0	0,0
6	10	10	100,0	0,0
7	10	8	80,0	20,0
8	10	10	100,0	0,0
9	10	10	100,0	0,0
10	10	10	100,0	0,0
Total	100	96	96,0	4,0
<b>Eficiencia en la detección</b>			<b>96,0</b>	<b>4,0</b>

La tabla muestra los detalles de los resultados de la prueba, con un total de 96 aciertos, esto indica que el sistema tiene una eficiencia de detección de ojos cerrados con 96 % y un margen de

error del 4 %, por lo tanto, se ha determinado que el sistema es efectivo en la detección de ojos cerrados.

**Figura 19**

*Gráfico pastel – Detección de ojos cerrados*



#### 4.3.4 Pruebas de cantidad de parpadeo de los ojos

Para determinar la cantidad de parpadeos de los ojos, cada conductor debe sentarse dentro de la cabina del vehículo, con la cabeza levantada y mirando hacia donde está la cámara web, donde el conductor cerro y abrió los ojos por un tiempo simulado mostrando síntomas de somnolencia.

**Tabla 32**

*Pruebas de cantidad de parpadeo de los ojos*

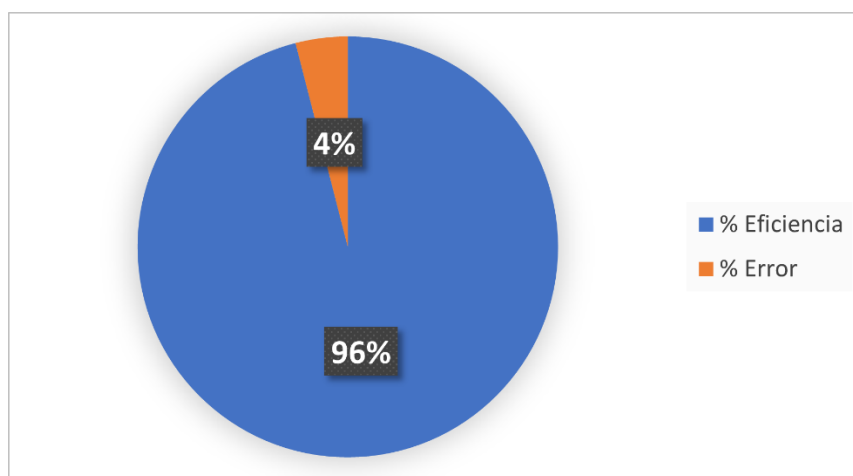
# Conductor	# Prueba realizadas	# Aciertos	% Eficiencia	% Error
1	10	9	90,0	10,0
2	10	10	100,0	0,0
3	10	9	90,0	10,0
4	10	10	100,0	0,0
5	10	10	100,0	0,0
6	10	9	90,0	10,0
7	10	9	90,0	10,0
8	10	10	100,0	0,0
9	10	10	100,0	0,0
10	10	10	100,0	0,0
Total	100	96	96,0	4,0
<b>Eficiencia en la detección</b>			<b>96,0</b>	<b>4,0</b>



La tabla muestra los detalles de los resultados de la prueba, con un total de 96 aciertos, esto indica que el sistema tiene una eficiencia en contabilizar la cantidad de parpadeo de los ojos con 96 % y un margen de error del 4 %, por lo tanto, se ha determinado que el sistema es eficiente en contabilizar la cantidad de parpadeo de los ojos.

**Figura 20**

*Gráfico pastel – Detección de parpadeos*



#### 4.3.5 Pruebas de detección de micro sueño

Para la detección de micro sueño, cada conductor debe sentarse dentro de la cabina del vehículo, con la cabeza levantada y mirando hacia donde está la cámara web, cada conductor cerro los ojos por más de 2 segundos simulando estar dormido.

**Tabla 33**

*Pruebas de detección de micro sueño*

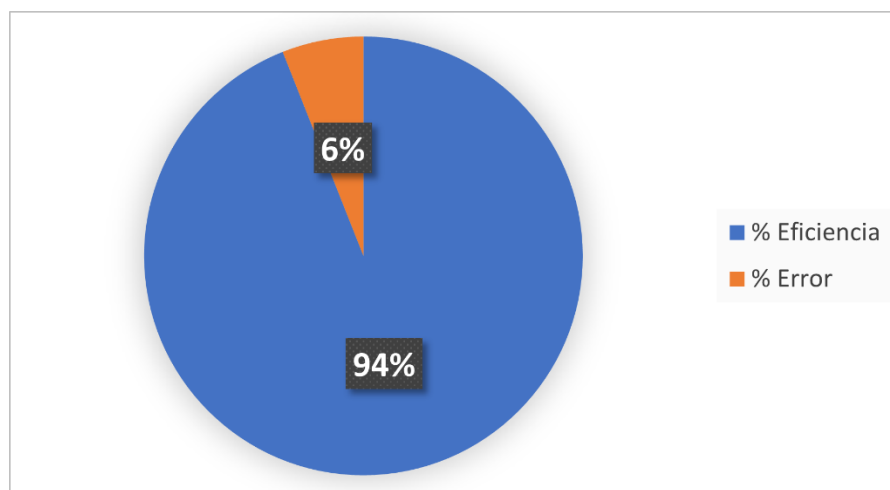
# Conductor	# Prueba realizadas	# Aciertos	% Eficiencia	% Error
1	5	5	100,0	0,0
2	5	5	100,0	0,0
3	5	5	100,0	0,0
4	5	4	80,0	20,0
5	5	5	100,0	0,0
6	5	4	80,0	20,0

7	5	5	100,0	0,0
8	5	5	100,0	0,0
9	5	5	100,0	0,0
10	5	4	80,0	20,0
Total	50	47	94,0	60,0
<b>Eficiencia en la detección</b>			94,0	6,0

La tabla muestra los detalles de los resultados de la prueba, con un total de 94 aciertos, esto indica que el sistema tiene una eficiencia en detección de micro sueño con 94 % y un margen de error del 6 %, por lo tanto, se ha determinado que el sistema es eficiente en detectar el micro sueño.

**Figura 21**

*Gráfico pastel – Detección de micro sueño*



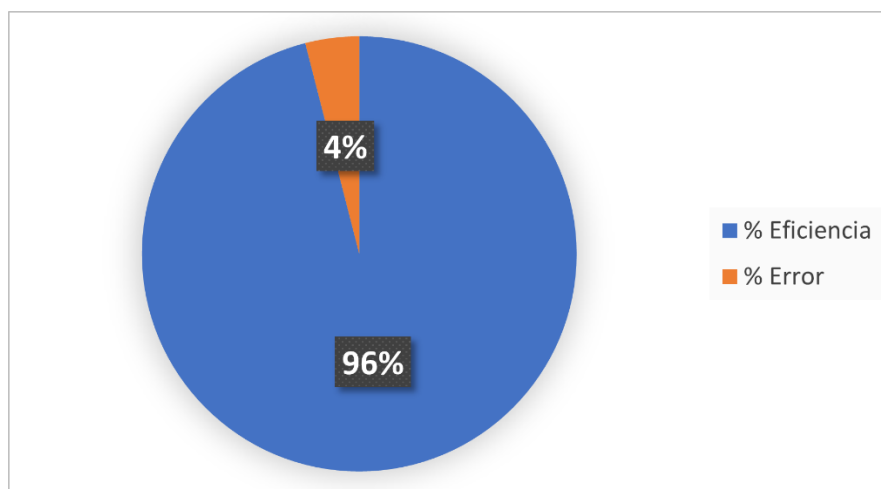
#### **4.3.6 Pruebas de Cantidad de bostezo**

Para determinar la cantidad de bostezos, cada conductor debe sentarse dentro de la cabina del vehículo, con la cabeza levantada y mirando hacia donde está la cámara web, donde el conductor abre y cierra la boca por un tiempo simulado mostrando síntomas de somnolencia.

**Tabla 34***Cantidad de bostezo del conductor*

# Conductor	#Pruebas realizadas	# Aciertos	% Eficiencia	% Error
1	10	9	90,0	10,0
2	10	10	100,0	0,0
3	10	10	100,0	0,0
4	10	8	80,0	20,0
5	10	10	100,0	0,0
6	10	10	100,0	0,0
7	10	10	100,0	0,0
8	10	9	90,0	10,0
9	10	10	100,0	0,0
10	10	10	100,0	0,0
Total	100	96	96,0	4,0
<b>Eficiencia en la detección</b>			<b>96,0</b>	<b>4,0</b>

La tabla muestra los detalles de los resultados de la prueba, con un total de 96 aciertos, esto indica que el sistema tiene una eficiencia en contabilizar la cantidad de bostezos con 96 % y un margen de error del 4 %, por lo tanto, se ha determinado que el sistema es eficiente en contabilizar la cantidad de bostezos.

**Figura 22***Gráfico pastel – Detección de bostezo*

### 4.3.7 Sección 4: Alerta Sonora

#### *Activación de la alarma sonora*

Este indicador está relacionado con una pregunta en la encuesta que se realizó, en la siguiente tabla mostraremos los resultados de la encuesta que se realizó luego de aplicar el sistema de detección de somnolencia a los conductores.

*Pregunta 1: ¿Considera usted que la alarma sonora se activa en el momento adecuado, es decir cuando la persona ya está en estado de somnolencia?*

**Tabla 35**

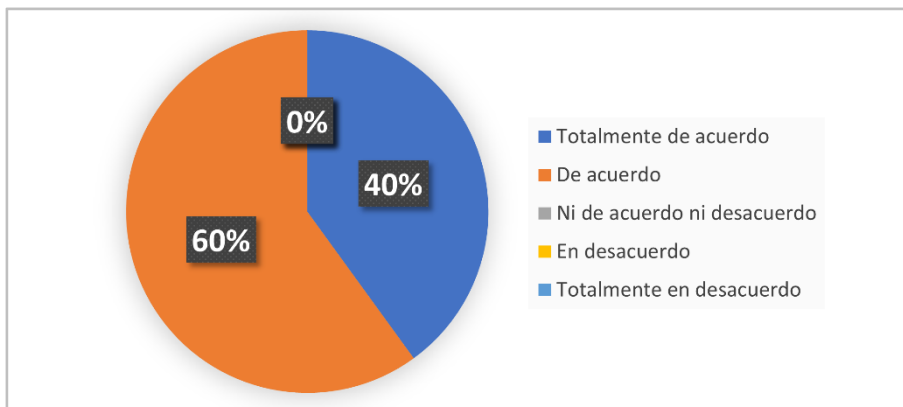
*Pregunta 1: ¿Considera usted que la alarma sonora se activa en el momento adecuado, es decir cuando la persona ya está en estado de somnolencia?*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
	De acuerdo	6	5,5	60,0	60,0
Válido	Totalmente de acuerdo	4	3,6	40,0	100,0
	Total	10	9,1	100,0	
Perdidos	Sistema	100	90,9		
<b>Total</b>		<b>110</b>	<b>100,0</b>		

Del análisis estadístico aplicada a los conductores respecto al tiempo de ejecución de la alarma sonora del sistema se observa en la Figura 70 que el 60 % de los conductores respondieron que están “De acuerdo”, mientras que el 40 % están totalmente de acuerdo y en los demás criterios se obtuvo un resultado del 0 %, llegando a la conclusión que la actitud de los conductores es favorable respecto a la activación de la alarma sonora.

**Figura 23**

*Pregunta 1: ¿Considera usted que la alarma sonora se activa en el momento adecuado, es decir cuando la persona ya está en estado de somnolencia?*



*Tiempo de ejecución de la alarma sonora*

Este indicador está relacionado con una pregunta en la encuesta que se realizó, en la siguiente tabla mostraremos los resultados de la encuesta que se realizó luego de aplicar el sistema de detección de somnolencia a los conductores.

*Pregunta 2: ¿Considera usted que el tiempo de ejecución de la alarma sonora es adecuado?*

**Tabla 36**

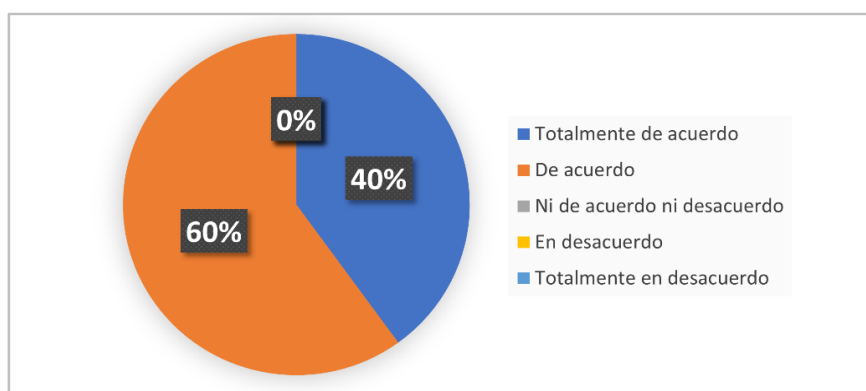
*Pregunta 2: ¿Considera usted que el tiempo de ejecución de la alarma sonora es adecuado?*

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	De acuerdo	6	5,5	60,0	60,0
	Totalmente de acuerdo	4	3,6	40,0	100,0
	Total	10	9,1	100,0	
Perdidos	Sistema	100	90,9		
<b>Total</b>		<b>110</b>	<b>100,0</b>		

Del análisis estadístico aplicada a los conductores respecto al tiempo de ejecución de la alarma sonora del sistema se observa que el 60 % de los conductores respondieron que están “De acuerdo”, mientras que el 40 % están totalmente de acuerdo y en los demás criterios se obtuvo un resultado del 0 %, llegando a la conclusión que la actitud de los conductores es favorable respecto al tiempo de ejecución de la alarma sonora.

**Figura 24**

*Pregunta 2: ¿Considera usted que el tiempo de ejecución de la alarma sonora es adecuado?*



#### 4.4 Prueba de la Hipótesis

En base a los resultados obtenidos de las dimensiones y sus indicadores de la variable independiente, se procede a contrastar las hipótesis de investigación, con el método de Shapiro-Wilk.

##### 4.4.1 Nivel de confianza

Confianza = 95 %

Significancia = 5 %

##### 4.4.2 Formulación de Hipótesis General

H0: La implementación del sistema no permite detectar el estado de somnolencia de conductores de vehículos utilizando visión artificial en la ciudad de Tacna.

H1: La implementación del sistema permite detectar el estado de somnolencia de conductores de vehículos utilizando visión artificial en la ciudad de Tacna.

Donde:

H0: los datos tienen una distribución normal

H1: los datos no tienen una distribución normal

Se aplicó la contrastación de la hipótesis para hallar la prueba de normalidad. Obteniendo los siguientes resultados a través del software IBM SPSS.

**Tabla 37**

*Pruebas de Normalidad - Shapiro-Wilk*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
¿Considera usted que el tiempo de respuesta del sistema al momento de la ejecución es adecuado?	0,381	10	0,000	0,640	10	0,000
¿Considera usted que la precisión del sistema al momento de detectar rostros es adecuada?	0,329	10	0,003	0,655	10	0,000
¿Considera usted que la precisión del sistema al momento de detectar ojos es adecuada?	0,381	10	0,000	0,640	10	0,000
¿Considera usted que la precisión del sistema al momento de detectar la boca es adecuada?	0,381	10	0,000	0,640	10	0,000
¿Considera usted que el uso del sistema ayudaría a reducir pérdidas materiales?	0,381	10	0,000	0,640	10	0,000
¿Considera usted que el uso del sistema ayudaría a reducir el número de pérdidas humanas en nuestro País?	0,381	10	0,000	0,640	10	0,000
¿Considera usted que el sistema ayudaría a reducir el número de accidentes de tránsito que se registran	0,381	10	0,000	0,640	10	0,000

---

periódicamente por somnolencia?						
¿Considera usted que el uso adecuado del sistema ayudaría a reducir problemas sociales y psicológicos de las personas?	0,381	10	0,000	0,640	10	0,000
¿Considera usted que la puesta en producción del sistema generaría fuentes de trabajo?	0,324	10	0,004	0,794	10	0,012
¿Considera usted que el sistema ayudaría al desarrollo económico del país?	0,329	10	0,003	0,655	10	0,000
¿Considere usted que el desarrollo del sistema ayuda a la innovación tecnológica?	0,329	10	0,003	0,655	10	0,000
¿Considera usted que el uso del sistema ayudaría a garantizar el bienestar y la seguridad de las personas?	0,329	10	0,003	0,655	10	0,000

---

*Interpretación:* Según la tabla del resultado de prueba de normalidad que el p-valor obtenido ( $p = 0,000 < = 0,05$ ) entonces existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna. Este resultado confirma que los datos no siguen una distribución normal.

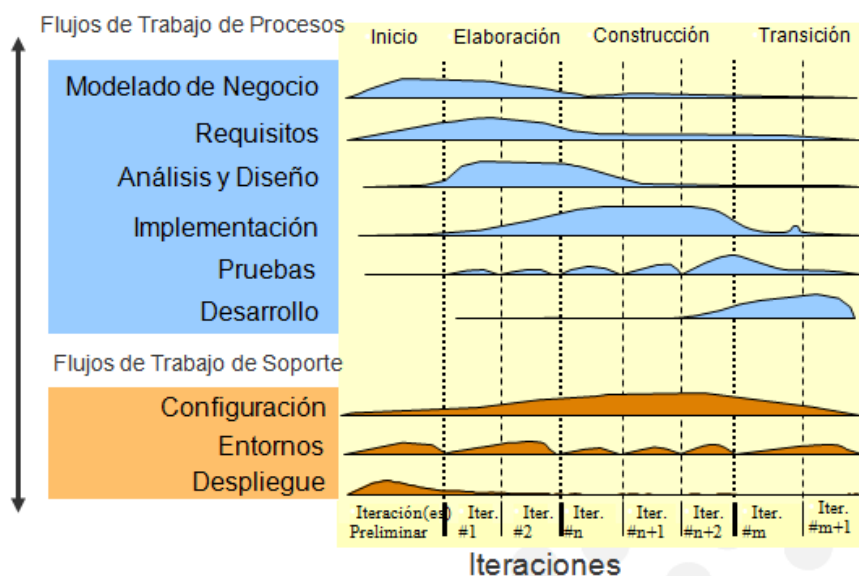


## 4.5 Desarrollo del Sistema

Para la implementación del sistema se hizo uso de la metodología RUP (Rational Software Corporation), es un proceso de desarrollo de software desarrollado por Rational Software, ahora propiedad de IBM. Junto con el Lenguaje de Modelado Unificado (UML), es la metodología estándar más utilizada para analizar, diseñar, implementar y documentar sistemas orientados a objetos.

**Figura 25**

*Fases de la metodología RUP*



### a) Fase de Inicio

El propósito de esta fase es definir y acordar el alcance del proyecto, para identificar los riesgos asociados con el proyecto y proponer una visión general para la elaboración de la arquitectura de software y la planificación por fases y de cada iteración para bordar una parte de la funcionalidad total del proyecto. Principalmente se enfocan en comprender el problema y adicionalmente para determinar la tecnología a usar en la implementación.

