



CARRERA DE DESARROLLO DE SOFTWARE

TEMA:

Sistema de reconocimiento facial para la detección de somnolencia en los conductores de la empresa SERSUPPORT

AUTORES:

Sonia Melissa Morales Vivar, Kevin Adrian Naula Guaman

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

Tecnólogo Superior en Desarrollo de Software

TUTOR:

Ing. Henry Paul Tigre Avila

Cuenca - Ecuador, 2025



DERECHOS DE AUTOR

Los derechos de esta obra son irrenunciables y corresponden a su **AUTOR**, incluido sus derechos patrimoniales. El **Instituto Tecnológico Superior Particular Sudamericano** tiene licencia gratuita e intransferible sobre esta obra para uso no comercial, de necesitar uso comercial requiere autorización de su titular.

SUDAMERICANO



www.sudamericano.edu.ec

Bolívar y Manuel Vega - San Blas (593 7) 2838323 - 2843619 0996976449

info@sudamericano.edu.ec

CARRERA DE DESARROLLO DE SOFTWARE

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Aprobación del Trabajo de Titulación

Doy fe que el trabajo desarrollado por los estudiantes: **Morales Vivar Sonia Melissa y Naula Guaman Kevin Adrian**, con el título “SISTEMA DE RECONOCIMIENTO FACIAL PARA LA DETECCION DE SOMNOLENCIA EN LOS CONDUCTORES DE LA EMPRESA SERSUPPORT”, cumple con los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

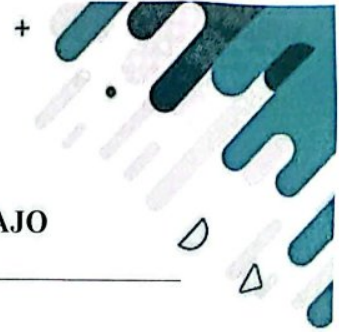
Atentamente,



Henry Paul Tigre Avila

C.I 0106241862





DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL TRABAJO

Yo, **MORALES VIVAR SONIA MELISSA**, estudiante del **Instituto Tecnológico Superior Particular Sudamericano** de la ciudad de Cuenca - Ecuador, que cursó la Tecnología en Desarrollo de Software, declaro en forma libre y voluntaria que la presente investigación que versa sobre “**Sistema de Reconocimiento Facial para la Detección de Somnolencia en los conductores de la empresa Sersupport**” así como las expresiones vertidas en la misma, son autoría de la compareciente, quien ha realizado en base a recopilación bibliográfica, consultas de internet y consultas de campo.

En consecuencia, asumo la responsabilidad de la originalidad de la misma y el cuidado al remitirme a las fuentes bibliográficas respectivas para fundamentar el contenido expuesto.

Atentamente,




A handwritten signature in black ink that reads 'Sonia Melissa'.


MORALES VIVAR SONIA MELISSA

Cédula: 0105732127



  
www.sudamericano.edu.ec

 Bolívar y Manuel Vega - San Blas  (593 7) 2838323 - 2843619  0996976449

 info@sudamericano.edu.ec

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL TRABAJO

Yo, **Naula Guaman Kevin Adrian**, estudiante del **Instituto Tecnológico Superior Particular Sudamericano** de la ciudad de Cuenca - Ecuador, que cursó la Tecnología en **Desarrollo de Software**, declaro en forma libre y voluntaria que la presente investigación que versa sobre **“Sistema de reconocimiento facial para la detección de somnolencia en los conductores de la empresa Serruport”** así como las expresiones vertidas en la misma, son autoría de la compareciente, quien ha realizado en base a recopilación bibliográfica, consultas de internet y consultas de campo.

En consecuencia, asumo la responsabilidad de la originalidad de la misma y el cuidado al remitirme a las fuentes bibliográficas respectivas para fundamentar el contenido expuesto.

Atentamente,



Naula Guaman Kevin Adrian

Cédula: 0150400158



RESUMEN

La somnolencia al conducir se ha convertido en un problema común en los últimos tiempos, tanto en las empresas de logística y público en general, convirtiéndose en un riesgo importante para la seguridad vial, especialmente en el sector logístico de la empresa, donde se han registrado un alto índice de incidentes relacionados con el cansancio de los conductores. En este sentido, el presente proyecto se centro en el desarrollo de una aplicación móvil para la detección de signos de somnolencia en conductores de la empresa SERSUPPORT para de esta forma mediante métricas de micro-sueños, frotamiento de ojos y parpadeos dar alertas de detección temprana y evitar accidentes. La cámara del teléfono móvil recoge la imagen del conductor y mediante análisis de imágenes y reconocimiento facial, se detectan los niveles de somnolencia, que al sobrepasar los niveles normales se emiten alertas auditivas pertinentes para que el conductor reaccione, adicionalmente estos datos se almacenan para que se de seguimiento y se tome las acciones correspondientes. La investigación se llevó a cabo con un enfoque cuantitativo, experimental y práctico, para ello se usó un método híbrido que incorporó principios de *Design Thinking* desde la fase de concepción hasta la fase de evaluación. En conjunto con la metodología ágil de Scrum usada en el desarrollo completo de la aplicación, mediante cinco *sprints*, se implementaron las funciones esenciales de la aplicación, logrando una versión operativa del sistema. Los resultados demuestran que por medio de una interfaz amigable con el usuario se detectan eficazmente las distintas métricas de somnolencia, activando notificaciones cuando existen valores de somnolencia altos, dando señales de prevención para aumentar la seguridad vial.

Palabras clave: Reconocimiento facial, Somnolencia, Aplicación móvil, Microsueños.

ABSTRACT

Drowsiness while driving has become a common problem in recent times, both in logistics companies and the general public, becoming a significant risk to road safety, especially in the logistics sector, where a high rate of incidents related to driver fatigue has been recorded. In this sense, this project focused on the development of a mobile application to detect signs of drowsiness in drivers of the company SERSUPPORT. This application, using metrics such as microsleeeps, eye rubbing, and blinking, provides early detection alerts and prevents accidents. The mobile phone's camera captures the driver's image, and through image analysis and facial recognition, drowsiness levels are detected. When these levels exceed normal levels, relevant audible alerts are issued to prompt the driver to react. This data is also stored for monitoring and appropriate action. The research was carried out with a quantitative, experimental, and practical approach, using a hybrid method that incorporated Design Thinking principles from the conception phase to the evaluation phase. In conjunction with the agile Scrum methodology used in the full development of the application, the essential functions of the application were implemented through five sprints, achieving an operational version of the system. The results demonstrate that, through a user-friendly interface, the different drowsiness metrics are effectively detected, activating notifications when high drowsiness values are present, giving prevention signals to increase road safety.