**b) Fase de Elaboración**

Esta fase está orientada a crear la arquitectura básica del sistema, desde los casos de uso hasta la especificación de los casos de uso seleccionados, hasta el primer análisis del dominio del problema, se diseña e implementa una solución preliminar al problema con un plan de gestión de riesgos, consistente con las prioridades. establecido en el mismo

**c) Fase de Implementación**

El propósito de esta fase es implementar y sistematizar las funciones del sistema, para ello se deben aclarar las solicitudes pendientes, se gestionan los cambios mediante la observación para lograr mejoras, avances para el proyecto y optimizar el proceso de desarrollo del proyecto.

**d) Fase de Transición**

En la fase de cierre, el objetivo es garantizar que el software de calidad esté disponible para los usuarios finales, que se corrijan los errores y defectos encontrados durante las pruebas de aceptación y que los usuarios reciban capacitación y soporte.

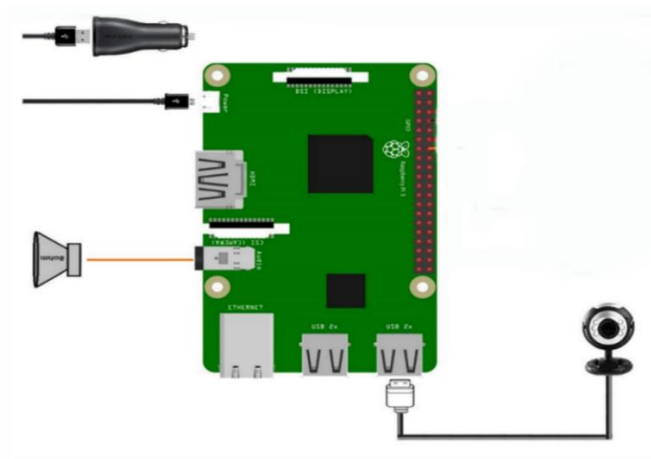
**4.6 Esquema de la propuesta**

La función principal del sistema es detectar y alertar al conductor sobre su estado de somnolencia. Este sistema es implementado en una Raspberry Pi en la cabina del conductor, incluye una cámara web a través del cual se captura el rostro del conductor para su procesamiento mediante métodos de visión artificial, los parámetros fisiológicos que indican la presencia de somnolencia en el conductor. Dependiendo de los parámetros detectados, el sistema emite una alarma sonora que se reproduce como una advertencia.

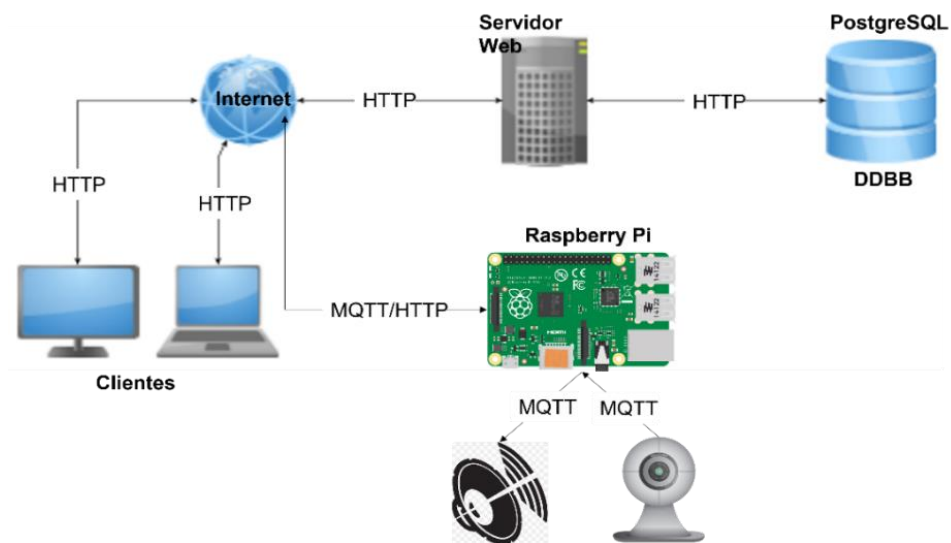
El siguiente esquema muestra de forma general el funcionamiento del sistema.

**Figura 26***Esquema del sistema de detector de somnolencia*

En la figura 6 se presenta un Diagrama de conexión del dispositivo de Raspberry Pi con otros componentes para el funcionamiento del sistema.

**Figura 27***Diagrama de conexión*

En la figura 7 se muestra la comunicación entre el servidor web y la base de datos por medio de la HTTP con los clientes.

**Figura 28***Diagrama de Arquitectura del Sistema*

## 4.7 Fase Inicio

### 4.7.1 Definición de requerimientos

Se mencionan los requisitos de hardware y software necesarios para la implementación del sistema.

#### a) Requerimientos de hardware

Los requisitos de hardware requeridos para desarrollar el sistema se enumeran en la tabla 3 de la factibilidad técnica.

#### b) Requerimientos de software

Se determinarán los requerimientos tanto de hardware como de software necesarios para el desarrollo del sistema.

**Tabla 38***Requerimientos de software*

Sistema	Requerimiento	Herramienta	Tipo licencia
<i>Sistema Escritorio</i>	Herramienta de Programación	Visual Studio Code	Gratuita
	Lenguaje de Programación	Python 3.10.2	Gratuita
	Librería	OpenCV	Gratuita
		Mediapipe	
Landmark Dlib Time Flask			
<i>Sistema Web</i>	Lenguaje de Programación	Python 3.10.2	Gratuita
	Framework	Flask	Gratuita
	Paquetes	flask-sqlalchemy	Gratuita
		psycpg2	
		flask-wtf	
	Base de datos	OpenCV Postgresql	Gratuita
Lenguaje de Programación	Python 3.10.2	Gratuita	

**c) Requerimientos funcionales**

Lista de requerimientos funcionales del sistema.

**Tabla 39***Requerimientos funcionales*

Código	Requerimiento	Descripción	Prioridad
RF001	Validar Sesión	El sistema debe de contar con un inicio de sesión para los siguientes módulos:  1. <i>Plataforma Web</i> El administrador debe de ingresar su usuario y clave para acceder a los controles del sistema.	Alta

<b>Código</b>	<b>Requerimiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Prioridad</b>
		2. <i>Plataforma Escritorio</i> El conductor debe validar la sesión mediante el reconocimiento facial para acceder al sistema de detección de somnolencia.	
RF002	Gestionar Conductores	El sistema debe permitir al administrador poder agregar y modificar los datos de los conductores a través de la plataforma web.	Media
RF003	Inicializar aplicación	El conductor será el encargado de inicializar el sistema de detección de somnolencia de forma automática.	Alta
RF004	Capturar video en tiempo real	El sistema grabará la imagen del conductor a través de la webcam en tiempo real.	Alta
RF005	Detectar características de somnolencia	El sistema debe detectar las características de somnolencia del conductor mediante la detección del rostro, los ojos (ojos cerrados y ojos abiertos) y el bostezo. Las cuáles serán analizadas para determinar y determinadas por el sistema.	Alta

Código	Requerimiento	Descripción	Prioridad
RF006	Determinar estado de somnolencia	El sistema debe determinar el estado de somnolencia, de acuerdo con los parámetros detectados en el rostro del conductor que indiquen presencia de somnolencia.	Alta
RF007	Encender la alarma	Después de determinar el nivel de somnolencia, el sistema emitirá automáticamente una advertencia sonora.	Alta

#### d) Requerimientos no funcionales

Lista de requerimientos no funcionales del sistema.

**Tabla 40**

*Requerimientos no funcionales*

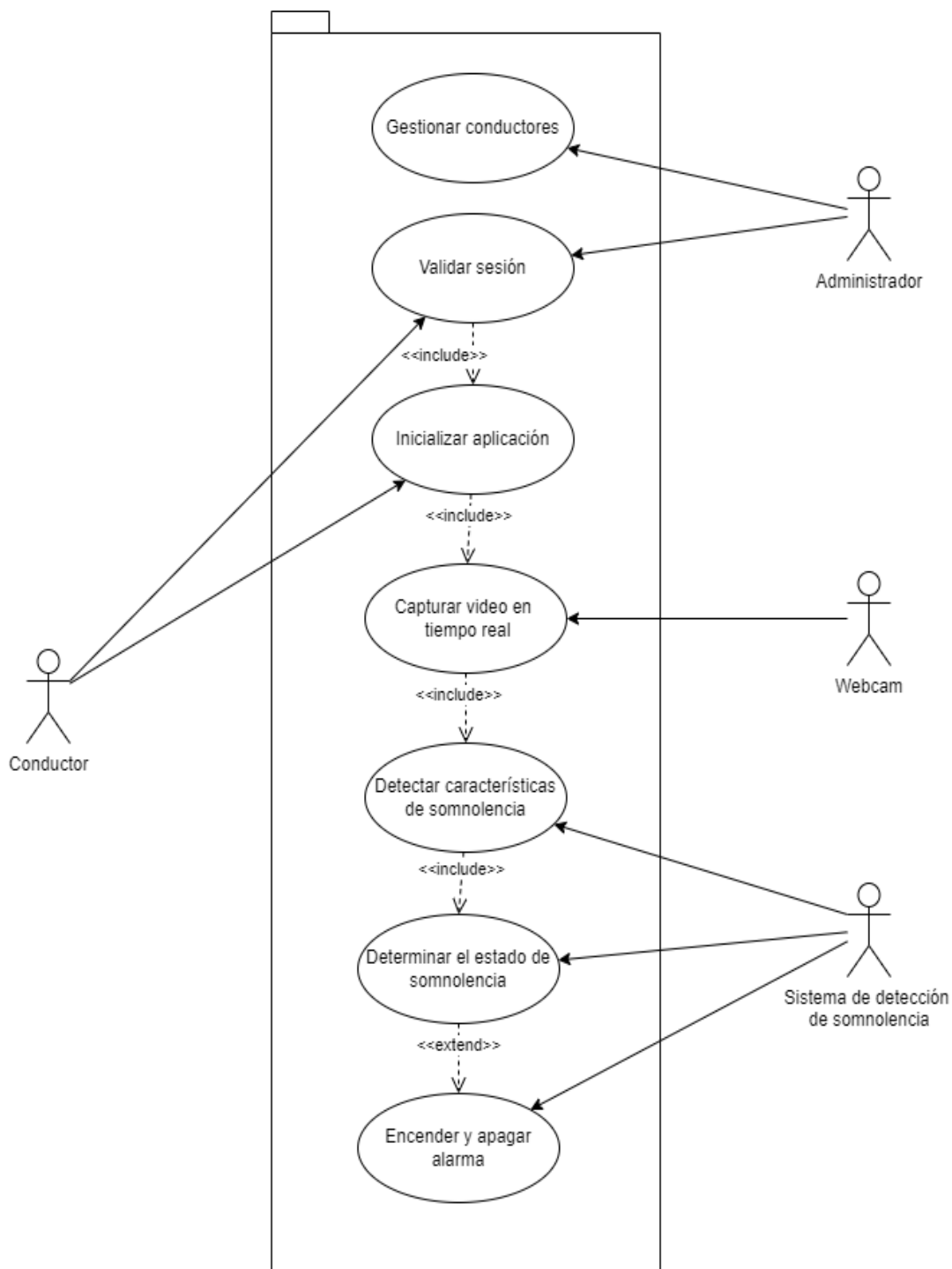
Código	Requerimiento	Descripción
RNF001	Adoptar un enfoque fácil de usar para implementar interfaces.	Las interfaces del sistema deben ser fáciles de usar para que el usuario pueda usarlas fácilmente.
RNF002	La aplicación web debe ser compatible con cualquier navegador excepto Internet Explorer.	El sistema web debe ser compatible con cualquier navegador, preferentemente el navegador preferido del usuario.
RNF003	Posición de la cámara web	La cámara web debe estar bien posicionada al frente del rostro del conductor por debajo a 20 grados y a una distancia de aproximadamente de 60cm para el correcto funcionamiento del sistema.
RNF004	Condiciones de iluminación	Una buena iluminación para el correcto funcionamiento del sistema.

#### 4.7.2 Vistas de Caso de Uso

En la figura 8 se muestra el Diagrama de Caso de Uso general del sistema

**Figura 29**

*Caso de Uso General del Sistema*





### 4.7.3 Descripción de caso de uso

#### a) Descripción del Caso de Uso: CU001 – Validar sesión

**Tabla 41**

*Descripción del Caso de Uso: CU001 – Validar sesión*

ID	CU001	Nombre	Validar sesión
Actor(es)		Conductor y administrador	
Objetivo		El Conductor podrá iniciar sesión mediante el reconocimiento de su rostro y el administrador mediante su correo y contraseña.	
Precondiciones		<ul style="list-style-type: none"> <li>- El Administrador y el Conductor deben estar registrados en la base de datos.</li> <li>- El dispositivo de Raspberry Pi debe estar encendida.</li> <li>- El sistema de detección de somnolencia debe estar activa.</li> </ul>	
Postcondiciones		Iniciar el sistema de detección de somnolencia	

#### Sistema de Escritorio (Conductor)

##### *Flujo de eventos*

Actor	Sistema
1. El Conductor toma la posición dentro del vehículo, ubicándose al frente de la cámara para que enfoque su rostro.	2. El sistema activa la cámara del módulo de Raspberry Pi y empieza a realizar el reconocimiento de su rostro. 3. Realiza una comparación de su rostro con un rostro registrado en la base de datos. 4. Mediante el reconocimiento de rostro se comprueba que no existe un rostro igual al conductor en la base de datos, entonces se inicia el <i>flujo alternativo 01</i> 5. Si se comprueba que, si existe un rostro igual al conductor en la base de datos, entonces se inicia el sistema de manera automática. 6. El flujo del evento ha terminado.

---

**Flujo Alternativo 01**


---

<i>Actor</i>	<i>Sistema</i>
7. El Conductor vuelve a ubicarse al frente de la cámara para que enfoque su rostro.	8. Se inicia el paso 3 del flujo alternativo 01.
	9. Se comprueba que no está registrado en el sistema.
	10. El flujo del evento ha terminado.

---

**Sistema web (Administrador)**


---

*Flujo de eventos*


---

<i>Actor</i>	<i>Sistema</i>
11. El Administrador ingresa al sistema web	12. El sistema devuelve una vista que contiene un título "Iniciar Sesión", con los campos de Correo electrónico y Contraseña, el cual contiene un botón con el nombre de "Iniciar sesión".
13. El usuario llena los campos con los datos solicitados por el sistema.	15. El sistema valida los campos llenados y realiza el proceso de validación.
14. El usuario realiza la acción "Iniciar sesión"	16. Si los campos ingresados no son válidos muestra un mensaje "Su correo o contraseña es incorrecto" o si faltan ingresar se muestra un mensaje de validación "completa este campo"
	17. Muestra un mensaje "Bienvenido al Sistema de detección de somnolencia".
	18. Se redirecciona a la vista principal del inicio del sitio web.
	19. El flujo del evento ha terminado.

---

## Interfaz de usuario

**Figura 30**

Vista web de Inicio de sesión

Iniciar Sesión

Recordarme

INICIAR SESION

Sistema de detección de somnolencia - 2022

*b) Descripción del Caso de Uso: CU002 – Gestionar conductores*

**Tabla 42**

*Descripción del Caso de Uso: CU002 – Gestionar conductores*

ID	CU002	Nombre	Gestionar conductores
Actor(es)	Administrador		
Objetivo	El administrador podrá gestionar los conductores.		
Precondiciones	El administrador debe haber validado sesión.		
Postcondiciones	-		
<b>Sistema web (Administrador)</b>			
<i>Flujo de eventos</i>			
	<i>Actor</i>		<i>Sistema</i>
1.	El Administrador selecciona el menú "Gestionar conductores"	2.	El sistema mostrara una nueva vista con el título principal "Gestión de Conductores", adicionalmente un título pequeño con la palabra "Lista de conductores" y un botón en la parte superior derecha con la palabra "Agregar conductor". También mostrara una tabla de registro de conductores, en la parte superior de la tabla mostrara una lista

- 
- desplegable con la opción que el usuario pueda elegir la cantidad de registros a mostrar, esta tendrá un título "Mostrar" que contiene 10,25,50,100 y Todos, con un mensaje en la parte inferior de la tabla "Mostrando registros del 1 al número dependiendo de la cantidad de registros o la opción que haya seleccionado", junto a el número de la página y dos botones "anterior y siguiente al lado inferior derecho de la tabla, También muestra el campo de "Buscar" y la tabla con el registro de concursos existentes con los títulos: #(Numeración) , DNI, Nombres y Apellidos, Celular, Correo, Estado("Activo", "Inactivo) y Acción el cual contiene tres botones por cada registro con el nombre de "Ver", "Editar" y "Eliminar".
3. El flujo del evento ha terminado.
  4. Si el usuario realiza un clic en el botón "Nuevo Conductor".
  5. Se inicia el *flujo alternativo 01*
  6. Si el usuario realiza un clic en el botón "Ver".
  7. Se inicia el *flujo alternativo 03*
  8. Si el usuario realiza un clic en el botón "Editar" de un registro.
  9. Se inicia el *flujo alternativo 04*
  10. Si el usuario realiza un clic en el botón "Eliminar" de un registro.
  11. Se inicia el *flujo alternativo 05*
  12. Si el usuario desea Buscar un registro.
  13. Se inicia el *flujo alternativo 06*

---

#### Flujo Alternativo 01

---

<i>Actor</i>	<i>Sistema</i>
14. El usuario selecciona el botón "Nuevo Conductor" de la vista actual.	15. El sistema mostrara una nueva vista con el título principal "Gestión de Conductores", adicionalmente está compuesto por dos secciones: "Datos personales del conductor" y "Datos de licencia de conducir".

---

- 
- |   |  |
|---|--|
| 19. El usuario llena los campos con los datos solicitados por el sistema. | 16. La sección “Datos personales del conductor” mostrará los siguientes campos: DNI, Nombres, Apellidos, Celular, Correo, Dirección, Fotografía (de frente).   |
| 20. El usuario realiza la acción “Guardar”                                | 17. La sección “Datos de licencia de conducir”, mostrara los siguientes campos: Numero de licencia, Clase y categoría (Lista desplegable con opciones), Fecha de expedición (tipo fecha) y fecha de revalidación (tipo fecha) y Estado (opción para activar o desactivar). |
|   | 18. Además de mostrar los botones Guardar y Cancelar en la parte inferior.   |
|   | 21. El sistema valida los campos llenados y realiza el proceso de guardado.  |
|   | 22. Si los campos ingresados no son válidos o faltan ingresar se muestra el <i>flujo alternativo 02</i> .  |
|   | 23. Muestra un mensaje “Guardado correctamente”  |
|   | 24. Actualiza la tabla y muestra el registro nuevo.  |
|   | 25. El flujo del evento ha terminado.  |

---

**Flujo Alternativo 02**

---

- | <i>Actor</i>                                  | <i>Sistema</i>   |
|---|--|
| 26. El usuario selecciona la opción “Guardar” | 27. Si los campos se encuentran incompletos se muestra un mensaje de validación “Completa este campo”. |
|   | 28. Se inicia el paso 22 del <i>flujo alternativo 01</i> .   |
|   | 29. El flujo del evento ha terminado.  |

---

**Flujo Alternativo 03**

---

- | <i>Actor</i>                              | <i>Sistema</i>  |
|---|---|
| 30. El usuario selecciona la opción “Ver” | 31. Carga las siguientes secciones:   |
|   | 32. La sección con “Datos personales del conductor” mostrara el DNI, Nombres, Apellidos, Celular, Correo, |
-

---

	Dirección, Fotografía (de frente) y Estado.
33.	La sección “Datos de licencia de conducir”, mostrara los siguientes campos: Numero de licencia, Clase, Categoría, Fecha de expedición y fecha de revalidación.
34.	Además de mostrar un botón con opción a regresar.
35.	El flujo del evento ha terminado.

---

#### Flujo Alternativo 04

<i>Actor</i>	<i>Sistema</i>
36. El usuario selecciona la opción “Editar” de un registro.	37. El sistema mostrara una nueva vista con el título principal “Gestión de Conductores”, adicionalmente está compuesto por dos secciones: “Datos personales del conductor” y “Datos de licencia de conducir”.
	38. La sección “Datos personales del conductor” mostrará los siguientes campos editables: DNI, Nombres, Apellidos, Celular, Correo, Dirección, Fotografía (de frente) y Estado (opción para activar o desactivar).
	39. La sección “Datos de licencia de conducir”, mostrara los siguientes campos editables: Numero de licencia, Clase y categoría (Lista desplegable con opciones), Fecha de expedición (tipo fecha) y fecha de revalidación (tipo fecha).
	40. Además de mostrar los botones Guardar y Cancelar en la parte inferior.
	41. El flujo del evento ha terminado.

#### Flujo Alternativo 05

<i>Actor</i>	<i>Sistema</i>
42. El usuario selecciona la opción “Eliminar” de un registro.	43. Devuelve un mensaje de alerta que contiene un icono de alerta, un título con la palabra “¿Estás seguro?”, una descripción con la palabra “Se borrara de forma permanente”, además de dos botones de “Si, bórralo” y “Cancelar”

---

- |  |   |
|--|---|
| <p>44. El usuario selecciona el botón “Si, bórralo”</p> <p>47. El usuario selecciona el botón “Cancelar”</p> | <p>45. Realiza una búsqueda en la tabla de registro de conductores y procede con la eliminación.</p> <p>46. El flujo del evento ha terminado.</p> <p>48. Regresa a la posición inicial</p> <p>49. El flujo del evento ha terminado.</p> |
|--|---|

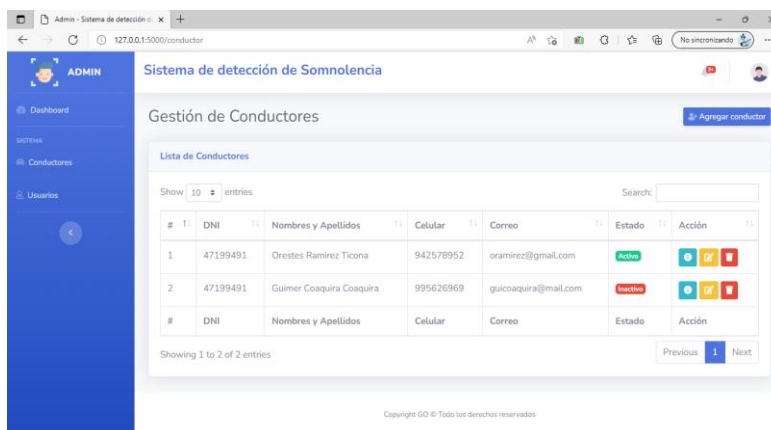
**Flujo Alternativo 06**

- | <i>Actor</i>   | <i>Sistema</i>  |
|--|---|
| <p>50. El usuario digita por DNI, Nombres, Apellidos, Correo y Estado en la caja de texto a lado de la palabra Buscar.</p> | <p>51. Realiza la búsqueda en la tabla Registro de Conductores y devuelve una lista con los parámetros de búsqueda ingresados.</p> <p>52. El flujo del evento ha terminado.</p> |

**Interfaz de usuario**

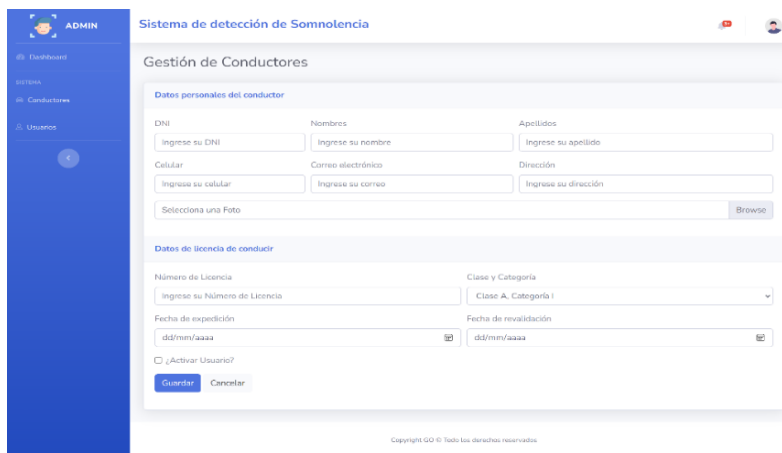
**Figura 31**

*Vista de Listado de Conductores*



**Figura 32**

*Vista de Agregar nuevo conductor*



**Figura 33**

Vista de Ver detalle conductor



c) Descripción del Caso de Uso: CU003 – Inicializar aplicación

**Tabla 43**

Descripción del Caso de Uso: CU003 – Inicializar aplicación

ID	CU003	Nombre	Inicializar aplicación
Actor(es)		Conductor	
Objetivo		El Conductor podrá inicializar la aplicación.	
Precondiciones		<ul style="list-style-type: none"> <li>- El Conductor debió haber validado su identidad mediante el reconocimiento facial.</li> <li>- El Sistema debe estar encendida</li> </ul>	
Postcondiciones		El sistema enciende la cámara de la Raspberry Pi	

<b>Sistema de escritorio (Conductor)</b>	
<i>Flujo de eventos</i>	
<i>Actor</i>	<i>Sistema</i>
1. El Conductor realiza el saludo colocando la palma de su mano frente a la cámara de la Raspberry Pi antes de iniciar su ruta	2. El sistema detecta la palma de su mano. 3. Se inicializa el sistema de detección de somnolencia. 4. El flujo del evento ha terminado.



d) *Descripción del Caso de Uso: CU003 – Capturar video en tiempo real*

**Tabla 44**

*Descripción del Caso de Uso: CU003 – Capturar video en tiempo real*

ID	CU003	Nombre	Capturar video en tiempo real
Actor(es)		Webcam	
Objetivo		La Webcam podrá iniciar con la captura del video en tiempo real.	
Precondiciones		El Conductor debió haber iniciado la aplicación	
Postcondiciones		-	
<b>Sistema de escritorio (Conductor)</b>			
<i>Flujo de eventos</i>			
	<i>Actor</i>		<i>Sistema</i>
	1. La webcam inicia con la captura del video en tiempo real	2. El sistema acepta la captura del video para procesarlo y obtener características de somnolencia.	
		3. El flujo del evento ha terminado.	

e) *Descripción del Caso de Uso: CU004 – Detectar características de somnolencia*

**Tabla 45**

*Descripción del Caso de Uso: CU004 – Detectar características de somnolencia*

ID	CU001	Nombre	Detectar características de somnolencia
Actor(es)		Sistema	
Objetivo		El sistema deberá detectar características de somnolencia de acuerdo con las características obtenidas de los tipos de detección	
Precondiciones		- El Conductor debe inicializar el sistema - La cámara debe estar encendida	
Postcondiciones		- Determinar el estado de somnolencia para activar la alarma	
<b>Sistema de escritorio (Conductor)</b>			
<i>Flujo de eventos</i>			
	<i>Actor</i>		<i>Sistema</i>
	1. Si el conductor presenta síntomas de somnolencia.	2. El sistema detecta el rostro del conductor bajo las librerías de opencv y dlib.	

- |   |   |
|---|---|
|   | 3. El sistema muestra como resultado el contorno de área del rostro de color verde.   |
|   | 4. El sistema muestra como resultado los 68 puntos de la pirámide HOG de color rojo en los límites del área de la cara.           |
|   | 5. El sistema reiniciara el contador de la detección de características de somnolencia de los ojos y el bostezo cada 60 segundos. |
| 6. Si el conductor empieza a parpadear. | 7. Se inicia el <i>flujo alternativo 01</i>   |
| 8. Si el conductor empieza a bostezar   | 9. Se inicia el <i>flujo alternativo 02</i>   |
| 10. Si el conductor se distrae          | 11. Se inicia el <i>flujo alternativo 03</i>  |

---

**Flujo Alternativo 01**

---

<i>Actor</i>	<i>Sistema</i>
12. Si el conductor empieza a parpadear.	13. El sistema presenta 6 coordenadas(x,y) por cada ojo, comenzando desde la esquina izquierda del ojo y luego contando en sentido horario alrededor del ojo. Los puntos se representan de color rojo y que están unidas por líneas de color verde.
	14. El flujo del evento ha terminado.

---

**Flujo Alternativo 02**

---

<i>Actor</i>	<i>Sistema</i>
15. Si el conductor empieza a bostezar	16. Sistema detecta el grado de apertura y cierre de la boca en el que se toma 6 seis puntos de referencia de 20 puntos de las coordenadas contando en sentido horario alrededor de la boca, formando una figura espiral.
	17. El flujo del evento ha terminado.

---

f) *Descripción del Caso de Uso: CU005 – Determinar el estado de somnolencia*

**Tabla 46**

*Descripción del Caso de Uso: CU005 – Determinar el estado de somnolencia*

ID	CU001	Nombre	Determinar el estado de somnolencia
Actor(es)		Sistema	
Objetivo		El sistema deberá determinar el estado de somnolencia de acuerdo con las características obtenidas de los tipos de detección	
Precondiciones		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Debió detectarse las características de somnolencia</li> <li>- La cámara debe estar encendida.</li> </ul>	
Postcondiciones		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Emitir señal de alarma al conductor</li> <li>- Enviar a la base de datos los parámetros de somnolencia</li> </ul>	
<b>Sistema de escritorio (Conductor)</b>			
<b>Flujo de eventos</b>			
	<i>Actor</i>		<i>Sistema</i>
	1. El conductor se encuentra con síntomas de somnolencia.	2.	El sistema detecta analiza y determina el origen de los rasgos de estado de somnolencia obtenidas en la detección del rostro, los ojos y el bostezo.
		3.	El sistema cada 60 segundos envía los siguientes datos al base de datos: Identificador del conductor, Fecha y hora de captura de la hora del sistema, numero de parpadeos, numero de bostezos y el estado de la alarma.
	4. Si se detecta rasgos de somnolencia en los ojos del conductor.	5.	Se inicia el <i>flujo alternativo 01</i>
	6. Si se detecta que el conductor se encuentra bostezando.	7.	Se inicia el <i>flujo alternativo 02</i>
	8. Si se detecta que el conductor está perdiendo el foco de manejo.	9.	Se inicia el <i>flujo alternativo 03</i>

---

**Flujo Alternativo 01**


---

<i>Actor</i>	<i>Sistema</i>
10. Si se detecta rasgos de somnolencia en los ojos del conductor.	11. El sistema determina bajo el concepto EAR y la distancia de los 6 puntos del ojo para juzgar si hay un comportamiento parpadeante. Los puntos clave para representar los ojos son: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Del punto 37 al punto 42: ojo derecho</li> <li>- Del punto 43 al punto 48: ojo izquierdo</li> </ul>
	12. El sistema determinara si el ojo del conductor se encuentra cerrado o abierto de acuerdo a la siguiente función: $EAR = ((P2 - P6) + (P3 - P5)) / 2(P1 - P4)$
13. Si conductor tiene el EAR inferior a 0.25	14. El sistema lo juzga como ojos cerrados.
15. Si conductor tiene EAR inferior a 0.25 y dura más de 0.4 segundos	16. El sistema lo determina como un rasgo de cansancio, ya que cada parpadeo de una persona es de aproximadamente de 0,2 a 0,4.
17. Si conductor tiene más de 15 parpadeos por minuto	18. El sistema lo juzga como un rasgo de cansancio y determina como somnolencia. Los ojos de las personas normales parpadean de 10 a 15 veces por minuto, y cada parpadeo es de aproximadamente 0,2 a 0,4 segundos.
	19. El flujo del evento ha terminado.

---

**Flujo Alternativo 02**


---

<i>Actor</i>	<i>Sistema</i>
20. Si se detecta que el conductor se encuentra bostezando.	21. El sistema determina bajo el concepto MAR y la distancia de los 6 puntos de referencia de la boca para juzgar si hay un comportamiento de bostezo. Los puntos clave para representar la boca son del punto 49 al punto 68

---

22. El sistema determinara si el conductor está bostezando de acuerdo con la siguiente función:  

$$MAR = \frac{1}{2} * [(y51 + y53) - (y59 + y57)] / (x55 - x49)$$
23. Si conductor tiene el MAR superior a 0.5
24. El sistema lo juzga como un bostezo.
25. Si conductor tiene el MAR superior a 0,5 y dura más de 0,4 segundos
26. El sistema lo determina como un rasgo de cansancio, ya que cada bostezo de una persona es de aproximadamente de 0,2 a 0,4.
27. Si conductor tiene más de 15 bostezos por minuto
28. El sistema lo juzga como un rasgo de cansancio y determina como somnolencia.
29. El flujo del evento ha terminado.

g) *Descripción del Caso de Uso: CU005 – Encender y Apagar alarma*

**Tabla 47**

*Descripción del Caso de Uso: CU005 – Encender y Apagar alarma*

ID	CU001	Nombre	Encender y Apagar Alarma
Actor(es)		Sistema	
Objetivo		El sistema deberá Encender Alarma en cuanto se detecte rasgos de somnolencia en el rostro del conductor.	
Precondiciones		El sistema debió determinar el estado de somnolencia	
Postcondiciones		- Apagar Alarma	
<b>Sistema de escritorio (Conductor)</b>			
<b>Flujo de eventos</b>			
	<i>Actor</i>		<i>Sistema</i>
1.	Se determina que conductor presenta somnolencia.	2.	El sistema enciende la alarma sonora.
		3.	El sistema envía cada 60 segundos a la base de datos el estado de la alarma, si alarma fue emitido se envía como TRUE y si no fue emitido FALSE.
4.	Si el conductor no responde a la alarma.	5.	Se inicia el <i>flujo alternativo 01</i>
6.	Si el conductor responde a la alarma.	7.	Se inicia el <i>flujo alternativo 02</i>

Flujo Alternativo 01	
Actor	Sistema
8. Si el conductor no responde a la alarma	9. Sistema continúa emitiendo señales de alerta sonora al conductor. 10. El sistema emitirá la alarma sonará por 15 segundos, pasado el tiempo la alarma se desactivará de forma automática. 11. El flujo del evento ha terminado.
Flujo Alternativo 02	
Actor	Sistema
12. Si el conductor responde a la alarma	13. Sistema seguirá ejecutándose normalmente hasta encontrar síntomas de somnolencia. 14. El flujo del evento ha terminado.

### Interfaz de usuario

**Figura 34**

*Vista de Sistema de Escritorio*



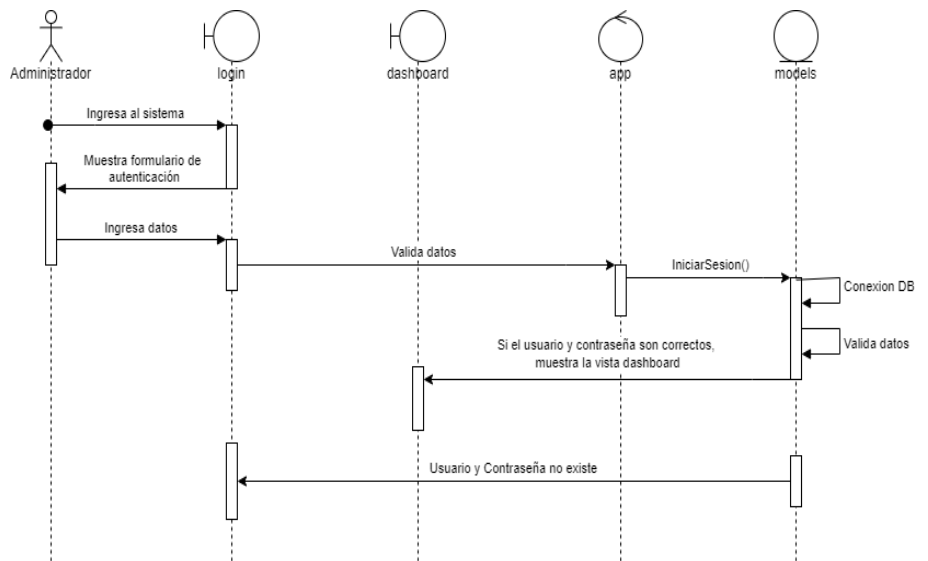
## 4.8 Fase Elaboración

### 4.8.1 Diagrama de Secuencia

#### a) Diagrama de Secuencia CU001 – Validar Sesión

**Figura 35**

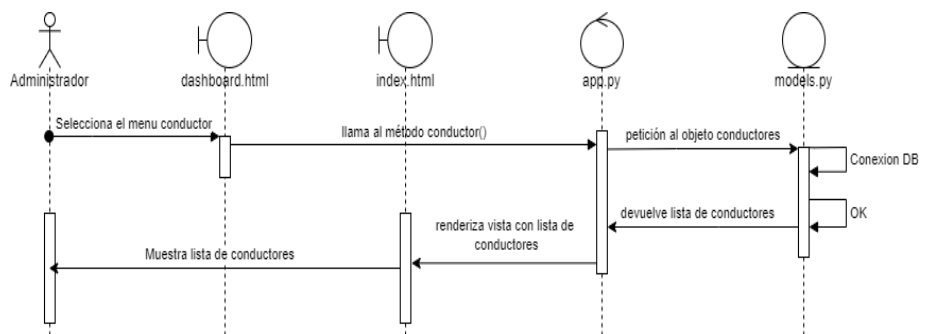
*Diagrama de Secuencia CU001 – Validar sesión*