Keywords : Facial recognition, Sleepiness, Mobile application, microsleeeps.

DEDICATORIA

Quiero agradecer a mi padre Enrique Morales, quien con su esfuerzo incansable y apoyo económico incondicional, hizo posible cada una de mis etapas académicas. Gracias por el sacrificio, por trabajar diariamente para poder ayudarme y darme las oportunidades que usted no alcanzo a tenerlas. Este título es gracias a su dedicación y el amor que me tiene.

A mi madre, quien es mi amiga fiel en cada momento de mi vida, desde mis primeros capítulos hasta este momento de mi vida. Su presencia y sus ánimos en los momentos difíciles, y su confianza en mi han sido una de mis mayores alegrías y fortalezas. Gracias por siempre estar cuando necesito de mamá por felicitarme en mis triunfos. Gracias por todo el amor incondicional que me da.

A mi hermano, quien siempre estuvo interesado en mis estudios, en el como me iba día a día el que siempre me dice Cuidaraste ñañita gracias que aunque siempre tengamos peleas, estas al tanto de lo que me pasa.

Por eso agradezco tenerlos como familia ya que siempre el apoyo esta presente en cada momento y la unión es lo que no hace una familia.

Sonia Melissa Morales Vivar

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia, paciencia y apoyo constante que me acompañaron en este largo camino académico. Gracias por creer en mí, por sus palabras de aliento en los momentos difíciles y por celebrar conmigo cada pequeño logro. Sin su respaldo emocional y su confianza, este sueño no habría sido posible. Este logro no es solo mío, sino de todos ustedes que hicieron sacrificios y me brindaron su comprensión durante estos años de estudio.

Kevin Adrian Naula Guaman

ÍNDICE

RESUMEN	VI
ABSTRACT	VII
ÍNDICE	X
INTRODUCCIÓN	16
Objetivos de Investigación	17
Objetivo General	17
Objetivos específicos	17
Preguntas de investigación	17
Justificación	18
1. CAPÍTULO I: PROBLEMÁTICA	20
1.1. Problemática	20
2. CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL	22
2.1. Marco Teórico	22
2.2. Marco Conceptual	24
2.2.1. Somnolencia	24
2.2.2. Causas de la Somnolencia en Conductores	25
2.2.3. ¿Cómo se mide la somnolencia?	25
2.2.4. Procesamiento Facial	28
2.3. ¿Qué es Kivy?	29
2.4. Aspectos Esenciales de Kivy	30
2.4.1. ¿Qué es Supabase?	30
3. CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	33
3.1. Enfoque de investigación	33
3.2. Tipo de investigación	33
3.3. Método de investigación	34

3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	34
3.5.	Metodología	35
3.5.1.	Enfoque Design Thinking	35
3.5.2.	Marco de trabajo Scrum	36
3.5.3.	Integración de Design Thinking y Scrum	37
3.5.4.	Planeación de los Sprints	38
4.	CAPÍTULO IV: INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	40
4.1.	Sistema Implementado	40
4.1.1.	Página de inicio	40
4.1.2.	Rol de conductor	40
4.1.3.	Rol de administrador	44
4.2.	Valoración subjetiva aplicada a conductores	46
4.2.1.	Encuestas	46
4.2.2.	Resultados de encuestas	48
5.	CAPÍTULO V: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN	55
5.1.	Diagramas de Soluciones	55
5.1.1.	Esquema de Casos de Uso	55
5.1.2.	Diagrama de procesos	56
5.2.	Metodología SCRUM	58
5.2.1.	Fase 1 - Establecimiento de los Equipos de Trabajo	58
5.2.2.	Fase 2 - Diseño de Relatos de Usuario	58
5.2.3.	Etapa 3 - Elaboración del Product Backlog	58
5.2.4.	Etapa 4 - Sprint Planning y Sprint Backlog	60
5.2.5.	Etapa 5 - Desarrollo de Cada Sprint	60
5.3.	Burndown Charts	60
5.3.1.	Burndown Chart - Sprint 1	61
5.3.2.	Burndown Chart - Sprint 2	62

5.3.3. Burndown Chart - Sprint 3	63
5.3.4. Burndown Chart - Sprint 4	64
5.3.5. Burndown Chart - Sprint 5	65
6. CONCLUSIONES	67
7. RECOMENDACIONES	69

ÍNDICE DE TABLAS

3.1. Historias de Usuario y Actividad	36
3.2. Historias de Usuario y Actividades por Semana	39
5.1. Distribución estimada de esfuerzo por historia de usuario	58

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

2.1. Somnolencia al Volante.	25
2.2. Reconocimiento Facial.	28
2.3. Framework Kivy	31
4.1. Pantalla de inicio.	41
4.2. Iniciación de sistema.	42
4.3. Pantalla de monitoreo.	43
4.4. Pantalla de alerta	44
4.5. Final del viaje	45
4.6. Pantalla para empresa.	46
4.7. Reportes.	47
4.8. Funcionamiento del sistema	49
4.9. Detección de métricas de somnolencia del sistema.	49
4.10. Eficacia de alertas	50
4.11. Influencia de la alerta en el conductor	50
4.12. Interrupción o distracción al conducir	51
4.13. Usabilidad del sistema	51
4.14. Seguridad al usar la aplicación	52
4.15. Interfaz del sistema	52
4.16. Disposición de usabilidad	53
4.17. Recomendación de usuarios	53
5.1. Caso de Uso.	55
5.2. Diagrama de Procesos.	56
5.3. Burndown Chart - Sprint 1.	62
5.4. Burndown Chart - Sprint 2.	63
5.5. Burndown Chart - Sprint 3.	64
5.6. Burndown Chart - Sprint 4.	65

5.7. Burndown Chart - Sprint 5. 66

INTRODUCCIÓN

La circulación de vehículos implica un conjunto de reglas, acciones y estrategias enfocadas en prevenir percances y proteger la vida y el bienestar de las personas. Este concepto comprende no solo la estructura creada para el tránsito y el cumplimiento de las normas de circulación, sino también la condición física de los choferes, que resulta ser un punto esencial en la prevención de estos incidentes. El cansancio afecta de manera notable la capacidad de reacción y la atención de los conductores, aumentando el peligro de choques. En consecuencia, es imprescindible tomar en cuenta la salud del chofer como un factor fundamental en la seguridad vial, enfatizando la necesidad de estar despierto.