#### b) Diagrama de Secuencia CU002 – Gestionar Conductores

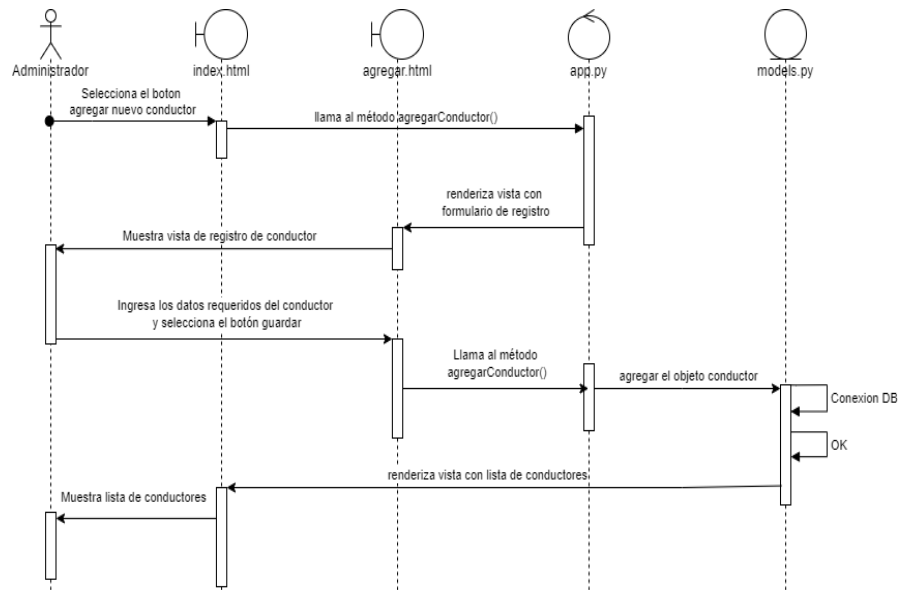
**Figura 36**

*Diagrama de secuencia CU002 – Gestionar Conductores (Lista)*



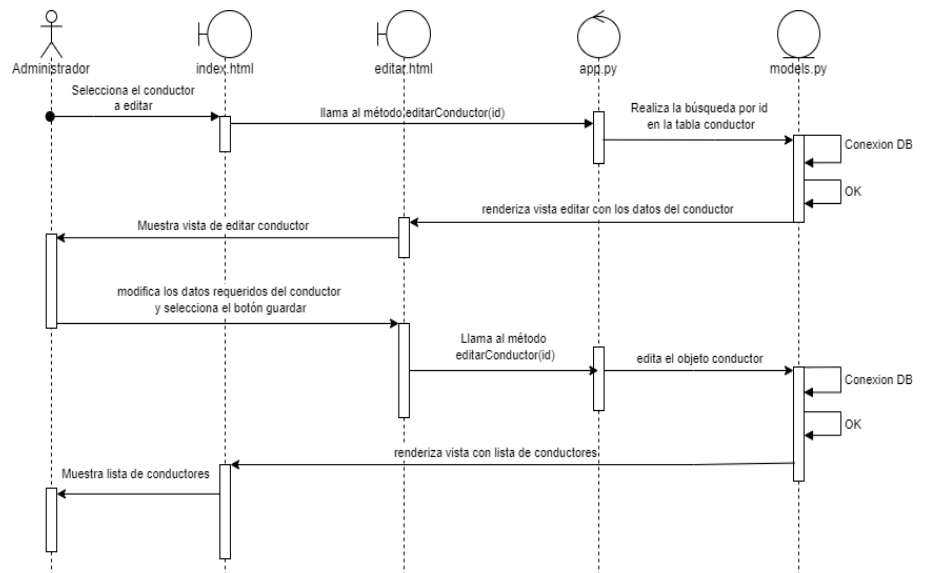
**Figura 37**

*Diagrama de secuencia CU002 – Gestionar Conductores (Agregar)*



**Figura 38**

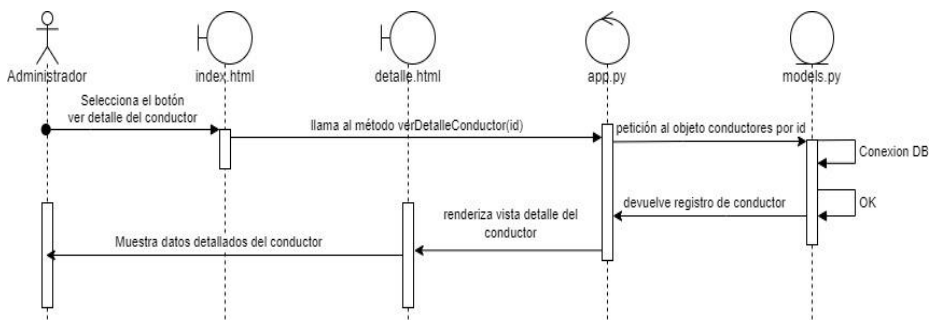
*Diagrama de secuencia CU002 – Gestionar Conductores (editar)*





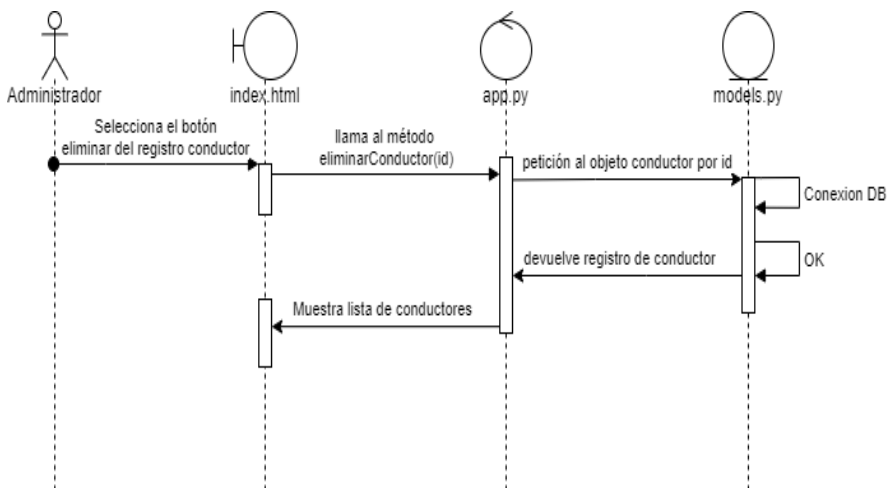
**Figura 39**

*Diagrama de secuencia CU002 – Gestionar Conductores (detalle)*



**Figura 40**

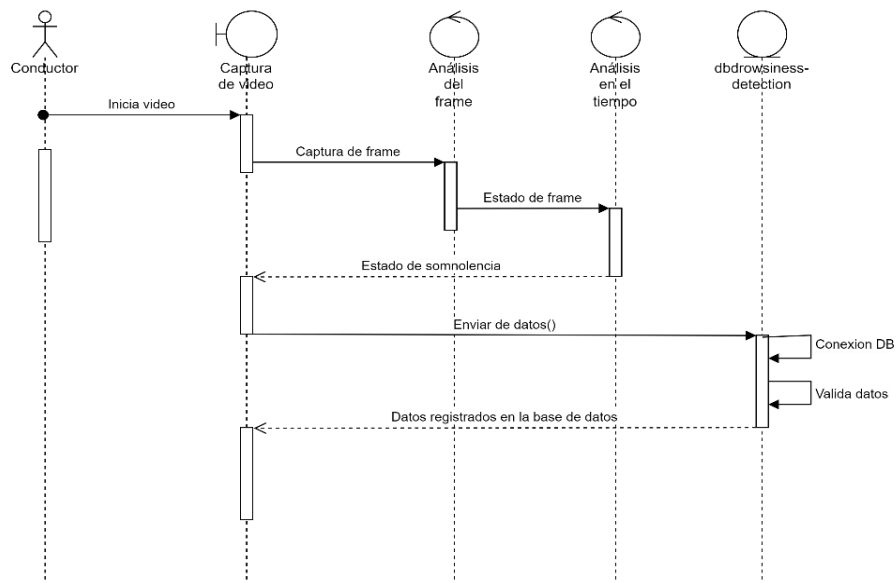
*Diagrama de secuencia CU002 – Gestionar Conductores (eliminar)*



c) Diagrama de Secuencia – Sistema de detección

**Figura 41**

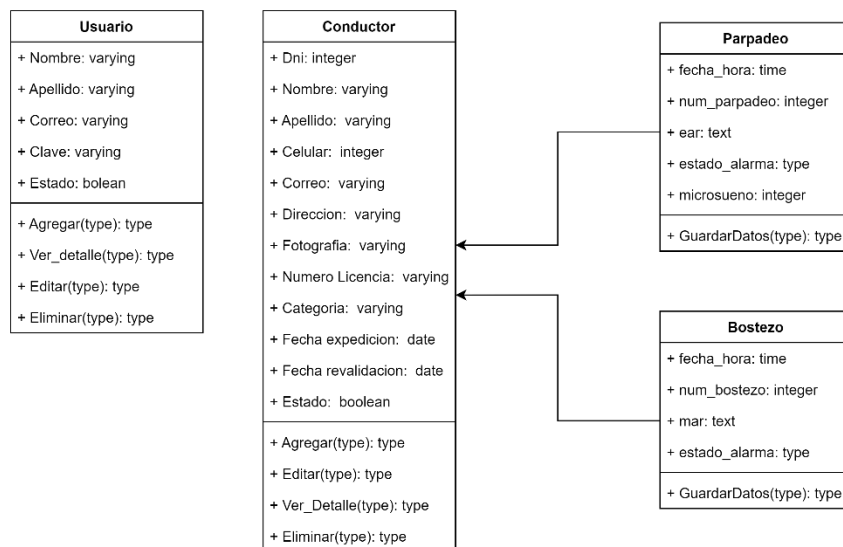
*Diagrama Secuencia de Sistema de Detección*



**4.8.2 Diagrama de Clases**

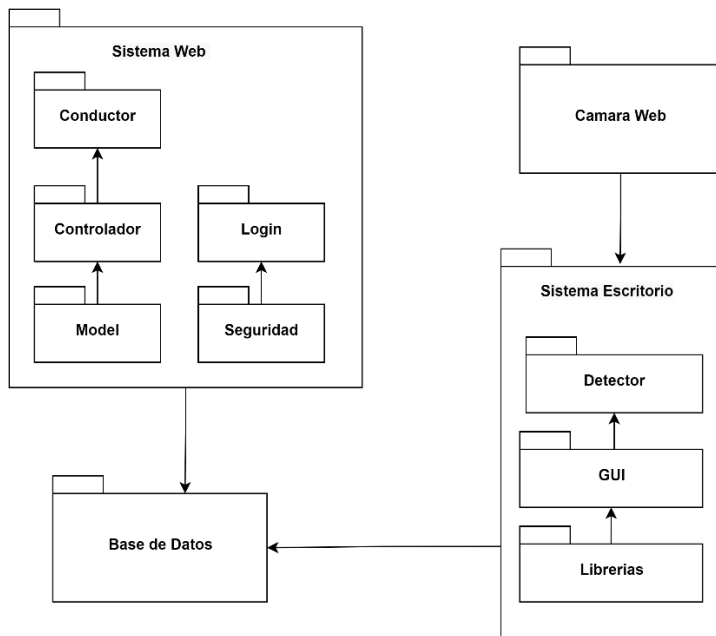
**Figura 42**

*Diagrama de Clases*



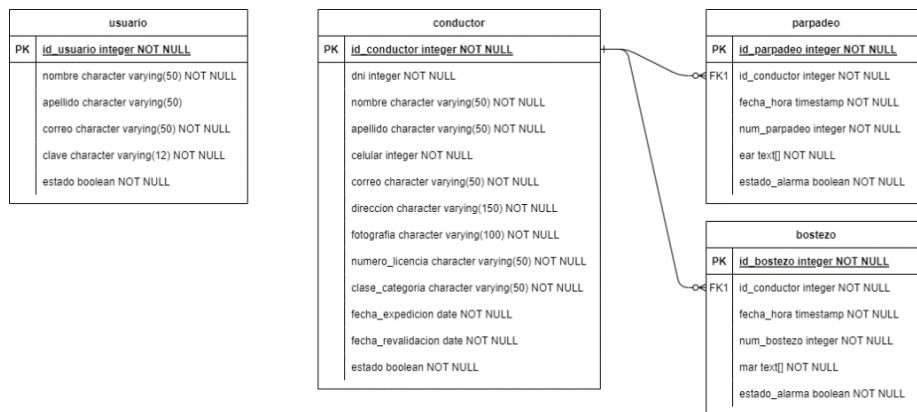
### 4.8.3 Diagrama de Paquetes

**Figura 43**  
Diagrama De Paquetes



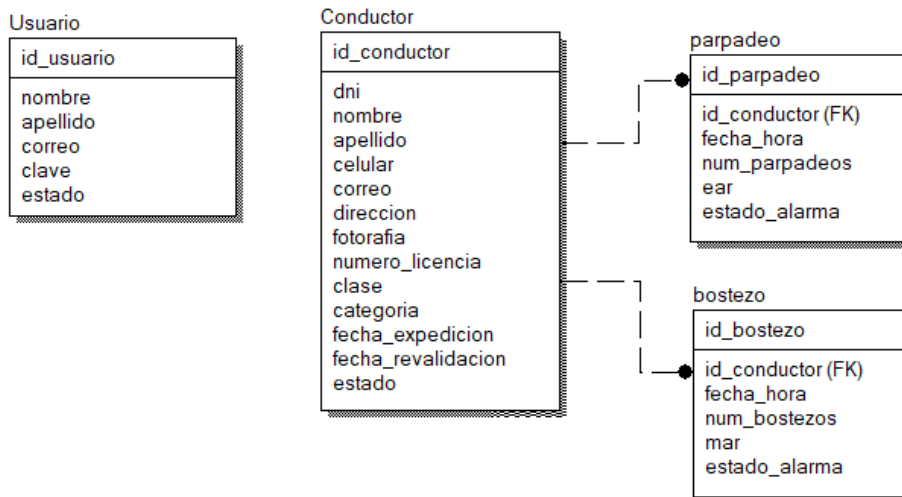
### 4.8.4 Diagrama Entidad Relación Vista Lógica

**Figura 44**  
Diagrama ER Vista Lógica



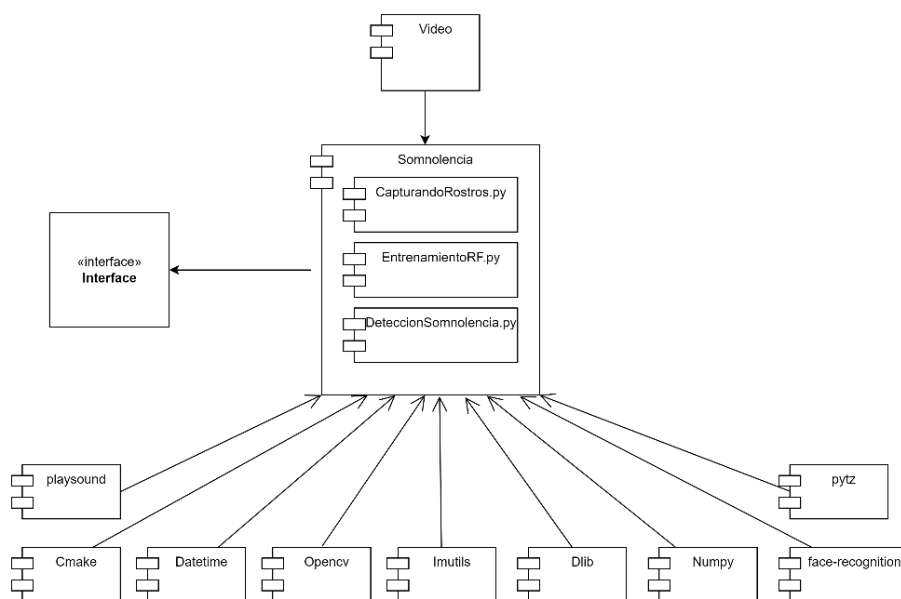
### 4.8.5 Diagrama Entidad Relación Vista Física

**Figura 45**  
Diagrama ER Vista Física



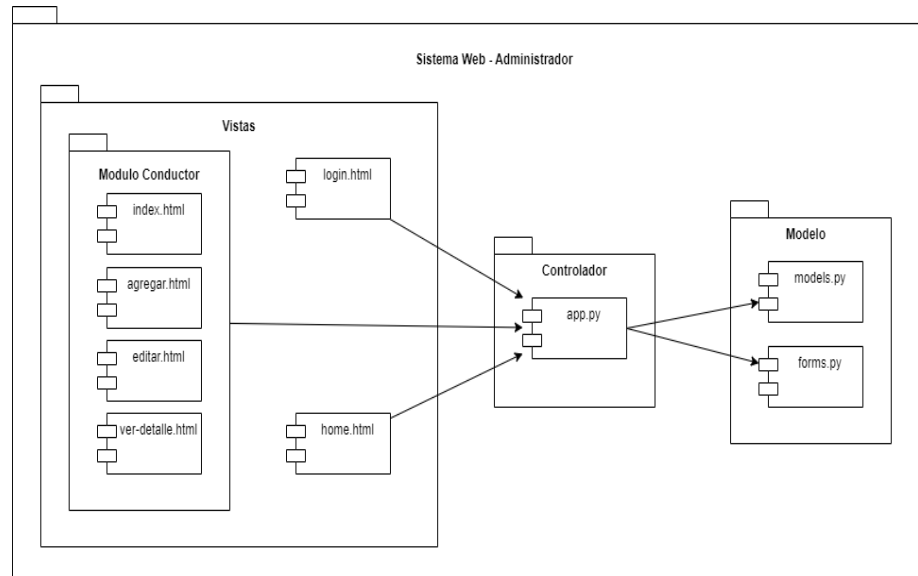
### 4.8.6 Diagrama de Componentes

**Figura 46**  
Diagrama de Componentes Escritorio



**Figura 47**

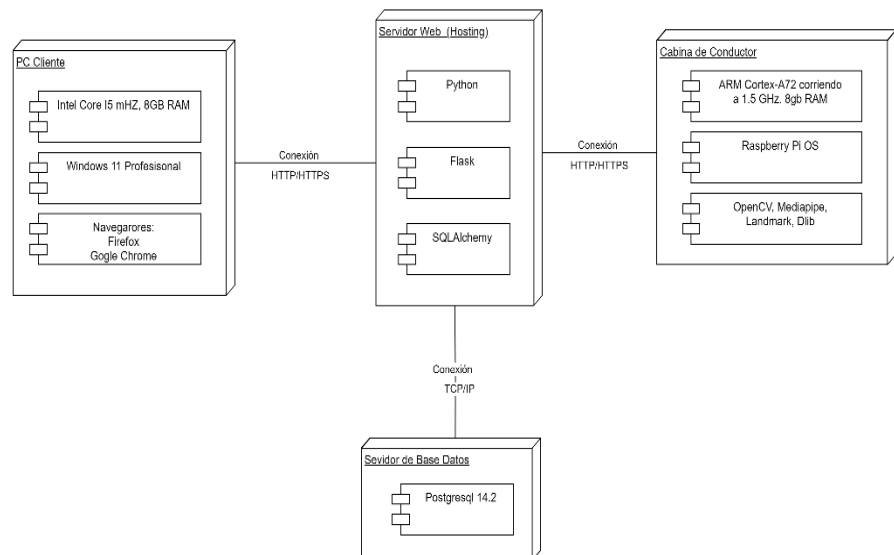
*Diagrama de Componentes Web*



**4.8.7 Diagrama de Despliegue**

**Figura 48**

*Diagrama de Despliegue*



## 4.9 Fase Implementación

En esta sección se da a conocer sobre el proceso de desarrollo del sistema de detección de somnolencia tanto para la parte web y escritorio. Aquí se encuentran los pasos del proceso de desarrollo:

### 4.9.1 Sistema Web.

#### a) Configuración del entorno de desarrollo web

- Se descargó Visual Studio Code, como editor de código fuente independiente para la plataforma Windows, en la versión más estable y se usó la versión 1.64.
- Se realizó la descarga e instalación del lenguaje de programación Python en la versión 3.10.4
- Se descargó e instaló PostgreSQL, también conocido como Postgres, es un sistema de gestión de bases de datos relacionales orientado a objetos y es de código abierto.
- Se instalaron las siguientes librerías en el entorno virtual:
  - *flask*: Es un framework minimalista escrito en Python que permite crear aplicaciones web.
  - *flask-sqlalchemy*: Es una extensión de Flask que agrega soporte para SQLAlchemy a su aplicación.
  - *flask-migrate*: Es una extensión que maneja las migraciones de bases de datos SQLAlchemy para aplicaciones Flask que usan Alembic.
  - *psycopg2*: Es un adaptador de bases de datos PostgreSQL más popular para el lenguaje de programación Python.
  - *flask-wtf*: es una extensión de Flask que nos permite trabajar con la librería WTForm de python, que nos facilita la generación y validación de formularios HTML.
  - *flask-bs4*: Incluye Bootstrap4 en el proyecto Flask

b) Creación de la base de datos y las tablas

Mediante la extensión Flask-SQLAlchemy se realizó la integración de la base de datos con el nombre “drowsiness-detection” y las tablas de (usuario, conductor, parpadeo y bostezo).