El cansancio al conducir se manifiesta como un aspecto crucial en la conducción, y su identificación oportuna puede ser decisiva para la seguridad en las carreteras. Por lo tanto, la creación de una app para detectar la somnolencia, que envíe notificaciones y alertas rápidas, ayudará a mejorar la protección de los choferes. Esta aplicación usa métodos de procesamiento de imágenes para examinar en tiempo real el comportamiento del usuario por medio de la cámara del teléfono móvil. Al reconocer señales de somnolencia, como parpadeos constantes o movimientos de la cabeza, la app emitirá una alarma que alertará al conductor, ayudándole a mantenerse despierto y a tomar precauciones necesarias.

Se tratarán los aspectos técnicos, de diseño y la puesta en práctica, además de la importancia de esta herramienta en el panorama actual de la seguridad vial. La necesidad de esta aplicación se justifica por el aumento de accidentes vehiculares vinculados a la falta de atención, lo que subraya la relevancia de contar con tecnología que ayude a combatir este problema. Este informe se organiza en diversas secciones que explicarán el progreso del proyecto. Empezará con una revisión de la información relacionada con la somnolencia al conducir y su efecto en la seguridad vial. Luego, se detallará la metodología usada para la creación de la aplicación, incluyendo el diseño, las técnicas de procesamiento de imágenes y la manera en que evaluamos su rendimiento. Después, se mostrarán los resultados de las pruebas hechas con la aplicación y se hablará de su eficacia para detectar la somnolencia. Para terminar, se concluirá con un resumen de los descubrimientos y algunas sugerencias para futuras investigaciones y mejoras en la aplicación.

Objetivos de Investigación

Objetivo General

Desarrollar una aplicación móvil que detecte signos de somnolencia en conductores, mediante el uso de la cámara del dispositivo para identificar indicadores de fatiga visual y facial, a fin de prevenir accidentes asociados a la fatiga para la empresa SERSUPPORT.

Objetivos específicos

- Analizar estudios científicos relacionados con la detección de signos de somnolencia en conductores mediante el procesamiento de imágenes para identificar tecnologías, métricas y algoritmos base para el desarrollo de la aplicación móvil.
- Diseñar una aplicación móvil para patrones faciales y oculares y estados de somnolencia en conductores de la empresa SERSUPPORT mediante técnicas de procesamiento de imágenes, con el fin de generar alertas tempranas que contribuyan a la prevención de accidentes viales.
- Identificar signos de fatiga en conductores, como parpadeos excesivos, frecuencia de cabeceo e inclinaciones de la cabeza mediante el análisis en tiempo real para emitir alertas sonoras para mejorar la seguridad vial en las operaciones de logística de la empresa SERSUPPORT.
- Evaluar la eficacia del sistema de detección de somnolencia en conductores de SERSUPPORT mediante el análisis comparativo entre las alertas generadas y los incidentes reportados, la medición del cambio en el índice de accidentalidad frente a períodos anteriores, con el fin de determinar su impacto en la mejora de la seguridad vial.

Preguntas de investigación

1. ¿Cómo se podría implementar una aplicación móvil de detección de somnolencia utilizando la cámara del celular?

Justificación

La necesidad de una solución tecnológica que aborde el problema de la somnolencia en conductores es necesario, especialmente considerando el aumento de accidentes de tráfico relacionados con la fatiga. Con esta propuesta, se busca desarrollar una aplicación que no solo ayude a prevenir incidentes, sino que también eleve la conciencia sobre la importancia de estar alerta al volante. Al centrarse en la detección temprana de la somnolencia, se espera ofrecer a los conductores una herramienta que les permita tomar decisiones más seguras y responsables mientras conducen. (Delgado et al., 2024) menciona que la fatiga al volante representa un serio riesgo para la seguridad en las carreteras, haciendo indispensable la disponibilidad de técnicas eficientes para su identificación. En una investigación, se puso a prueba el modelo DenseNet121 en la detección de la somnolencia, centrándose en el análisis del estado de los ojos y la presencia de bostezos. Para este propósito, se emplearon 2090 fotografías de conductores obtenidas de Kaggle.

Delgado Egas y YandúnVelasguí (2022) propone un sistema para la detección de la somnolencia en taxistas de Tulcán, motivado por la notable frecuencia de accidentes de tránsito vinculados al cansancio. Se constató que las empresas de taxi no disponen de recursos para hacer seguimiento del nivel de atención de sus chóferes. El sistema implementa un sensor de infrarrojos para registrar el cierre de los párpados, un zumbador para generar alertas sonoras y un módulo Bluetooth para la comunicación con una app móvil encargada de la administración de los datos. Se realizaron pruebas con 20 voluntarios para evaluar la efectividad del prototipo, con el objetivo de reducir los accidentes por somnolencia.

La falta de implementación y desarrollo de herramientas para la detección de somnolencia o fatiga en los conductores ha motivado el presente estudio, el cual utiliza imágenes captadas por la cámara para identificar signos de somnolencia y evaluar la efectividad de la aplicación en la reducción de accidentes a corto plazo. La creación de esta aplicación móvil representa un paso importante hacia la mejora de la seguridad vial, ya que aborda de manera directa este problema, ofreciendo una herramienta capaz de detectar signos de fatiga de forma temprana. Se espera que el uso de este sistema contribuya a disminuir la cantidad de accidentes de tráfico ocasionados por la

somnolencia. Además, se busca aumentar la conciencia entre los conductores sobre la importancia de mantenerse alerta mientras conducen.

CAPÍTULO I: PROBLEMÁTICA

1.1. Problemática

La somnolencia al conducir representa un riesgo significativo para la seguridad en las carreteras y el bienestar general. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), (Organización Mundial de la Salud, 2023), un número considerable de accidentes de tráfico está relacionado con la fatiga al volante, lo que afecta negativamente la capacidad de respuesta, la concentración y el juicio de los conductores. Esta situación pone en riesgo tanto al conductor como a los acompañantes, a los peatones y al resto de personas en la vía.

Desde el ámbito de la salud, conducir durante largos períodos en estado de somnolencia puede ser un signo de trastornos del sueño, estrés crónico o problemas relacionados con la higiene del sueño. Si estas condiciones no se detectan a tiempo, pueden empeorar, afectando el rendimiento cognitivo, la salud mental y el bienestar general de la persona. Sin un sistema de alerta, los conductores no solo se exponen a accidentes, sino que también pueden pasar por alto los primeros signos de un deterioro en su salud.