**Figura 49**

*Script de la Base de datos del sistema*

```

-- Creacion de la Base de datos
-- drowsiness-detection
CREATE DATABASE drowsiness-detection

-- Tabla usuario
CREATE TABLE usuario(
  ID serial NOT NULL primary key,
  NOMBRE varchar(50) NOT NULL,
  APELLIDO varchar(50),
  CORREO varchar(50) NOT NULL,
  CLAVE varchar(12) NOT NULL
);

-- Tabla conductor
CREATE TABLE conductor
(
  ID_CONDUCTOR serial NOT NULL primary key,
  DNI integer NOT NULL,
  NOMBRE varchar(50) NOT NULL,
  APELLIDO varchar(50) NOT NULL,
  CELULAR integer NOT NULL,
  CORREO varchar(50) NOT NULL,
  DIRECCION varchar(150) NOT NULL,
  FOTOGRAFIA varchar(50) NOT NULL,
  NUMERO_LICENCIA varchar(50) NOT NULL,
  CLASE_CATEGORIA varchar(50) NOT NULL,
  FECHA_EXPEDICION date,
  FECHA_REVALIDACION date,
  ESTADO boolean
);

-- Tabla parpadeo
CREATE TABLE parpadeo
(
  ID_PARPADO serial NOT NULL primary key,
  ID_CONDUCTOR integer NOT NULL,
  FECHA_HORA timestamp NOT NULL,
  NUM_PARPADO integer NOT NULL,
  EAR text[] NOT NULL,
  ESTADO_ALARMA boolean NOT NULL,
  CONSTRAINT parpadeo_conductor_fkey FOREIGN KEY (id_conductor)
  REFERENCES public.conductor (id_conductor) MATCH SIMPLE
  ON UPDATE CASCADE
  ON DELETE CASCADE
  NOT VALID
);

-- Tabla bostezo
CREATE TABLE bostezo
(
  ID_BOSTEZO serial NOT NULL primary key,
  ID_CONDUCTOR integer NOT NULL,
  FECHA_HORA timestamp NOT NULL,
  NUM_BOSTEZO integer NOT NULL,
  MAR text[] NOT NULL,
  ESTADO_ALARMA boolean NOT NULL,
  CONSTRAINT bostezo_conductor_fkey FOREIGN KEY (id_conductor)
  REFERENCES public.conductor (id_conductor) MATCH SIMPLE
  ON UPDATE CASCADE
  ON DELETE CASCADE
  NOT VALID
);

```

### c) Estructura del sistema

Se creó una estructura dividiendo por módulos de manera que el mantenimiento de la aplicación resulte más sencillo. Por ejemplo, un módulo para crear y arrancar la aplicación y definir las vistas, un módulo para los modelos, un módulo para los formularios.

**Figura 50**

*Estructura del sistema de detección de somnolencia*

The screenshot shows the Visual Studio Code interface with the Explorer on the left and the Code Editor on the right. The Explorer shows a project named 'SISTEMAWEB' with the following structure:

- static
- templates
  - admin
    - static
    - css
    - fonts
    - img
    - js
    - sass
    - templates
  - conductor
    - agregar.html
    - detalle.html
    - editar.html
    - index.html
  - usuario
    - agregar.html
    - detalle.html
    - editar.html
    - index.html
    - base.html
    - dashboard.html
    - login.html
- venv
  - app.py
  - database.py
  - forms.py
  - models.py

The Code Editor shows the content of 'app.py' with the following code:

```

1 from flask import Flask, render_template, request, url_for
2 from flask_migrate import Migrate
3 from werkzeug.utils import redirect
4 from database import db
5
6 #Importando model y forms para usuario
7 from forms import UsuarioForm
8 from forms import LoginForm
9 from models import Usuario
10
11 #Importando model y forms para Conductor
12 from models import Conductor
13 from forms import ConductorForm
14
15 app = Flask(__name__)
16
17 #Configuracion de la base de datos
18
19 USER_DB = 'postgres'
20 PASS_DB = 'admin'
21 URL_DB = 'localhost'
22 NAME_DB = 'drowsiness-detection'
23
24 FULL_URL_DB = f'postgresql://{USER_DB}:{PASS_DB}@{URL_DB}/{NAME_DB}'
25
26 app.config['SQLALCHEMY_DATABASE_URI'] = FULL_URL_DB
27 app.config['SQLALCHEMY_TRACK_MODIFICATIONS'] = False
28
29 #Inicializacion del objeto db de sqlalchemy

```

### d) Interfaces de usuario

Se creó las interfaces de usuario del sistema web de detección de somnolencia.

**Figura 51**

*Vista de Inicio de sesión*

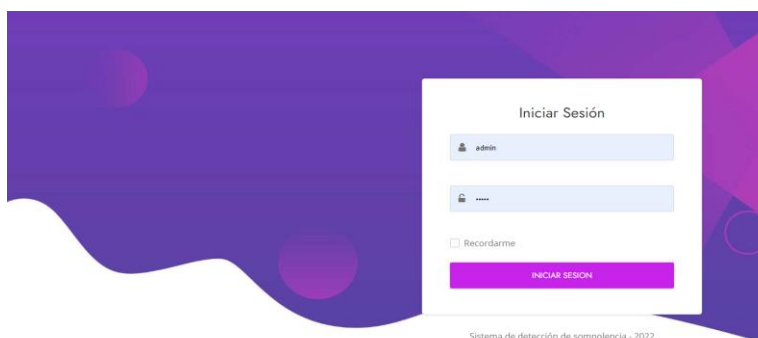




Figura 52

## Vista de Listado de usuarios

Sistema de detección de Somnolencia

Gestión de Usuarios

Lista de Usuarios

Show 10 entries

#	Nombres	Apellidos	Correo	Estado	Acción
1	Orestes	Ramirez Ticona	oramirez@gmail.com	Activo	<a href="#">+</a> <a href="#">-</a> <a href="#">x</a>
2	Guimer	Coaquira Coaquira	gcoaquira@gmail.com	Activo	<a href="#">+</a> <a href="#">-</a> <a href="#">x</a>
3	Valerio	Chura Urquiza	Valeriochura4@gmail.com	Inactivo	<a href="#">+</a> <a href="#">-</a> <a href="#">x</a>
#	Nombres	Apellidos	Correo	Estado	Acción

Showing 1 to 3 of 3 entries

Previous 1 Next

Copyright GO © Todos los derechos reservados

Figura 53

## Vista de Agregar nuevo usuario

Sistema de detección de Somnolencia

Gestión de Usuarios

Datos del Usuario

Nombres: Ingrese su nombre

Apellidos: Ingrese su apellido

Correo electrónico: Ingrese su correo

Contraseña: Ingrese su contraseña

¿Activar Usuario?

[Guardar](#) [Cancelar](#)

Copyright GO © Todos los derechos reservados

Figura 54

## Vista de Listado de Conductores

Sistema de detección de Somnolencia

Gestión de Conductores

Lista de Conductores

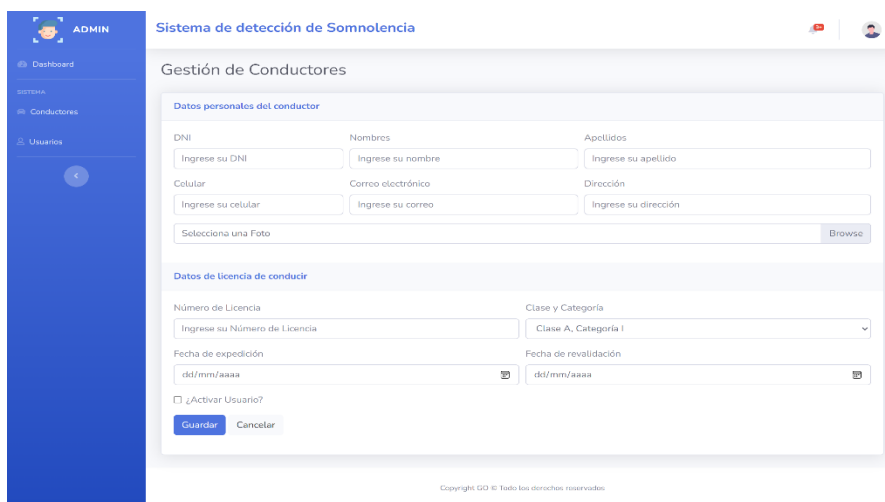
Show 10 entries

#	DNI	Nombres y Apellidos	Celular	Correo	Estado	Acción
1	47199491	Orestes Ramirez Ticona	942578952	oramirez@gmail.com	Activo	<a href="#">+</a> <a href="#">-</a> <a href="#">x</a>
2	47199491	Guimer Coaquira Coaquira	995626969	guicoaquira@mail.com	Inactivo	<a href="#">+</a> <a href="#">-</a> <a href="#">x</a>
#	DNI	Nombres y Apellidos	Celular	Correo	Estado	Acción

Showing 1 to 2 of 2 entries

Previous 1 Next

Copyright GO © Todos los derechos reservados

**Figura 55***Vista de Detalle de Conductor***Figura 56***Vista de Agregar nuevo conductor***4.9.2 Sistema Escritorio.***a) Configuración del entorno de desarrollo para escritorio*

- Se descargó Visual Studio Code, como editor de código fuente independiente para la plataforma Windows, en la versión más estable y se usó la versión 1.64.
- Se realizó la descarga e instalación del lenguaje de programación Python en la versión 3.10.4
- Se descargó e instaló PostgreSQL.
- Se instalaron las siguientes librerías en el entorno virtual:
  - *scipy*: Es una biblioteca gratuita y de código abierto de herramientas y algoritmos matemáticos.

- *imutils*: Una serie de funciones convenientes para hacer que las funciones básicas de procesamiento de imágenes, como traducción, rotación, etc.
- *winsound*: Es un módulo que brinda acceso a la maquinaria básica de reproducción de sonido proporcionada por las plataformas Windows.
- *numpy*: Es una biblioteca para crear grandes matrices y vectores multidimensionales, así como un gran conjunto de funciones matemáticas de alto nivel.
- *os*: Este módulo provee una manera versátil de usar funcionalidades dependientes del sistema operativo.
- *dlib*: Es utilizado principalmente para la detección de rostros y la detección de puntos de referencia faciales.
- *matplotlib*: Es una biblioteca para crear gráficos a partir de datos en listas o matrices utilizando el lenguaje de programación Python.
- *psycopg2*: Es el adaptador de base de datos PostgreSQL.
- *pytz*: Esta biblioteca permite cálculos de zona horaria precisos y multiplataforma.

#### b) *Captura de rostros*

El módulo de captura de rostros es una técnica que permite encontrar en una imagen el rostro o cara de una persona ignorando el fondo de la imagen u otros objetos. Para la implementación se usó OpenCV y un clasificador Haar Cascades “haarcascade\_frontalface\_default.xml”.

**Figura 57***Código fuente de captura de rostros*

```

import imp
import cv2
import os
import imutils

personName = 'Guimer Coaquira'
dataPath = 'C:/proyecto/fotos'
personPath = dataPath + '/' + personName

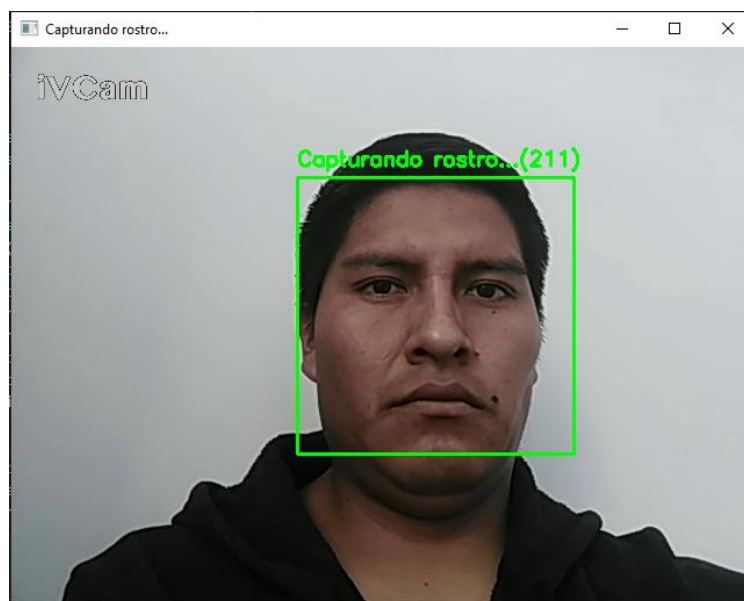
if not os.path.exists(personPath):
    print('Carpeta creada: ', personPath)
    os.makedirs(personPath)

cap = cv2.VideoCapture(1)

faceClassif = cv2.CascadeClassifier(cv2.data.haarcascades + 'haarcascade_frontalface_default.xml')
count = 0

while True:
    ret, frame = cap.read()
    if ret == False: break
    frame = imutils.resize(frame, width=640)
    gray = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
    auxFrame = frame.copy()
    faces = faceClassif.detectMultiScale(gray,1.3,5)
    for (x,y,w,h) in faces:
        cv2.rectangle(frame, (x,y),(x+w,y+h),(0,255,0),2)
        rostro = auxFrame[y:y+h,x:x+w]
        rostro = cv2.resize(rostro,(150,150),interpolation=cv2.INTER_CUBIC)
        cv2.imwrite(personPath + '/rostro_{}.jpg'.format(count),rostro)
        count = count + 1
    cv2.imshow('Capturando rostro...',frame)
    k = cv2.waitKey(1)
    if k == 27 or count >= 300:
        break
    cap.release()
    cv2.destroyAllWindows()

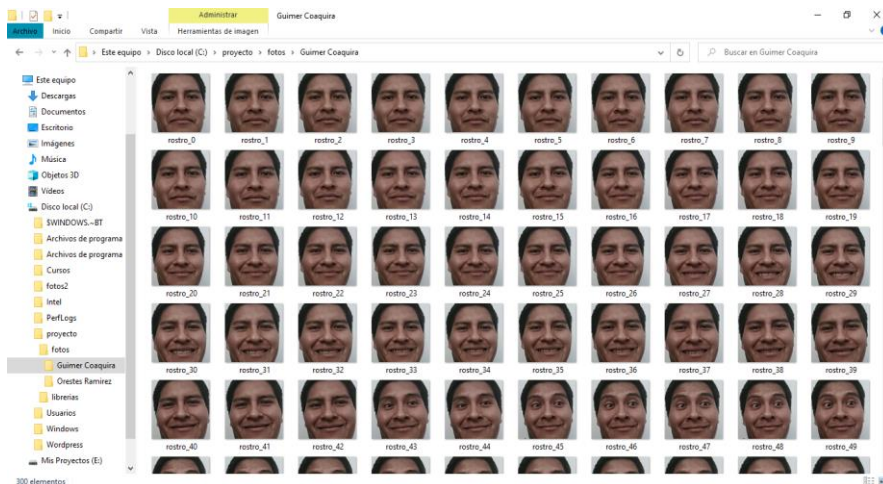
```

**Figura 58***Iniciando captura de rostros*

Se realizó la captura de 300 rostros con diferentes expresiones faciales por cada conductor de vehículo, para construir la base de datos.

**Figura 59**

*Base de datos compuesta por rostros de conductores*



c) *Entrenamiento de reconocimiento facial*

En la sección anterior, se realizó la recopilación de datos faciales, en esta sección se usó un algoritmo LBPH en OpenCV para construir un modelo de datos faciales, el código es el siguiente.

**Figura 60**

*Código fuente del algoritmo de entrenamiento LBPH*

```

import cv2
import os
import numpy as np

dataPath = 'C:/proyecto/fotos'
peopleList = os.listdir(dataPath)
print('Lista de conductores: ', peopleList)

labels = []
facesData = []
label = 0

for nameDir in peopleList:
    personPath = dataPath + '/' + nameDir
    print('Leyendo las imágenes')

    for fileName in os.listdir(personPath):
        print('Rostros: ', nameDir + '/' + fileName)
        labels.append(label)
        facesData.append(cv2.imread(personPath+'/'+fileName,0))
        image = cv2.imread(personPath+'/'+fileName,0)
        cv2.imshow('Image', image)
        cv2.waitKey(10)
        label = label + 1

# Métodos para entrenar el reconocedor
face_recognizer = cv2.face.LBPHFaceRecognizer_create()

# Entrenando el reconocedor de rostros
print("Entrenando...")
face_recognizer.train(facesData, np.array(labels))

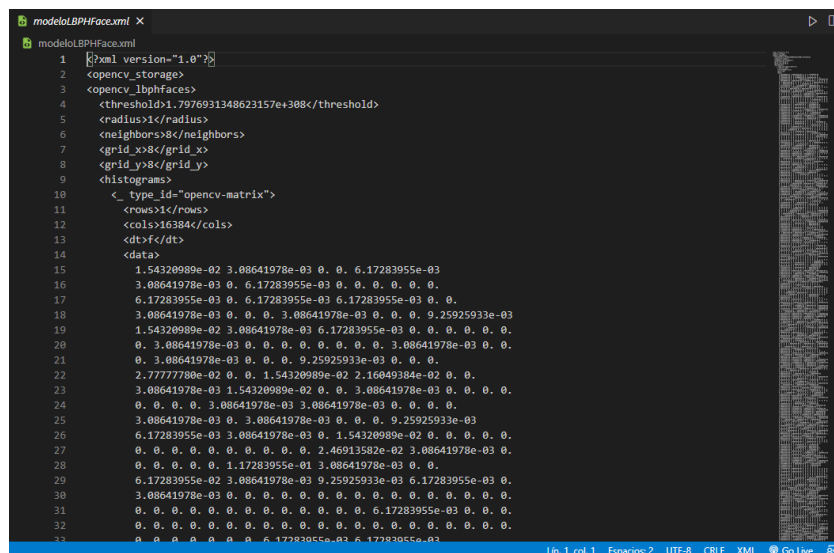
# Almacenando el modelo obtenido
face_recognizer.write('modeloLBPHFace.xml')
print("Modelo almacenado...")