Las estadísticas presentadas por la (ANT), (Agencia Nacional de Tránsito, 2024), muestran que entre 2022 y 2025 la somnolencia es un causante importante de todos los accidentes causados en Azuay. En 2022, se registraron aproximadamente 1,200 accidentes de tráfico en la provincia, de los cuales se estima que un 15 % fueron causados por la somnolencia, lo que equivale a alrededor de 180 incidentes. En 2023, aunque el número total de accidentes se mantuvo similar, se reportó que la fatiga continuó siendo un factor significativo. Durante los tres primeros meses de 2024, ocurrieron 1,100 percances viales; una proporción semejante se debió al cansancio. La información recabada enfatiza la apremiante demanda de instaurar herramientas tecnológicas que asistan en la disminución del peligro que representa el quedarse dormido manejando, lo que favorecerá la seguridad en las carreteras y el confort de los choferes en Azuay.

Un tema álgido en el ámbito de la logística es la frecuencia de siniestros originados por el sueño de los operadores. En la compañía Sersupport, cuyo negocio es la logística y el traslado de bienes, se han notificado como mínimo 12 colisiones vinculadas al agotamiento mientras se

conduce entre 2022 y 2024, según documentos internos de seguridad operacional. Tales sucesos han provocado daños a la propiedad, demoras en las remesas y han puesto en peligro la salud de los pilotos. Aunque cada vez se sabe más sobre este asunto, los métodos para notar cuando alguien tiene sueño tienden a ser caros, difíciles de usar o solo se ven en carros lujosos, haciendo que pocos los puedan usar. Hoy en día, no hay opciones tecnológicas fáciles de obtener, sobre todo para quienes manejan sus propios carros, que avisen justo cuando uno empieza a sentirse cansado o a tener esos pequeños momentos en que se queda dormido sin darse cuenta. Esta carencia de tecnología que sea fácil de usar es una gran chance para crear herramientas más baratas y al alcance de todos, como 'apps' para los teléfonos.

CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL

2.1. Marco Teórico

Hoy en día, identificar la somnolencia al volante ha cobrado gran relevancia dentro de las tecnologías de seguridad vial. Múltiples investigaciones han mostrado que es posible utilizar la visión artificial, el aprendizaje automático y los dispositivos móviles para detectar indicios de cansancio o falta de atención al instante. La finalidad es disminuir considerablemente la cantidad de percances automovilísticos.

Dentro del campo de la visión artificial convencional, Gorvenia y Tello (2018) contrastan dos técnicas comunes de reconocimiento de rostros: el detector *Viola-Jones* y *Regression Based Facial Landmark Detection*. Los dos métodos fueron puestos a prueba en situaciones de oclusión, giro de la cara e iluminación inestable, y se analizaron a través de una matriz de confusión para medir su eficiencia. La investigación revela que la falta de sueño impacta de forma negativa en la capacidad de reacción, la concentración y la vista del conductor, aumentando el peligro de accidentes.

De igual forma, muchos análisis han indagado en la incorporación del aprendizaje automático para perfeccionar la exactitud y la capacidad de adaptación de estos sistemas. Por ejemplo, Suarez Buitrago (2022) implementó diversas técnicas de *machine learning* sobre un conjunto de datos de imágenes faciales, logrando una tasa de precisión del 95%. De manera similar, Fernández Solís et al. (2022) utilizaron redes neuronales profundas y obtuvo tasas de acierto entre el 96% y el 99%, lo que demuestra la superioridad de los modelos de *deep learning* en la detección de signos faciales de somnolencia.

La tendencia a llevar estos sistemas a dispositivos móviles ha motivado prototipos que operan en tiempo real. Baiza Lovato (2020), desarrolló un prototipo de visión artificial que analiza el parpadeo y la inclinación de la cabeza, identificando estados de somnolencia con alta fiabilidad y emitiendo alertas instantáneas al conductor. Por su parte, Flores-Monroy et al. (2023) diseñaron un sistema de baja complejidad computacional, capaz de ejecutarse en *smartphones* con un 95.8% de precisión en equipos de alto rendimiento y 84.5% en móviles, ajustando así el compromiso

entre eficiencia y recursos. Recientemente, Makhmudov et al. (2024) detalló un método discreto para identificar la somnolencia al instante, usando redes neuronales convencionales (CNN). Estas se prepararon con videos grabados bajo variadas luces y posiciones de la cara. El sistema logró una exactitud del 96.54% al mirar detalles como los parpadeos y los ojos entreabiertos, mostrando que las CNN pueden ser útiles para hacer las carreteras más seguras.

Para que la detección sea más fiable, estudios recientes han buscado unir la visión artificial con datos del cuerpo y del auto. Zhou y Li (2021) propuso un sistema para vigilar el cansancio que une información de video al momento con sensores de movimiento, logrando así diferenciar mejor los niveles de atención. De igual modo, Chen et al. (2021) investigaron modelos de *deep learning* optimizados para *streaming* de video vehicular, mostrando mejoras en velocidad de respuesta sin sacrificar precisión. Complementariamente, Bajaj et al. (2023) desarrollaron un modelo híbrido que combina MTCNN para análisis de comportamiento facial con un sensor de respuesta galvánica de la piel (GSR), obteniendo una precisión del 91% en la transición de vigilia a somnolencia en entorno simulado.

Dentro del desarrollo de aplicaciones móviles, diversos estudios han centrado su análisis en el procesamiento de imágenes de distintas métricas del rostro. Salcedo y Fernández (2015) implementaron un prototipo para dispositivos Android basado en OpenCV, que emite advertencias al conductor en caso de distracción o fatiga, como parte de los desarrollos de la Universidad Carlos III de Madrid. En el ámbito local, Cueva (2023) desarrolló un sistema basado en SCRUM que detecta somnolencia, distracción y ausencia del conductor en tiempo real. El sistema utiliza métricas como la relación ojo abierto/cerrado (EAR) y el análisis de puntos faciales horizontales. Para su validación, se analizaron seis videos grabados durante la conducción, logrando un 87% de precisión. La detección de rostros y ojos es inmediata, y las alertas se activan tras 1.5 segundos para somnolencia y 2 segundos para distracción. De igual manera, Gonzales (2024) implementó un software de inteligencia artificial para la detección de microsueños en conductores de minibuses, mediante el monitoreo continuo del rostro y una aplicación móvil de alerta.

En conjunto, estos estudios evidencian la efectividad de la visión artificial, el aprendizaje automático y las arquitecturas móviles e híbridas para la detección de somnolencia en tiempo real.

Con base en lo revisado, se considera factible el desarrollo de una aplicación que integre estas tecnologías, ya que permiten combinar precisión, eficiencia y portabilidad. De esta manera, se espera que la propuesta contribuya significativamente a reforzar la seguridad vial.

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. Somnolencia

La somnolencia es una necesidad fisiológica básica, similar al hambre o la sed, esencial para la supervivencia. Se define como la tendencia a quedarse dormido, y su intensidad se puede medir por la rapidez con la que una persona se duerme y la duración del sueño.

Una de las clasificaciones distingue entre somnolencia normal y somnolencia patológica. La somnolencia normal está regulada por el ritmo circadiano (un ciclo biológico de aproximadamente 24 horas que controla los períodos de vigilia y sueño en función de la luz y la oscuridad). Este ritmo hace que en ciertas horas del día especialmente durante la noche aumente de forma natural la necesidad de dormir.

Por otro lado, la somnolencia patológica puede manifestarse de forma habitual, como en el caso de trastornos crónicos del sueño (por ejemplo, la narcolepsia o la apnea del sueño), o de forma ocasional, causada por factores externos como el *jet lag*, el consumo de ciertos medicamentos, o alteraciones momentáneas en los hábitos de descanso.

Además, se distingue entre somnolencia optativa y somnolencia excesiva. La optativa ocurre en momentos socialmente aceptados para descansar, como después del almuerzo o al anochecer, y suele desaparecer tras un breve reposo. En cambio, la somnolencia excesiva se presenta de forma inapropiada durante actividades que requieren atención, como conducir o trabajar, lo que puede implicar riesgos para la seguridad. Esta última se asocia con síntomas como visión borrosa, dificultad para mantener los ojos abiertos, lapsos de atención, y cabeceo involuntario. (Rosales, 2010)

Figura 2.1

Somnolencia al Volante.



Nota. La ilustración muestra la somnolencia al volante.

2.2.2. Causas de la Somnolencia en Conductores

Según diversos estudios, la somnolencia en la conducción puede tener múltiples causas.

Privación del sueño: Dormir menos de 6 horas reduce significativamente la capacidad de reacción.

Jornadas laborales extensas: Los conductores que trabajan turnos nocturnos o más de 10 horas seguidas tienen mayor riesgo.

Trastornos del sueño: Apnea del sueño, insomnio o narcolepsia pueden provocar somnolencia crónica.

Uso de medicamentos o sustancias: Algunos medicamentos provocan efectos sedantes.

2.2.3. ¿Cómo se mide la somnolencia?

La somnolencia puede medirse mediante métodos subjetivos, conductuales, fisiológicos y tecnológicos modernos, dependiendo del contexto y la tecnología disponible (Gonçalves et al., 2023).

Métodos Subjetivos

Utilizan escalas de autoevaluación para que la persona valore su nivel de somnolencia. Las más comunes son:

Escala de Somnolencia de Epworth (ESS): Evalúa la probabilidad de quedarse dormido en diferentes situaciones. Puntuaciones superiores a 10 indican somnolencia excesiva.

Escala de Stanford (SSS): Mide el estado de alerta en tiempo real, en una escala del 1 al 7.

Métodos Conductuales

Se basan en la observación de signos externos del individuo, como indica Kumagai et al. (2023). Estos permiten evaluar el estado de alerta a través de comportamientos visibles:

- **Frecuencia y duración del parpadeo**: Un aumento en la frecuencia de parpadeo puede ser un signo de fatiga.

Parpadeo Normal: Frecuencia: 10–20 parpadeos por minuto. Duración: Aproximadamente 100–150 ms por parpadeo.

Parpadeo en Estado de Cansancio: Frecuencia: Menos de 10 parpadeos por minuto. Duración: Parpadeos más lentos y prolongados, a menudo superiores a 400 ms.

Parpadeo en Riesgo de Somnolencia: Frecuencia: Puede ser menor a 10 parpadeos por minuto. Duración: Parpadeos que duran entre 300–600 ms, lo que puede indicar un posible micro-sueño.

- **Cabeceo o pérdida de postura**: Indican lucha contra la somnolencia (Ñíguez Hernández, 2022).
- **Frecuencia de bostezos**: Asociada con disminución de atención.

Bostezo Normal: Frecuencia: 0–1 bostezo cada 10 minutos. Duración: 5–10 segundos por bostezo.

Bostezo en Estado de Somnolencia: Frecuencia: 2 o más bostezos en un periodo de menos de 5 minutos. Duración: Similar, 5–10 segundos por bostezo.

- *Micro-sueños*: Episodios breves (1 a 10 segundos) de pérdida de conciencia.
- **Cambios en la expresión facial**: Como mirada vacía o menor actividad muscular facial (Garcés et al., 2015).
- **Inclinación de la cabeza**:

Inclinación Normal: Ángulo de Inclinación: Menos de 15° en postura neutra.

Inclinación en Estado de Cansancio: Ángulo de Inclinación: Si supera los 15° durante varios segundos, puede indicar fatiga extrema o inicio de microsueño, ya que la persona comienza a bajar la cabeza lentamente.

Métodos Fisiológicos

Registran señales corporales para determinar el nivel de somnolencia, como explican Almutairi et al. (2023):

Electroencefalograma (EEG): Mide la actividad cerebral, detectando ondas alfa y theta (Peinado Mesa et al., 2024).

Electrooculograma (EOG): Registra movimientos oculares, útil para detectar microsueños (Luna Becerril et al., 2021).

Electromiograma (EMG): Mide la actividad muscular, relacionando esfuerzo y somnolencia (Torres Varon, 2022).

Métodos Tecnológicos Modernos

Con la integración de IA y visión por computadora, se han desarrollado indicadores innovadores para la detección de somnolencia Yarici et al. (2023):

EAR (Eye Aspect Ratio): Relación entre apertura y cierre ocular. $EAR \leq 0.2$ indica posible somnolencia (Jang et al., 2021).

PERCLOS: Porcentaje de cierre ocular en un tiempo determinado. $\geq 15-20\%$ en 10 minutos indica somnolencia (Orsolini et al., 2022).