```

Se realiza la ejecución del programa para generar un archivo `modeloLBPHFace.xml`, que contiene información de los datos faciales, como se observa en la figura.

**Figura 61**

*Modelo de entrenamiento LBPH con información de datos faciales*



```

1  <?xml version="1.0"?>
2  <opencv_storage>
3  <opencv_lbpfaces>
4  <threshold>1.7976931348623157e+308</threshold>
5  <radius>1</radius>
6  <neighbors>8</neighbors>
7  <grid_x>8</grid_x>
8  <grid_y>8</grid_y>
9  <histograms>
10 <_type_id="opencv-matrix">
11 <rows>1</rows>
12 <cols>16384</cols>
13 <dt>f</dt>
14 <data>
15 1.54320989e-02 3.08641978e-03 0. 0. 6.17283955e-03
16 3.08641978e-03 0. 6.17283955e-03 0. 0. 0. 0.
17 6.17283955e-03 0. 6.17283955e-03 6.17283955e-03 0. 0.
18 3.08641978e-03 0. 0. 3.08641978e-03 0. 0. 9.25925933e-03
19 1.54320989e-02 3.08641978e-03 6.17283955e-03 0. 0. 0. 0.
20 0. 3.08641978e-03 0. 0. 0. 0. 0. 3.08641978e-03 0. 0.
21 0. 3.08641978e-03 0. 0. 9.25925933e-03 0. 0. 0.
22 2.77777790e-02 0. 0. 1.54320989e-02 2.16049384e-02 0. 0.
23 3.08641978e-03 1.54320989e-02 0. 3.08641978e-03 0. 0. 0.
24 0. 0. 3.08641978e-03 3.08641978e-03 0. 0. 0.
25 3.08641978e-03 0. 3.08641978e-03 0. 0. 9.25925933e-03
26 6.17283955e-03 3.08641978e-03 0. 1.54320989e-02 0. 0. 0.
27 0. 0. 0. 0. 0. 0. 2.46913582e-02 3.08641978e-03
28 0. 0. 0. 1.17283955e-01 3.08641978e-03 0. 0.
29 6.17283955e-02 3.08641978e-03 9.25925933e-03 6.17283955e-03
30 3.08641978e-03 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0.
31 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 6.17283955e-03 0. 0. 0.
32 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0.
33 0. 0. 0. 0. 0. 0. 6.17283955e-03 6.17283955e-03
  
```

**Figura 62**

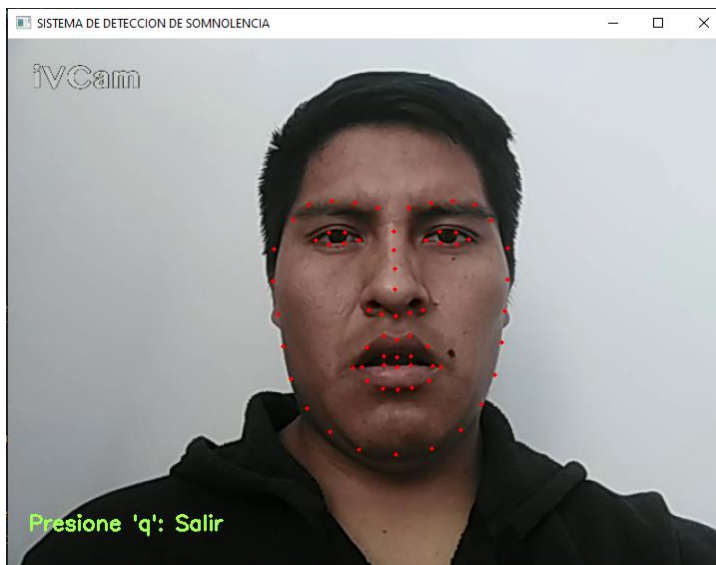
*Entrenamiento de rostros con el algoritmo LBPH*



Mediante el archivo `shape_predictor_68_face_landmarks.dat` y la biblioteca Dlib se logró dibujar los 68 puntos del área de la cara.

**Figura 63**

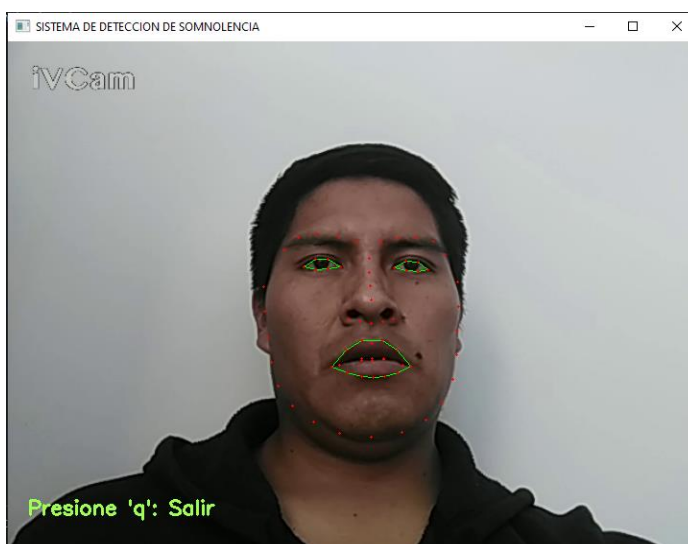
*Dibujo de 68 puntos del área de la cara utilizando Dlib*



Se uso `cv2.convexHull` para obtener la posición del casco convexo, y `drawContours` para dibujar la posición del contorno de los ojos y la boca.

**Figura 64**

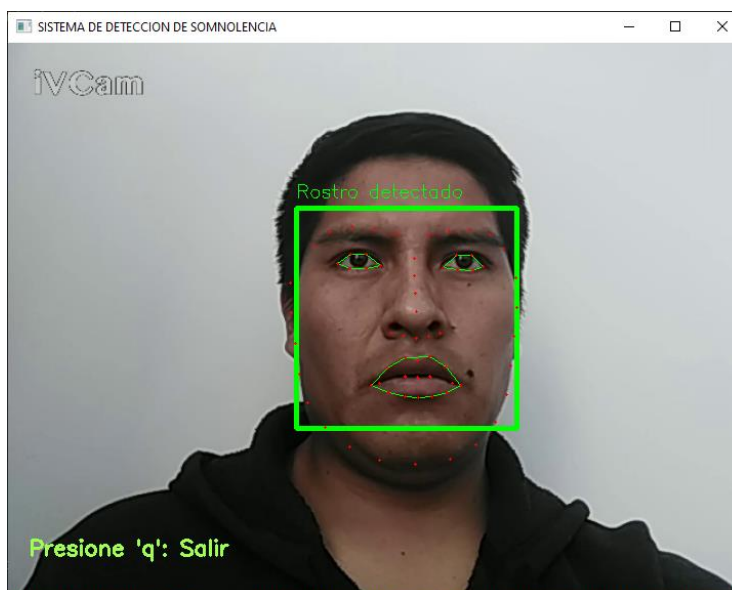
*Dibujo del contorno de los ojos y boca*



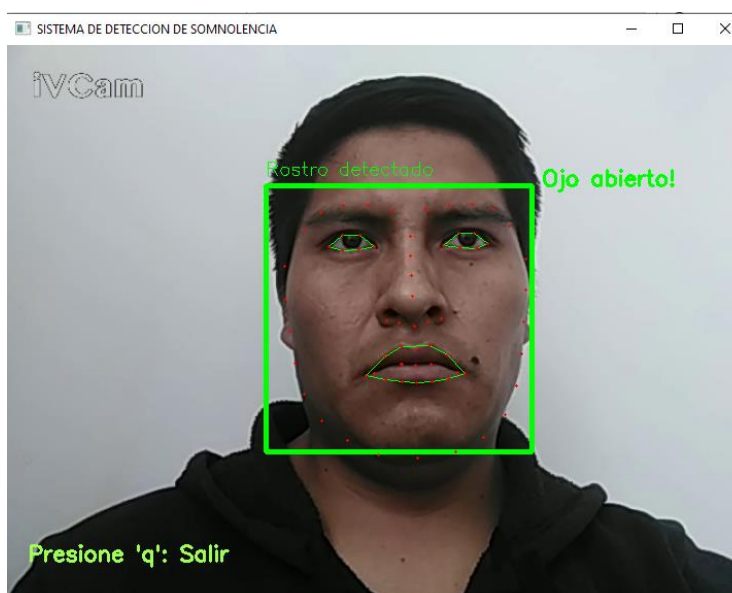
Dibujo de marco rectangular en el área de la cara

**Figura 65**

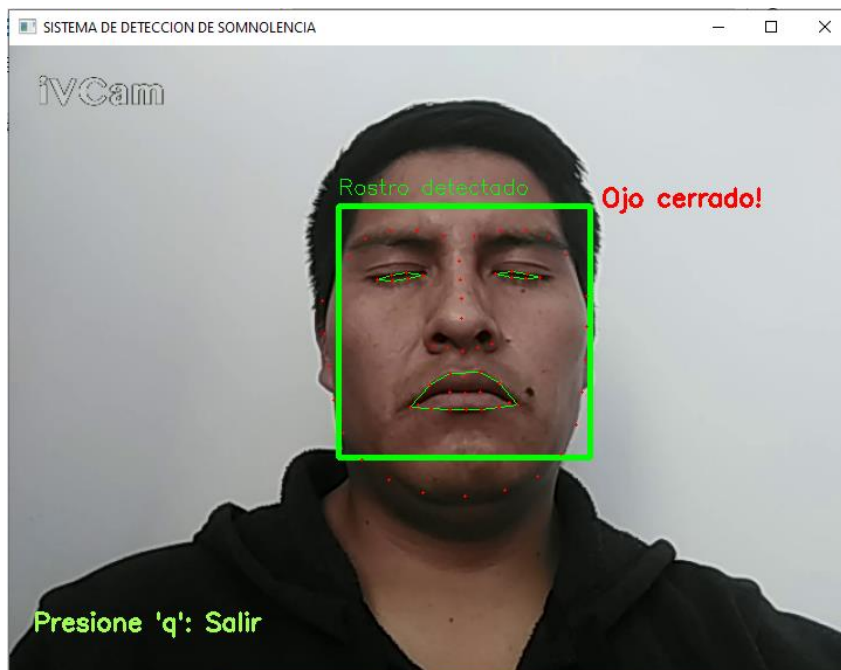
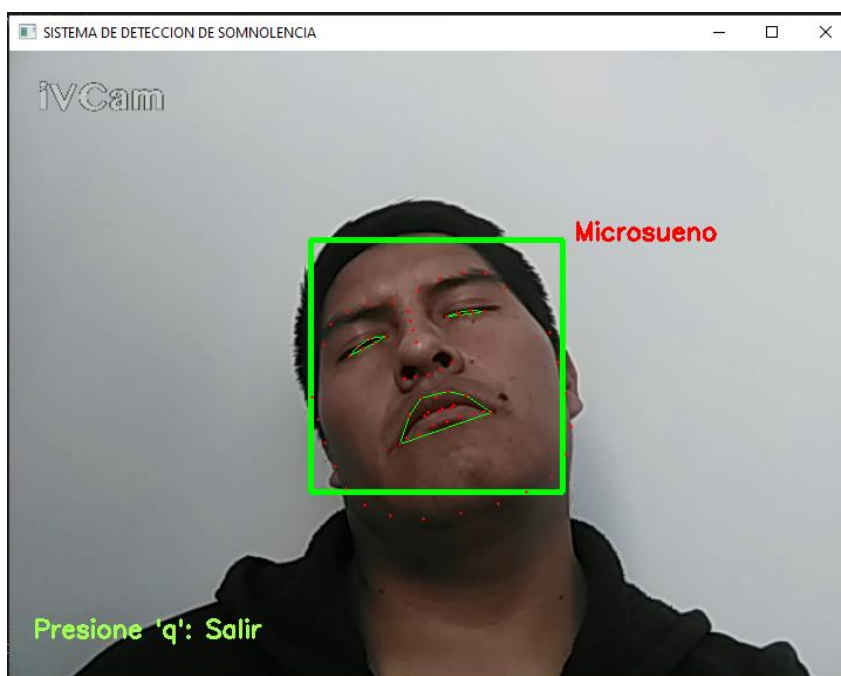
*Marco rectangular en el área de la cara*

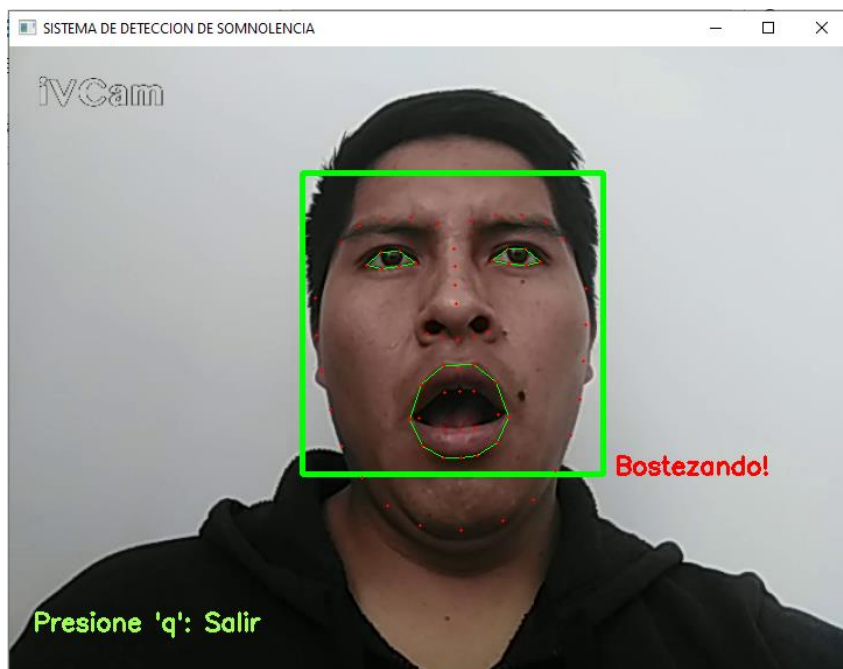
**Figura 66**

*Detección de Ojos abiertos*





**Figura 67***Detección de Ojos cerrados***Figura 68***Detección de micro sueño*

**Figura 69***Detección de boca cerrada***Figura 70***Detección de bostezo*

**Figura 71***Interfaz principal del sistema*

En la figura 60 se presenta la interfaz del sistema, donde se visualiza los datos muy importantes, como el nombre del conductor, numero de parpadeos, numero de bostezos, la detección de los ojos, detección de la boca, la detección del rostro y otros datos relacionados al aspecto de la somnolencia.

#### **4.9.3 Aspectos no funcionales del sistema desarrollado.**

Con aspectos de mejorar el sistema desarrollado, se tiene la implementación por medio de una aplicación móvil, ya que actualmente muchos de los celulares cuentan con una cámara infrarroja que permite trabajar sobre espectro invisible de una imagen y que permite quitar las limitaciones de la luz volviendo el algoritmo mucho más eficiente y versátil.

Optimizar el sistema para que funcione en personas que tengan gafas, existencia de reflejo de luz en los lentes u otros elementos que dificulten la detección en la zona ocular de los conductores o personas.

Implementar el sistema mediante el uso de un sensor de oximetría de pulso, que permite medir la cantidad de oxígeno disuelto en la sangre, de esta forma se puede determinar el cansancio o fatiga del conductor.

Otros aspectos importantes que mejorar una vez obtenido un método más robusto, es la implementación del detector de cabeceo y la distracción.

## CAPÍTULO V. DISCUSIONES

En un primer momento, se realizó un estudio en profundidad de la presente investigación, con el objetivo específico de implementar un sistema que detecte la somnolencia del conductor mediante la detección de expresiones faciales y alerta sonora. Los autores Baquero y Torres (2019), Diaz (2020), Custodio y Tarrillo (2021) han demostrado que en sus resultados la eficiencia propuesta es suficiente para detectar rostros de personas.

Sin embargo, en lo que los autores no están de acuerdo con este estudio es que se basa en el desarrollo de una aplicación móvil para detectar la somnolencia, ya que también utiliza una población, estudiantes y muestras de video e imagen.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la presente investigación determinamos que se implementa el sistema de detección de somnolencia para alertar de la ocurrencia de accidentes de tránsito, obteniendo un alto porcentaje de eficiencia en la detección de expresiones faciales como reconocimiento facial, parpadeo, bostezos y siestas, se reflejan en los resultados obtenidos, confirmando así el normal funcionamiento del sistema

La visión artificial como rama de la inteligencia artificial ha avanzado mucho en los últimos años gracias al desarrollo de tecnología basada en redes neuronales artificiales, el proyecto desarrollado se puede desarrollar fácilmente a futuras mejoras e implementaciones en la producción de medios que se conectan a otros dispositivos de Internet. , lo que lo convierte en un potencial producto y/o servicio comercializable y de investigación que se dirige principalmente a las empresas de transporte.

## CONCLUSIONES

Se desarrolló un sistema para detectar el estado de somnolencia de conductores de vehículos utilizando visión artificial, mediante un algoritmo que permite ubicar el rostro del conductor en tiempo real, y establecer las regiones de interés para buscar los ojos y la boca. Se implementó un sistema de alerta sonora, esto se activa cuando se detecte ocurrencias de sueños en el volante, emite una alerta cuando el conductor se quede dormido o tenga un micro sueño, también se activa cuando el conductor realice más de 3 bostezos o más de 15 parpadeos en un minuto.

Se implementó un Sistema para detectar el estado de somnolencia de conductores de vehículos mediante la detección de expresiones faciales, esta parte ha sido fundamental para el funcionamiento de todo el sistema. Obteniendo una eficiencia del 95 % en detección de rostro, 94 % en ojos abiertos, 96 % en ojos cerrados, 95 % en cantidad de parpadeos, 95 % en micro sueño y 96 % en contador de bostezos.

Se desarrollo un mecanismo para emitir una alerta sonora sobre la ocurrencia de sueños en el volante, vinculado con microcontrolador Raspberry Pi, generando una alerta sonora por medio de un altavoz.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda revisar las versiones de software de Python, OpenCV y las demás librerías para que no afecte su funcionamiento y al momento de instalar en la Raspberry Pi. La instalación de versiones no compatibles puede provocar retrasos en la implementación.