■ **Reconocimiento facial:** Análisis de señales visuales como:

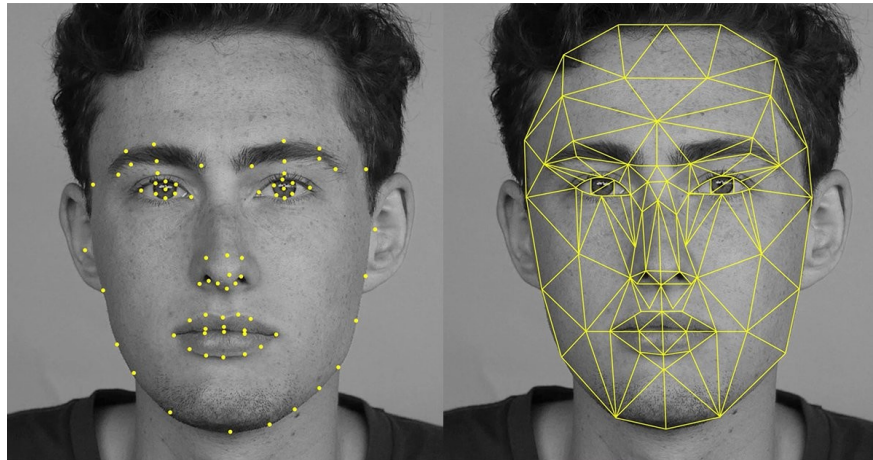
Frecuencia de parpadeo (más de 20/minuto).

Expresiones faciales de fatiga (mirada vacía, ceño fruncido).

Postura de la cabeza (inclinación).

Figura 2.2

Reconocimiento Facial.



Nota. La ilustración muestra las métricas con las que se podrá medir la somnolencia.

2.2.4. Procesamiento Facial

El reconocimiento facial es una tecnología de autenticación biométrica que identifica y verifica a un individuo basándose en las características únicas de su rostro. Esta tecnología se fundamenta en el análisis de patrones faciales como la distancia entre los ojos, la forma de la nariz y la estructura de la mandíbula para crear un modelo único del individuo.

Tipos de Reconocimiento Facial

Según Robertogutter (2025), existen dos tipos de reconocimiento facial principales:

Verificación facial (1:1): Compara una imagen facial con una plantilla almacenada.

Identificación facial (1:N): Compara una imagen con múltiples plantillas para reconocer al individuo.

Tecnología Usada

Las tecnologías de reconocimiento facial han avanzado considerablemente gracias al acceso libre a herramientas y lenguajes de programación de alto nivel, como Python, que se ha posicionado como uno de los más utilizados en el ámbito de la visión por computadora y la inteligencia artificial. Python destaca por su sintaxis sencilla, gran comunidad de desarrolladores y amplia compatibilidad con bibliotecas especializadas, lo que facilita el desarrollo de sistemas complejos de procesamiento de imágenes en tiempo real (Merino Ancajima, 2023).

Algunas de las bibliotecas y de libre acceso que se usan para el reconocimiento facial son:

OpenCV: Es una biblioteca de visión por computadora muy utilizada

Dlib: Esta biblioteca integra procesos computacionales que son para identificar rostros y rastrear marcadores faciales.

MediaPipe: Desarrollada por Google, esta herramienta permite analizar expresiones faciales y movimientos en tiempo real.

2.3. ¿Qué es Kivy?

Kivy es una plataforma de desarrollo de código abierto diseñada para crear aplicaciones que funcionen en múltiples sistemas operativos utilizando un único código base. Desarrollada con *Python* y *Cython*, facilita la creación de aplicaciones compatibles con *Windows*, *macOS*, *Linux*, *Android* e *iOS*.

Su principal fortaleza radica en simplificar el desarrollo de interfaces gráficas de usuario (GUI) modernas y flexibles, optimizadas para pantallas táctiles, interacciones gestuales, funcionalidad *multi-touch* y dispositivos móviles.

2.4. Aspectos Esenciales de Kivy

- Verdaderamente Multiplataforma: Permite crear una aplicación que se ejecute sin modificaciones en diferentes sistemas operativos. Esto agiliza el proceso de desarrollo y soporte, ya que elimina la necesidad de mantener versiones separadas para cada plataforma.
- Compatibilidad con Python: Kivy se desarrolla completamente en Python 3.x, lo que lo hace accesible para programadores familiarizados con este lenguaje. Además, facilita la integración de bibliotecas externas como *NumPy*, *OpenCV* o *SQLite*.
- Sistema de Componentes Gráficos Altamente Adaptable: Kivy brinda una extensa selección de *widgets* ya listos, como botones, *sliders*, campos de texto, imágenes, etc. Igualmente, permite diseñar *widgets* a medida, y emplear el lenguaje KV (*Kivy Language*) para establecer interfaces gráficas de manera declarativa, separadas de la lógica del programa.
- Optimizado para pantallas táctiles y multitouch: Soporta de forma nativa eventos multitáctiles, lo que lo hace ideal para aplicaciones móviles, *tablets* o pantallas interactivas. Es posible implementar gestos personalizados, como deslizamientos, toques múltiples o rotaciones.
- Código abierto y comunidad activa: Kivy se distribuye bajo licencia MIT y cuenta con una comunidad activa que contribuye continuamente con mejoras, documentación y soporte. Esto favorece un ecosistema en evolución constante (VikyWelcome, 2024).

2.4.1. ¿Qué es Supabase?

Supabase es una plataforma *backend* como servicio (BaaS) de código abierto, una alternativa a *Firebase*, que facilita el desarrollo rápido de aplicaciones web y móviles. Busca brindar

Figura 2.3

Framework Kivy



herramientas *backend* modernas, completas y sencillas, construidas sobre tecnologías sólidas y conocidas como *PostgreSQL*.

Esta plataforma integra diversas funcionalidades:

Base de datos PostgreSQL: Supabase utiliza PostgreSQL como sistema de base de datos, permitiendo ejecutar consultas SQL complejas y usar funciones avanzadas como relaciones, vistas, *triggers*, entre otras.

API RESTful y en tiempo real: Supabase genera automáticamente una *API RESTful* para cada tabla, lo que permite a los desarrolladores interactuar fácilmente con la base de datos desde el frontend. Además, a través de *WebSockets*, Supabase admite actualizaciones en tiempo real cuando los datos cambian.

Sistema de autenticación: Proporciona un sistema de autenticación completo que incluye acceso mediante correo electrónico y contraseña, autenticación a través de redes sociales (como *Google*, *GitHub* y *Apple*), enlaces mágicos y gestión de sesiones. También permite manejar roles y políticas de acceso mediante *Row Level Security (RLS)*.

Almacenamiento de archivos: Supabase ofrece almacenamiento de archivos tipo bucket,

ideal para subir imágenes, documentos o cualquier archivo que la aplicación necesite.

Dashboard intuitivo y CLI: Proporciona una interfaz gráfica de administración moderna y una línea de comandos (CLI) para automatizar y desplegar proyectos.

Código abierto y auto-hospedable: A diferencia de *Firebase*, Supabase es *open source* y se puede desplegar en servidores propios para mayor control y personalización.