Para el uso de la cámara externa se recomienda comparar tres a más cámaras web para ver cual se acopla mejor al sistema, y también es muy importante la correcta instalación de la cámara al frente del conductor y que no sobre pase la distancia de 40 a 60 cm de distancia del rostro del conductor es muy importante ya que de esto depende la correcta detección de los indicadores visuales que permiten generar un nivel de somnolencia.

Para que no afecte al conductor se recomienda verificar los niveles de volumen de la alarma.

Para el correcto funcionamiento del sistema se recomienda que el Raspberry Pi tenga características a partir de 4 GB de RAM o superior y 32 GB de memoria de almacenamiento, para que el sistema de visión artificial sea eficiente en el procesamiento en tiempo real.

Realizar pruebas de campo con distintas escenarios y establecer la cantidad de prueba a los conductores de vehículos para identificar la funcionalidad más exactas del sistema de detección de somnolencia y obtener mejores resultados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmad K., M., Naeem M., M. M., & Yung J., M. (2019). Causas y detección de la somnolencia, la fatiga y la falta de sueño: un estudio exhaustivo. *IEEE*. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2951028>
- Arévalo Tenelema, B. M. (2019). Implementación de un prototipo de sistema de alerta para conductores distraídos y somnolientos de vehículos basado en visión artificial. *Implementación de un prototipo de sistema de alerta para conductores distraídos y somnolientos de vehículos basado en visión artificial*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/13667>
- Arévalo, B. M. (2019). Implementación de un prototipo de sistema de alerta para conductores distraídos y somnolientos de vehículos basado en visión artificial. *Trabajo de Titulación*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/13667/1/108T0308.pdf>
- Arroyo Rodriguez, D. J. (2021). Diseño e implementación de sistema de visión artificial para alerta y detección de somnolencia mediante aprendizaje profundo aplicable en conductores de vehículos. *Tesis para optar el título profesional*. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Peru. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/16872>
- Baquero Cardozo, B. A., & Torres Malaver, B. A. (2019). Aplicación para teléfono móvil con sistema operativo Android que permita detectar somnolencia y emitir una alarma sonora a conductores de automóvil mediante procesamiento de imágenes. *Tesis presentada al programa de Ingeniería en Control de la Universidad Distrital Francisco José De Caldas Facultad Tecnológica, para optar por el título de Ingeniero en Control*. Universidad Francisco José de Caldas, Bogota. <http://hdl.handle.net/11349/22359>
- Beekman, G. (2005). *Libro. Introducción a la Informática. ¿Qué son los sistemas informáticos?* Pearson Educación.
- Buttu, M. (2020). *El gran libro de Python*. Marcombo.



- cea, F. (2020). *Fundación CEA - Comisariado Europeo del Automóvil*.  
<https://www.fundacioncea.es/actualidad/estudios-fundacion/66-estudio-fundacion-cea-estudio-somnolencia-en-la-conduccion>
- Chokroverty, S. (2000). Neurophysiological and neurochemical mechanisms of wakefulness and sleep. *Clinical Companion to Sleep Disorders Medicine*.
- cognex. (2016). *Introducción a la visión artificial*. Cognex Corporation.  
[http://www.ikusmen.com/documentos/descargas/3cbb38\\_Introduction%20to%20Machine%20Vision.pdf](http://www.ikusmen.com/documentos/descargas/3cbb38_Introduction%20to%20Machine%20Vision.pdf)
- Cordoba, U. d. (2019). Diseño de encuestas. Buenos aires, Argentina.  
[http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/09\\_13\\_21\\_sesion\\_6.pdf](http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/09_13_21_sesion_6.pdf)
- Crespin Luis, J. C., & Julián García, R. A. (2019). Sistema detector de somnolencia en secuencias de vídeo de conductores manejando usando visión computacional. *Tesis para optar el título profesional de ingeniero informático*. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Peru.  
<http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/15096>
- Custodio Effio, A. J., & Tarrillo Nuntón, L. (2021). Sistema de monitoreo para detección de somnolencia en choferes de rutas interprovinciales de empresas de transporte de Chiclayo. *Para obtener el título profesional de ingeniero electrónico*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Lambayeque, Peru. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/10059>
- Díaz Chimbo, A. L. (2020). Desarrollo de una aplicación móvil android para la detección y alerta de somnolencia nocturna en tiempo real, mediante técnicas de visión artificial. *Trabajo de grado presentado ante la Ilustre Universidad Técnica del Norte previo a la obtención del título de Ingeniera en Sistemas Computacionales*. Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.  
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10170>
- Dominguez, T. (2021). *Visión artificial: Aplicaciones prácticas con OpenCV - Python*. Madrid: Marcombo.
- Fabregas, F. (2020). *Aprender Raspberry Pi 4 con 100 ejercicios prácticos*. Marcombo.
- Foundation Raspberry Pi. (2022). *Raspberry Pi*. <https://www.raspberrypi.com/>
- Galarza, E. E., Egas, F. D., Silva, F. M., & Velasco, P. M. (2018). Basado en detección de somnolencia del conductor en tiempo real sobre el comportamiento de la

imagen de la cara del conductor Utilizando un Sistema de Interacción Humano Computadora Implementado en un Teléfono Inteligente.  
[https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-319-73450-7\\_53](https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-319-73450-7_53)

- Ghourabi, A., Ghazouani, H., & Barhoumi, W. (2020). Detección de somnolencia del conductor basada en el control conjunto de bostezos, parpadeos y movimientos de cabeza. *2020 IEEE 16th International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing (ICCP)*., 407-414.  
<https://doi.org/10.1109/ICCP51029.2020.9266160>
- Guevara Ipushima, K. G., & Torres Jara, E. T. (2016). Calidad de sueño y somnolencia diurna en conductores de taxi de una empresa privada en Lima Metropolitana - Santiago de Surco, 2016. *Tesis de investigacion para optar el titulo de Licenciada en Enfermeria*. Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima. <https://hdl.handle.net/20.500.12866/647>
- Hinojosa, A. P. (2016). *Python Paso a paso*. Madrid: Grupo Editorial RA-MA.
- inei. (2021). *Instituto Nacional de Estadística e Informática*. inei: <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/traffic-accidents/>
- Kusuma, S., Divya, J., & Sachdeva, A. (2019). Driver Distraction Detection using Deep Learning and Computer Vision. *2nd International Conference on Intelligent Computing, Instrumentation and Control Technologies (ICICICT)*, 289-292.
- Mayon Sanchez, E., & Limaquispe Miguel, R. (2018). *Sistema de detección de somnolencia mediante inteligencia artificial en conductores de vehículos para alertar la ocurrencia de accidentes de tránsito*. Universidad Nacional de Huancavelica. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2327>
- minsa. (2017). *Plataforma digital única del Estado Peruano*. <https://www.gob.pe/es/n/14013>
- Mohammed , B., & Sarmad , A.-g. (2018). Robust Eye Blink Detection Based on Eye Landmarks. <https://doi.org/doi:10.3390/info9040093>
- nhtsa. (02 de Febrero de 2022). *Departamento de Transporte de los Estados Unidos*. La Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en las Carreteras del Departamento de Transporte de EE. UU.: <https://www.nhtsa.gov/press-releases/traffic-fatalities-estimates-jan-sept-2021>

- OMS. (2021). *Organizacion Mundial de la Salud*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>
- sctcl. (2021). <https://www.canrilloptics.com/the-advantages-of-machine-vision-system.html>
- Services, C. E. (2022). *ADAS – Advanced Driver Assistance Systems*. Continental The Future in Motion: <https://conti-engineering.com/domains-and-markets/vehicle-domain/adas/>
- Stone, R. (2019). *Raspberry Pi 4 Manual Completo: Una guía paso a paso a la nueva Raspberry Pi 4 y a la creación de proyectos innovadores*. Babelcube Inc.
- sutran. (21 de Enero de 2022). *Reporte Estadístico N°012 - 2022*. Superintendencia de Transporte Terrestre de Personas, Carga y Mercancías: <https://www.gob.pe/institucion/sutran/informes-publicaciones/2712691-reporte-estadistico-n-012-2022>
- Torres, Y., & Palma, M. (2018). Aplicación móvil para la detección de somnolencia de un conductor aplicando visión artificial. *Revista Tecnológica ESPOL – RTE*. <http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/601/369>
- Wang, L. (2018). *Attention Decrease Detection Based on Video Analysis in E-Learning*. Springer-Verlag GmbH Germany.

## ANEXOS

## Anexo 1. Matriz de Consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	Dimensiones	Indicadores
<b>PROBLEMA GENERAL</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>HIPÓTESIS GENERAL</b>			
¿Cómo gestionar y detectar el estado de somnolencia de conductores de vehículos utilizando visión artificial en la ciudad de Tacna?	Desarrollar un Sistema para gestionar y detectar el estado de somnolencia de conductores de vehículos utilizando visión artificial en la ciudad de Tacna.	La implementación del sistema permite gestionar y detectar el estado de somnolencia de conductores de vehículos utilizando visión artificial en la ciudad de Tacna.	V.I. Sistema	Precisión	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo de respuesta</li> <li>Detección de rostro</li> <li>Detección de ojos</li> <li>Detección de boca</li> </ul>
				Solución al problema	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pérdidas materiales</li> <li>Número de pérdidas humanas en nuestro País</li> <li>Número de accidentes de tránsito</li> <li>Problemas sociales y psicológicos de las personas</li> </ul>
				Impacto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Generación de fuentes de trabajo</li> <li>Desarrollo económico del país</li> <li>Innovación tecnológica</li> <li>Garantizar el bienestar y la seguridad de las personas</li> </ul>
<b>PROBLEMAS ESPECIFICOS</b>	<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b>	<b>HIPÓTESIS ESPECIFICOS</b>	V.D.		
a) ¿Cómo detectar el estado de somnolencia de conductores de vehículos mediante la detección de expresiones faciales?	a) Implementar un Sistema para detectar el estado de somnolencia de conductores de vehículos mediante la detección de expresiones faciales.	a) El Sistema es útil para detectar el estado de somnolencia de conductores de vehículos mediante la detección de expresiones faciales.	Detectar el estado de somnolencia de conductores de vehículos	Detección de expresiones faciales	<ul style="list-style-type: none"> <li>Detección de rostro</li> <li>Detección de ojo abierto</li> <li>Detección de ojo cerrado</li> <li>Cantidad de parpadeos de los ojos</li> <li>Detección de micro sueño</li> <li>Cantidad de bostezos</li> </ul>
b) ¿Cuál es el efecto que produce la alerta sonora en la detección del estado de somnolencia de conductores de vehículos?	b) Implementar un Sistema para detectar el estado de somnolencia de conductores de vehículos mediante la alerta sonora.	b) El Sistema produce una alerta sonora al momento de detectar el estado de somnolencia de conductores de vehículos.		Alerta Sonora	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo de ejecución de la alarma sonora</li> <li>Activación de la alarma sonora.</li> </ul>

## Anexo 2. Informe de opinión de expertos

Informe de validación del instrumento de investigación del primer experto.

### INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

#### I. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y nombres del Experto: ERBERT FRANCISCO OSCO MAMANI  
 1.2. Grado Académico: Doctor  
 1.3 Profesión: Ingeniero de Sistemas  
 1.4. Institución donde labora: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann  
 1.5. Cargo que desempeña: Director de Escuela Profesional de Ingeniería en Informática y Sistemas.  
 1.6 Título de la investigación:

"SISTEMA PARA DETECTAR EL ESTADO DE SOMNOLENCIA DE CONDUCTORES DE VEHÍCULOS UTILIZANDO VISIÓN ARTIFICIAL EN LA CIUDAD DE TACNA"

#### II. VALIDACIÓN

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS Sobre los ítems del instrumento	Muy Malo	Mal	Regular	Bueno	Muy Bueno
		1	2	3	4	5
1. CLARIDAD	Están formulados con lenguaje apropiado que facilita su comprensión					X
2. OBJETIVIDAD	Están expresados en conductas observables, medibles				X	
3. CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la teoría				X	
4. COHERENCIA	Existe relación de los contenidos con los indicadores de la variable					X
5. PERTINENCIA	Las categorías de respuestas y sus valores son apropiados				X	
6. SUFICIENCIA	Son suficientes la cantidad y calidad de ítems presentados en el instrumento				X	
SUMATORIA PARCIAL					16	10
SUMATORIA TOTAL		26				

#### III. RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN

- 3.1. Valoración total cuantitativa: 26
- 3.2. Opinión: FAVORABLE SI DEBE MEJORAR \_\_\_\_\_  
 NO FAVORABLE \_\_\_\_\_
- 3.3. Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

  
 FIRMA DEL EXPERTO  
 Dr. Erbert Francisco Osco Mamani  
 DNI 00409196

Informe de validación del instrumento de investigación del segundo experto.

## INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

### I. DATOS GENERALES:

1.1. Apellidos y nombres del Experto: LILIANA MERCEDES MILAGROS VEGA BERNAL

1.2. Grado Académico: Magister

1.3 Profesión: Ingeniero de Sistemas

1.4. Institución donde labora: Universidad Privada de Tacna

1.5. Cargo que desempeña: Docente a Tiempo Completo

1.6 Título de la investigación:

"SISTEMA PARA DETECTAR EL ESTADO DE SOMNOLENCIA DE CONDUCTORES DE VEHÍCULOS UTILIZANDO VISIÓN ARTIFICIAL EN LA CIUDAD DE TACNA"

### II. VALIDACIÓN

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS Sobre los ítems del instrumento	Muy Malo	Malo	Regular	Bueno	Muy Bueno
		1	2	3	4	5
1. CLARIDAD	Están formulados con lenguaje apropiado que facilita su comprensión				X	
2. OBJETIVIDAD	Están expresados en conductas observables, medibles					X
3. CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la teoría					X
4. COHERENCIA	Existe relación de los contenidos con los indicadores de la variable				X	
5. PERTINENCIA	Las categorías de respuestas y sus valores son apropiados				X	
6. SUFICIENCIA	Son suficientes la cantidad y calidad de ítems presentados en el instrumento					X
<b>SUMATORIA PARCIAL</b>					12	15
<b>SUMATORIA TOTAL</b>		27				

### III. RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN

3.1. Valoración total cuantitativa: 27

3.2. Opinión: FAVORABLE X DEBE MEJORAR \_\_\_\_\_

NO FAVORABLE \_\_\_\_\_

3.3. Observaciones: Me parece muy apropiado y de gran importancia el sistema, tener la medición adecuada de las variables es primordial. El lenguaje o redacción en el último indicador donde suena la alarma quizás puede ser mejor redactado para una mayor comprensión.



Ing. Liliana Vega Bernal  
Docente TC EPIS  
DNI: 00498513

## Informe de validación del instrumento de investigación del tercer experto.

**INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN****I. DATOS GENERALES:**

- 1.1. Apellidos y nombres del Experto: MINELLY YSABEL MARTINEZ PEÑALOZA  
 1.2. Grado Académico: Maestro  
 1.3. Profesión: Ingeniero de Sistemas  
 1.4. Institución donde labora: UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
 1.5. Cargo que desempeña: Docente  
 1.6. Título de la investigación:

\*SISTEMA PARA DETECTAR EL ESTADO DE SOMNOLENCIA DE CONDUCTORES DE VEHÍCULOS UTILIZANDO VISIÓN ARTIFICIAL EN LA CIUDAD DE TACNA\*

**II. VALIDACIÓN**

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS Sobre los ítems del instrumento	Muy Malo	Mal	Regular	Bueno	Muy Bueno
		1	2	3	4	5
1. CLARIDAD	Están formulados con lenguaje apropiado que facilita su comprensión				X	
2. OBJETIVIDAD	Están expresados en conductas observables, medibles				X	
3. CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la teoría				X	
4. COHERENCIA	Existe relación de los contenidos con los indicadores de la variable				X	
5. PERTINENCIA	Las categorías de respuestas y sus valores son apropiados					X
6. SUFICIENCIA	Son suficientes la cantidad y calidad de ítems presentados en el instrumento					X
<b>SUMATORIA PARCIAL</b>					16	10
<b>SUMATORIA TOTAL</b>		26				

**III. RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN**

3.1. Valoración total cuantitativa: 26

3.2. Opinión: FAVORABLE SI DEBE MEJORAR \_\_\_\_\_

NO FAVORABLE \_\_\_\_\_

3.3. Observaciones: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Tacna,



FIRMA DEL EXPERTO

Ing. Minelly Ysabel Martínez Peñaloza  
 DNI: 04433147

### Anexo 3. Formato de cuestionario realizada a conductores de vehículos

#### CUESTIONARIO:

El presente cuestionario tiene como objetivo evaluar su percepción en relación con el "SISTEMA DE DETECCIÓN DE SOMNOLENCIA"

Por favor marque con una "X" sobre la alternativa que se adecue mejor a su percepción donde:

Criterio	Puntaje
Totalmente de acuerdo	5
De acuerdo	4
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3
En desacuerdo	2
Totalmente en desacuerdo	1

SECCIÓN 1: INFORMATIVA					
ITEMS					
1	DNI				
2	Nombres y Apellidos				
3	Edad				
SECCIÓN 2: PRECISIÓN					
ITEMS	5	4	3	2	1
1	¿Considera usted que el tiempo de respuesta del sistema al momento de la ejecución es adecuado?				
2	¿Considera usted que la precisión del sistema al momento de detectar rostros es adecuada?				
3	¿Considera usted que la precisión del sistema al momento de detectar ojos es adecuada?				
4	¿Considera usted que la precisión del sistema al momento de detectar la boca es adecuada?				
SECCIÓN 3: SOLUCIÓN AL PROBLEMA					
ITEMS	5	4	3	2	1
1	¿Considera usted que el uso del sistema ayudaría a reducir pérdidas materiales?				
2	¿Considera usted que el uso del sistema ayudaría a reducir el número de pérdidas humanas en nuestro País?				
3	¿Considera usted que el sistema ayudaría a reducir el número de accidentes de tránsito que se registran periódicamente por somnolencia?				
4	¿Considera usted que el uso adecuado del sistema ayudaría a reducir problemas sociales y psicológicos de las personas?				
SECCIÓN 4: IMPACTO					
ITEMS	5	4	3	2	1
1	¿Considera usted que la puesta en producción del sistema generaría fuentes de trabajo?				
2	¿Considera usted que el sistema ayudaría al desarrollo económico del país?				
3	¿Considera usted que el desarrollo del sistema ayuda a la innovación tecnológica?				
4	¿Considera usted que el uso del sistema ayudaría a garantizar el bienestar y la seguridad de las personas?				
SECCIÓN 5: ALERTA SONORA					
ITEMS	5	4	3	2	1
1	¿Considera usted que la alarma sonora se activa en el momento adecuado, es decir cuando la persona ya está en estado de somnolencia?				
2	¿Considera usted que el tiempo de ejecución de la alarma sonora es adecuado?				



#### Anexo 4. Resultado del cuestionario aplicado a conductores de vehículos

A continuación, en la siguiente tabla, se presenta los resultados de la encuesta aplicada a los conductores que probaron el sistema.

Datos personales			Precisión				Solución al problema				Impacto				Alerta sonora	
P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6	P 7	P 8	P 9	P 10	P 11	P 12	P 13	P 14	P 15	P 16	P 17
DNIC1	NOMC01	53	5	4	5	4	5	4	5	4	5	5	5	4	5	4
DNIC2	NOMC02	27	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
DNIC3	NOMC03	38	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
DNIC4	NOMC04	41	4	4	4	4	4	5	4	4	4	5	4	4	4	5
DNIC5	NOMC05	38	4	3	5	5	4	5	4	4	3	4	5	5	5	5
DNIC6	NOMC06	32	5	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	5	4	4
DNIC7	NOMC07	52	4	5	4	4	5	4	4	4	5	4	5	4	4	4
DNIC8	NOMC08	38	4	5	5	4	5	4	4	4	4	5	5	5	4	4
DNIC9	NOMC09	25	5	4	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5
DNIC10	NOMC10	31	4	4	4	5	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4

#### Anexo 5. Algoritmos utilizados de OpenCV

En este apartado se ha analizado el método de detección de características de las personas o conductores. Se presenta los algoritmos que maneja OpenCV son el HARRIS, BRIEF, FAST, SIFT, SURF y ORB.

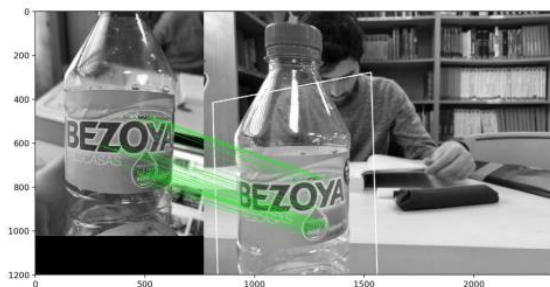
Se ha seleccionado un buen algoritmo para usar en el Raspberry Pi con la finalidad de conseguir un rendimiento adecuado para utilizar programas de correspondencia entre imágenes.

El algoritmo que se utilizó en el proyecto fue el ORB. Este algoritmo fue presentado por Ethan Rublee, Vicent Rabaud, Kurt Konolige y Gary R.

ORB ha demostrado ser un método muy eficiente ya que tiene un tiempo de ejecución muy pequeño comparado con el resto de los métodos, siendo una décima parte del método SIFT y una sexta parte del método SURF. Hay que tener en cuenta que el tiempo mostrado es solamente el tiempo de ejecución del detector de

características por lo que cuando se implementen más operaciones en el código, el tiempo de ejecución aumentará por lo que ORB es un buen método para utilizar en nuestra Raspberry Pi.

Implementando este algoritmo, podemos crear un programa que identifique objetos en imágenes y conseguir resultados como se muestra a continuación:



ORB es una fusión del detector de punto clave FAST y el descriptor BRIEF con algunas modificaciones [9]. Inicialmente para determinar los puntos clave, utiliza FAST. Luego se aplica una medida de esquina de Harris para encontrar los N puntos superiores. FAST no calcula la orientación y es una variante de rotación. Calcula el centroide ponderado por intensidad del parche con la esquina ubicada en el centro. La dirección del vector desde este punto de esquina hasta el centroide da la orientación. Los momentos se calculan para mejorar la invariancia de rotación.

Para utilizar el algoritmo en OpenCV, se puede crear un objeto de la siguiente forma que se creó en el proyecto:

```
# El cuarto paso: abra la cámara local cv2
cap = cv2.VideoCapture(0)
return go(f, seed, [])
}
```

## Anexo 6. Código fuente de la aplicación

En este apartado se presente el código fuente de la parte más importante del desarrollo del sistema.

```

import winsound
import numpy as np
import imutils
import datetime as dt
import dlib
import cv2
import pytz
from datetime import datetime
import os
import matplotlib.pyplot as plt
from collections import deque

import psycpg2

conexion = psycpg2.connect(
    user='postgres',
    password='admin',
    host='127.0.0.1',
    port='5432',
    database='drowsiness-detection'
)

def guardarBD():
    peru_timezone = pytz.timezone("America/Lima")
    peru_date = datetime.now(peru_timezone)
    hora_peru=peru_date.strftime("%d/%m/%Y, %H:%M:%S")
    try:
        with conexion:
            with conexion.cursor() as cursor:
                sentencia_parpadeo = 'INSERT INTO parpadeo(id_conductor, fecha_hora, num_parpadeo, ear,
estado_microsueno, estado_alarma) VALUES(%s, %s, %s, %s, %s, %s)'
                valores_parpadeo = (9, hora_peru, TOTAL, parpadeo_ear, estado_microsueno, estado_parpadeo)
                cursor.execute(sentencia_parpadeo, valores_parpadeo)
                print('Guardo en DB a parpadeo')
                sentencia_bostezo = 'INSERT INTO bostezo(id_conductor, fecha_hora, num_bostezo, mar,
estado_alarma) VALUES(%s, %s, %s, %s, %s)'
                valores_bostezo = (9, hora_peru, mTOTAL, bostezo_mar, estado_bostezo)
                cursor.execute(sentencia_bostezo, valores_bostezo)
                print('Guardo en DB a bostezo')

    except Exception as e:
        print(f'Ocurrio un problema: {e}')
    #finally:
        #conexion.close()

# Calcular EAR de los ojos
def eye_aspect_ratio(eye):
    # Coordenadas verticales de la marca del ojo (X, Y)
    A = dist.euclidean(eye[1], eye[5])# Calcular la distancia euclidiana entre dos conjuntos
    B = dist.euclidean(eye[2], eye[4])
    # Calcular la distancia euclidiana entre niveles
    # Coordenadas horizontales de la marca del ojo (X, Y)
    C = dist.euclidean(eye[0], eye[3])
    # Cálculo de la relación de aspecto del ojo
    ear = (A + B) / (2.0 * C)
    # Devuelve la relación de aspecto de los ojos
    return ear

# Calcular MAR de la boca
def mouth_aspect_ratio(mouth):
    A = np.linalg.norm(mouth[2] - mouth[9]) # 51, 59
    B = np.linalg.norm(mouth[4] - mouth[7]) # 53, 57
    C = np.linalg.norm(mouth[0] - mouth[6]) # 49, 55
    mar = (A + B) / (2.0 * C)
    return mar

# Definir dos constantes
EYE_AR_THRESH = 0.25 # Relación de aspecto del ojo
EYE_AR_CONSEC_FRAMES = 3 # Duracion Umbral de parpadeo

MAR_THRESH = 0.5 # Relación de aspecto de bostezo
MOUTH_AR_CONSEC_FRAMES = 3# Duracion Umbral de bostezo

# Inicializando el contador de cuadros y el número total de parpadeos
COUNTER = 0
TOTAL = 0

# Inicializar contador de cuadros y bostezo total
mCOUNTER = 0
mTOTAL = 0

parpadeo_ear = []
bostezo_mar = []

```

```

tiempoA = dt.datetime.now()
print ('tiempo inicial: ', tiempoA)

tiempoAM=0
tiempoAP=0
tiempoAB=0

line1 = []
line2 = []
pts_ear = deque(maxlen=44)
pts_mar = deque(maxlen=44)
i=0
m=0

# Alarma sonora
estado_parpadeo = False
estado_bostezo = False
estado_microsueno = False
def encender_alarma():
    winsound.PlaySound('C:/proyecto/librerias/alarma.wav', winsound.SND_ASYNC)

# Inicialice el detector de rostro (HOG) de DLIB, luego cree la predicción de hitos faciales
print("[INFO] loading facial landmark predictor...")
# Paso 1: Use dlib.get_frontal_face_detector () para obtener el detector de posición de la cara
detector = dlib.get_frontal_face_detector()
# Paso 2: utilice dlib.shape_predictor para obtener el detector de posición de la función facial
predictor = dlib.shape_predictor('C:/proyecto/librerias/shape_predictor_68_face_landmarks.dat')

# Paso 3: Obtenga el índice de los signos faciales del ojo izquierdo y derecho por separado
(lStart, lEnd) = face_utils.FACIAL_LANDMARKS_IDXS["left_eye"]
(rStart, rEnd) = face_utils.FACIAL_LANDMARKS_IDXS["right_eye"]
(mStart, mEnd) = face_utils.FACIAL_LANDMARKS_IDXS["mouth"]

cap = cv2.VideoCapture(1)

while True:
    tiempoB = dt.datetime.now()
    tiempoTranscurrido = tiempoB - tiempoA
    # El quinto paso: bucle, leer la imagen, ampliar la dimensión de la imagen y escala de grises
    ret, frame = cap.read()
    frame = imutils.resize(frame, width=720)
    gray = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
    # Paso 6: Use el detector (gris, 0) para la detección de la posición de la cara
    rects = detector(gray, 0)
    # Paso 7: repita la información de la posición facial y use el predictor (gris, rect) para obtener la
    # información de posición de la función facial
    for rect in rects:
        shape = predictor(gray, rect)
        # Paso 8: Convierta información de rasgos faciales a formato de matriz
        shape = face_utils.shape_to_np(shape)
        # Paso 9: Extrae las coordenadas de los ojos izquierdo y derecho
        leftEye = shape[lStart:lEnd]
        rightEye = shape[rStart:rEnd]
        # Coordenadas de boca
        mouth = shape[mStart:mEnd]
        # Paso 10: el constructor calcula el valor EAR de los ojos izquierdo y derecho, utilizando el valor
        # promedio como EAR final
        leftEAR = eye_aspect_ratio(leftEye)
        rightEAR = eye_aspect_ratio(rightEye)
        ear = (leftEAR + rightEAR) / 2.0
        parpadeo_ear.append(ear)
        # Bostezo
        mar = mouth_aspect_ratio(mouth)
        bostezo_mar.append(mar)

    # El undécimo paso: use cv2.convexHull para obtener la posición del casco convexo, use drawContours
    # para dibujar la posición del contorno para la operación de dibujo
    leftEyeHull = cv2.convexHull(leftEye)
    rightEyeHull = cv2.convexHull(rightEye)

    cv2.drawContours(frame, [leftEyeHull], -1, (0, 255, 0), 1)
    cv2.drawContours(frame, [rightEyeHull], -1, (0, 255, 0), 1)

    mouthHull = cv2.convexHull(mouth)

    cv2.drawContours(frame, [mouthHull], -1, (0, 255, 0), 1)

    # El duodécimo paso: realizar operaciones de dibujo, marcar la cara con un marco rectangular
    left = rect.left()
    top = rect.top()
    right = rect.right()
    bottom = rect.bottom()
    cv2.rectangle(frame, (left, top), (right, bottom), (0, 255, 0), 3)
    cv2.putText(frame, "Rostro detectado", (left, top-10), cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.6, (0, 255, 0), 1,9)
    ...

    # Calcule el puntaje promedio del ojo izquierdo y del ojo derecho por separado como
    # puntaje final. Si es menor que el umbral, agregue 1; si es menor que el umbral por tres veces consecutivas,
    # significa que se ha realizado un evento de parpadeo
    ...

    # El decimotercer paso: bucle, si se cumple la condición, el número de parpadeos +1

    if ear < EYE_AR_THRESH:# Relación de aspecto del ojo: 0.25
        COUNTER += 1
        if COUNTER <= EYE_AR_CONSEC_FRAMES:
            cv2.putText(frame, "Ojo cerrado!", (right+10, top),cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.7, (0, 0, 255),
2)

        elif COUNTER >= 20:
            tiempoAM = COUNTER
            estado_microsueno=True
            encender_alarma()

```

```

# El decimotercer paso: bucle, si se cumple la condición, el número de parpadeos +1

if ear < EYE_AR_THRESH:# Relación de aspecto del ojo: 0.25
    COUNTER += 1
    if COUNTER <= EYE_AR_CONSEC_FRAMES:
        cv2.putText(frame, "Ojo cerrado!", (right+10, top),cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.7, (0, 0, 255),
2)
        elif COUNTER >= 20:
            tiempoAM = COUNTER
            estado_microsueno=True
            encender_alarma()
        else:
            cv2.putText(frame, "Ojo abierto!", (right+10, top),cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.7, (0, 255, 0), 2)
            # Si es inferior al umbral por 3 veces consecutivas, significa que se ha realizado una actividad de
parpadeo
            if COUNTER >= EYE_AR_CONSEC_FRAMES:# Umbral: 3
                TOTAL += 1
                # Restablecer contador de marco de ojo
                COUNTER = 0
            if COUNTER > 3 :
                cv2.putText(frame, "Ojo cerrado!", (right+10, top),cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.7, (0, 0, 255), 2)
            if tiempoAM >= 20 and tiempoAM < 85:
                tiempoAM= tiempoAM + 1
                if tiempoAM % 2 == 0:
                    cv2.putText(frame, "MICROSUENO!!!", (10, 200),cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 1, (0, 0, 255), 3)

# Paso 14: Realice operaciones de dibujo y use cv2.putText para mostrar el número de parpadeos
#Dibujando líneas
cv2.line(frame,(0,80),(760,80),(10, 230, 255),4)

cv2.rectangle(frame, (0, 0), (720, 80),(150, 10, 0), -1)
cv2.putText(frame, "CONDUCTOR:", (10, 25), cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.6, (255, 255, 255), 1,0)
cv2.line(frame,(0,40),(760,40),(10, 230, 255),1)
cv2.line(frame,(230,0),(230,80),(10, 230, 255),1)
cv2.line(frame,(430,0),(430,80),(10, 230, 255),1)
cv2.line(frame,(590,0),(590,80),(10, 230, 255),1)
cv2.putText(frame, username + "{}".format(len(rects)), (10, 65),cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.7, (255,
255, 255), 2)
cv2.putText(frame, "{}".format(username), (10, 65),cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.7, (255, 255, 255), 2)
cv2.putText(frame, "Parpadeos: {}".format(TOTAL), (240, 30),cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.7, (10, 230,
255), 2)
cv2.putText(frame, "T. umbral: {}".format(COUNTER), (440, 30),cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.7, (10, 230,
255), 2)
cv2.putText(frame, "EAR: {:.2f}".format(ear), (600, 30),cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.7, (10, 230, 255),
2)
...
        Calcule la puntuación de boca abierta, si es menor que el umbral, agregue 1; si es
menor que el umbral por tres veces consecutivas, significa que se produce un bostezo, y el mismo bostezo es de
aproximadamente 3 cuadros
...
# Del mismo modo, juzgue si bostezará
if mar > MAR_THRESH:# Umbral de boca abierta 0.5
    mCOUNTER += 1
    cv2.putText(frame, "Bostezando!", (right+10, bottom),cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.7, (0, 0, 255), 2)
    else:
        cv2.putText(frame, "Boca cerrada", (right+10, bottom),cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.7, (0, 255, 0),
2)
        # Si es inferior al umbral por 3 veces consecutivas, significa un bostezo
        if mCOUNTER >= MOUTH_AR_CONSEC_FRAMES:# Umbral: 3
            mTOTAL += 1
            # Restablecer contador de marco de boca
            mCOUNTER = 0
            tiempoAB= tiempoAB + 1
            if mTOTAL==15 and estado_bostezo==False:
                estado_bostezo=True
                tiempoAB = mCOUNTER
                encender_alarma()
            elif mTOTAL>=15 and tiempoAB < 55:
                if tiempoAB % 2 == 0:
                    cv2.putText(frame, "SOMNOLENCIA!!!", (10, 200),cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 1, (0, 0, 255), 3)
            # Determinando duracion de los contadores de detección
            #print("segundos transcurridos {}".format(tiempoA,seconds))
            if tiempoTranscurrido.seconds >= 60:

                guardarBD()
                estado_parpadeo = False
                estado_bostezo = False
                estado_microsueno = False
                TOTAL = 0
                mTOTAL = 0
                tiempoTranscurrido = 0
                tiempo_alarma = 0
                tiempoA = dt.datetime.now()
                print("parpadeo_ear")
                parpadeo_ear = []
                bostezo_mar = []

# Prestone q para salir
cv2.putText(frame, "Prestone q para salir", (20, 500),cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.7, (84, 255, 150), 2)
# Muestra de ventana con opencv
cv2.imshow("SISTEMA DE DETECCION DE SOMNOLENCIA", frame)

        if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord('q'):
            conexion.close()
            break

cap.release()
cv2.destroyAllWindows()

```

## Anexo 7. Formato de contrato del desarrollo del sistema

Se conviene entre ambas partes las CLÁUSULAS que a continuación se mencionan:

- 1) EL PROVEEDOR es una persona jurídica dedicada al desarrollo de portales y sistemas Web para ordenadores que viene trabajando en el diseño e implementación de soluciones y sistemas en el campo de la informática aplicada a la gestión empresarial en Internet.
- 2) EL CLIENTE está interesado en adquirir el sistema de detección de somnolencia de conductores mediante visión artificial, y terminará siendo propietario del sistema incluyendo el código fuente, esto no incluye dispositivos de hardware como (Raspberry PI, Altavoces, Cámara web, Inversor de corriente).

Reconociéndose las partes capacidad suficiente para convenir y obligarse, conciertan el presente CONTRATO DE COMPRAVENTA del "Sistema de detección de somnolencia de conductores mediante visión artificial" desarrollado con lenguaje de programación Python y Base de datos PostgreSQL, que libre y espontáneamente sujetan a las siguientes cláusulas:

...

### **TERCERO. INFORMACION**

El PROVEEDOR guardará confidencialidad sobre la información que le facilite el CLIENTE en o para la ejecución del CONTRATO o que por su propia naturaleza deba ser tratada como tal. Se excluye de la categoría de información confidencial toda aquella información que sea divulgada por el CLIENTE, aquella que haya de ser revelada de acuerdo con las leyes o con una resolución judicial o acto de autoridad competente.

### **CUARTO. PRUEBAS E IMPLEMENTACION**

Se instalará el sistema web en el servidor o hosting del CLIENTE, además se realizará la instalación del sistema de "Detección de somnolencia de conductores" en el vehículo y se realizarán las pruebas oportunas. En las pruebas se realizarán los ajustes o arreglos necesarios, hasta la conformidad del CLIENTE sobre la instalación del sistema. Con la conformidad del CLIENTE se dará por entregado el sistema.

...

## Anexo 8. Pruebas de funcionamiento del Sistema

Instalación del sistema de detección de somnolencia dentro del vehículo como: instalación quipos, Instalación del Raspberry Pi, Posicionamiento de la cámara web en la cabina del conductor, calibración de la cámara, resultados de las pruebas y toma del vehículo con el sistema implementado.

Como se muestra en la siguiente imagen, son los equipos que se han utilizado para el correcto funcionamiento del sistema.



La instalación en la cabina del conductor fue realizada como se muestra en las siguientes imágenes, como la instalación del convertor, instalación del Raspberry Pi, instalación del altavoz y la ubicación de la cámara web.



Algo muy importante es la calibración de la cámara, el enfoque y el posicionamiento en frente del rostro del conductor, como muestran las siguientes imágenes.