Supabase se integra fácilmente con *frameworks* actuales como *React*, *Vue*, *Angular* y *React Native*. Gracias a su arquitectura y la potencia de PostgreSQL, es ideal para aplicaciones que requieren actualización, autenticación segura y operaciones en tiempo real («Supabase Studio 3.0», 2023).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Enfoque de investigación

El proyecto realizado emplea un enfoque de investigación cuantitativa, centrado en la recopilación y análisis de datos medibles para evaluar la efectividad de un sistema diseñado para detectar la somnolencia en los conductores. Este método permite observar fenómenos específicos, como el parpadeo lento, el cierre prolongado de los ojos y la inclinación de la cabeza, utilizando parámetros previamente definidos que son analizados mediante algoritmos de visión por computadora. La característica cuantitativa de esta investigación facilita la identificación de patrones numéricos y la realización de pruebas controladas, lo que permite evaluar el rendimiento del sistema en términos de precisión, sensibilidad y especificidad. De este modo, se establece una base objetiva para determinar su viabilidad en situaciones reales. Además, este enfoque contribuye a la replicación de los resultados en distintos entornos y grupos de prueba, lo que refuerza la fiabilidad científica en la evaluación del prototipo desarrollado (Kusuma & Heryadi, 2019).

3.2. Tipo de investigación

La investigación se clasifica como aplicada, ya que se enfoca en resolver un problema específico relacionado con la detección temprana de la somnolencia en conductores, con el objetivo de prevenir accidentes de tráfico. El desarrollo tecnológico propuesto se fundamenta en la combinación de métodos de procesamiento de imágenes y aprendizaje automático para identificar signos físicos que indiquen fatiga. Además, el estudio sigue un diseño experimental, ya que se llevan a cabo pruebas controladas para evaluar el rendimiento del sistema frente a diferentes niveles de somnolencia simulada. Esto permite medir de manera objetiva la efectividad del algoritmo en condiciones específicas, como variaciones en la iluminación, distintas morfologías faciales y movimientos no controlados de la cabeza. La implementación del sistema en un entorno simulado facilita la evaluación de su viabilidad antes de su aplicación en situaciones reales de conducción (Mughal & Li, 2021).

3.3. Método de investigación

El enfoque de investigación adoptado en este proyecto es de tipo experimental, ya que se desarrolla y valida un sistema tecnológico capaz de identificar en tiempo real las señales de somnolencia en los conductores, utilizando algoritmos de reconocimiento facial y análisis de imagen. Este enfoque permite establecer una relación de causa y efecto entre los indicadores fisiológicos monitoreados, como la frecuencia de parpadeo, el cierre prolongado de los ojos y la inclinación de la cabeza, y el nivel de somnolencia del conductor.

Durante la fase experimental, se realizan pruebas en un entorno controlado donde se simulan diferentes grados de fatiga, lo que proporciona métricas que deben alinearse con los diversos rangos estudiados previamente. Al aplicar el método experimental en el proyecto, se facilita la iteración sobre el prototipo, lo que permite realizar mejoras continuas en la calibración del modelo, el entrenamiento del algoritmo y la efectividad del procesamiento de imágenes. Este enfoque es adecuado para confirmar hipótesis relacionadas con el rendimiento del sistema, lo que permite llegar a conclusiones fundamentadas sobre su viabilidad técnica y su aplicabilidad en situaciones reales de conducción.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de datos, se emplearon métodos mixtos que combinan la observación directa con encuestas estructuradas. La observación se llevó a cabo durante las pruebas del sistema diseñado para detectar la somnolencia, lo que permitió registrar el comportamiento visual del conductor y cómo reaccionaba el sistema ante señales como parpadeos excesivos, inclinaciones de cabeza y cierres prolongados de los ojos. Además, el diseño y la validación de estas pruebas se fundamentaron en investigaciones previas, tanto locales como internacionales, que analizan los patrones de somnolencia al conducir y los métodos de detección utilizados en estudios similares.

Las encuestas se realizaron con un grupo reducido de 10 conductores, quienes actuaron como usuarios del sistema en condiciones simuladas. Estas encuestas incluyeron preguntas tanto cerradas como abiertas, con el objetivo de recopilar información sobre su experiencia al utilizar

el prototipo, su percepción sobre la efectividad del sistema, la facilidad de uso y sugerencias para mejoras. También se indagó sobre sus hábitos al volante, sus horarios laborales y las situaciones en las que han experimentado somnolencia.

La combinación de ambos métodos de recolección de datos proporciona una visión completa sobre el funcionamiento del sistema y su aceptación entre los usuarios finales, lo que facilita un análisis de los resultados tanto cuantitativo como cualitativo (OpenReplay, 2024).

3.5. Metodología

El desarrollo del presente proyecto se llevó a cabo mediante un enfoque metodológico híbrido que combina los principios del **Design Thinking** con la estructura iterativa del marco ágil **Scrum**. Esta integración permitió abordar el problema desde una perspectiva centrada en el usuario, mientras se mantenía una gestión eficiente del tiempo, las tareas y los entregables.

3.5.1. Enfoque Design Thinking

Principios del pensamiento de diseño

El pensamiento de diseño o *Design Thinking* parte de la premisa de comprender profundamente las necesidades de los usuarios y desarrollar soluciones innovadoras mediante un enfoque empático, iterativo y práctico. En este proyecto, se empleó como etapa previa al desarrollo técnico para guiar la definición y priorización de funcionalidades desde el punto de vista del usuario final.

Aplicación en el proyecto

Durante la fase inicial del proyecto, se aplicaron las siguientes etapas del Design Thinking:

- **Empatizar:** Investigación sobre la somnolencia en conductores, observación directa y recolección de datos relevantes.
- **Definir:** Delimitación del problema y especificación de requerimientos desde la experiencia del usuario.

- **Idear:** Generación de propuestas de solución viables, priorizadas según su impacto y factibilidad.
- **Prototipar y Probar:** Diseño de interfaces preliminares y pruebas con usuarios para obtener retroalimentación temprana.

3.5.2. Marco de trabajo Scrum

Roles y responsabilidades

Para el desarrollo de la aplicación que detecta somnolencia en usuarios y emite alertas preventivas, se utilizó el marco de trabajo ágil **Scrum**. El equipo Scrum estuvo conformado de la siguiente manera:

Tabla 3.1

Historias de Usuario y Actividad

Nombre	Rol	Responsabilidades
Reiner Contreras y Henry Tigre	Product Owner	Define requisitos, prioriza el backlog, valida entregables.
Kevin Naula	Scrum Master	Facilita los procesos Scrum, elimina obstáculos.
Kevin Naula y Sonia Morales	Equipo de Desarrollo	Diseñan, programan, documentan y despliegan funcionalidades.

Ciclos de desarrollo: Sprints

Scrum estructura el desarrollo en ciclos llamados **sprints**, que en este proyecto fueron cinco (5), de dos semanas cada uno. En cada *sprint* se planificaron entregables específicos, lo que permitió avanzar progresivamente hacia una aplicación funcional.

Los eventos Scrum considerados fueron:

- **Sprint Planning:** planificación del sprint y selección de tareas.
- **Daily Scrum:** reuniones diarias de seguimiento.
- **Sprint Review:** presentación y evaluación del incremento.

- **Sprint Retrospective:** análisis de procesos internos y mejoras.

Los artefactos utilizados incluyen:

- **Product Backlog:** lista priorizada de requisitos.
- **Sprint Backlog:** conjunto de tareas específicas de cada sprint.
- **Incremento:** producto funcional entregado al final de cada sprint

Herramientas ágiles utilizadas

- **Overleaf:** Documentación colaborativa.
- **GitHub:** Control de versiones y coordinación técnica.
- **Python y OpenCV:** Desarrollo del sistema y detección facial.

3.5.3. Integración de Design Thinking y Scrum

Flujo metodológico híbrido

El *Design Thinking* se aplicó como fase exploratoria previa a los sprints. Gracias a ello, se definieron con mayor claridad las necesidades reales del usuario, permitiendo que el Product Backlog inicial reflejara funcionalidades validadas desde el diseño centrado en el usuario. A partir de allí, Scrum tomó el control como metodología de desarrollo e implementación.

Justificación de la combinación

La combinación de *Design Thinking* y Scrum proporcionó un equilibrio entre creatividad e iteración técnica. Mientras el primero guió la empatía y la ideación, el segundo garantizó entregas progresivas, organización del equipo y adaptabilidad frente a cambios.

3.5.4. Planeación de los Sprints

El proyecto se organizó en cinco sprints, cada uno duro dos semanas. Esta estructura permitió concentrarse en tareas específicas en cada ciclo, lo que facilitó un desarrollo continuo y funcional.

- **Sprint 1:** En esta fase inicial, se llevó a cabo una investigación sobre el estado actual del tema, se definió el problema a abordar y se establecieron los objetivos funcionales del sistema.
- **Sprint 2:** Durante este sprint, se desarrolló la funcionalidad para detectar rostros y parpadeos utilizando la cámara.
- **Sprint 3:** En esta etapa, se implementó un sistema de alertas tanto visuales como sonoras, se diseñó la interfaz gráfica del usuario.
- **Sprint 4:** Aquí se integraron todos los módulos en una única aplicación, se llevaron a cabo pruebas de usabilidad con usuarios reales.
- **Sprint 5:** Finalmente, se optimizó el rendimiento del sistema, se elaboró la documentación técnica necesaria, se preparó la presentación final y se culminó el proyecto.

Tabla 3.2*Historias de Usuario y Actividades por Semana*

Semana	Historia de Usuario / Actividad
1	Como equipo de desarrollo, necesitamos realizar una investigación del estado del arte sobre detección de somnolencia, para comprender las tecnologías y metodologías existentes.
2	Como equipo de desarrollo, queremos identificar y delimitar el problema real a resolver, para poder definir claramente los objetivos del sistema.
3	Como usuario, quiero conocer los síntomas comunes de somnolencia, para identificar cuándo es necesario que el sistema me alerte.
4	Como usuario, quiero que el sistema detecte mi rostro a través de la cámara, para que se pueda monitorear mi nivel de atención.
5	Como usuario, quiero que el sistema detecte si mis ojos están cerrados por un periodo prolongado, para recibir una alerta de somnolencia.
6	Como desarrollador, quiero que el sistema emita una alerta sonora y visual, para que el usuario sea notificado de forma efectiva.
7	Como desarrollador, quiero realizar pruebas del algoritmo de detección facial en diferentes condiciones de iluminación, para garantizar su precisión.
8	Como usuario, quiero que el sistema tenga una interfaz intuitiva, para que pueda visualizar fácilmente mi estado y las alertas emitidas.
9	Como desarrollador, quiero integrar los módulos de detección facial y alertas en una sola aplicación funcional.
10	Como desarrollador, quiero realizar pruebas de usabilidad con usuarios reales, para mejorar la experiencia y la eficacia del sistema.
11	Como equipo, queremos documentar el desarrollo y resultados del proyecto, para facilitar su presentación y replicabilidad.
12	Como usuario, quiero que el sistema se ejecute automáticamente al iniciar, para no depender de una activación manual.
13	Como desarrollador, quiero optimizar el código y reducir el consumo de recursos, para garantizar que el sistema funcione en tiempo real.
14	Como equipo, queremos preparar y realizar la presentación final del proyecto, para exponer los logros, resultados y conclusiones.

CAPÍTULO IV: INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

En este capítulo se presentan detalladamente los resultados junto con los datos recolectados durante la valoración subjetiva. Con este análisis se podrá verificar patrones, tendencias y relaciones importantes. Esto ayudara a comprender mejor sus hallazgos y su relevancia con los objetivos para este documento.

4.1. Sistema Implementado

4.1.1. Página de inicio

Este sistema ayuda a detectar signos de somnolencia en tiempo real a conductores, analiza patrones fáciles como el parpadeo, el bostezo y la inclinación de cabeza. Al ser detectadas estas señales emite alertas sonoras como visuales para poder prevenir accidentes. La interfaz es simple y funcional, ayuda a iniciar el monitoreo fácil y así poder ajustar el volumen de la alerta, también permite ver el historial de los viajes. A continuación, se encuentra las principales pantallas y tu funcionalidad:

La figura 4.1 presenta la pantalla de inicio de sesión, creada para que los usuarios puedan ser registrados. Con dos campos principales: uno para el ingreso del correo electrónico y otro para la contraseña, ambos tienen textos de ayuda como **INGRESA TU EMAIL** e **INGRESA TU CONTRASEÑA**. También tiene dos botones que son: **Iniciar sesión** para entrar al sistema y **Crear cuenta** para los usuarios nuevos. Además, en la parte inferior hay una opción de asistencia que dice **¿Necesitas ayuda? Contacta soporte**, lo que ayuda con la accesibilidad y usabilidad del sistema.

4.1.2. Rol de conductor

Iniciación de sistema

La figura 4.2, muestra la interfaz de inicio del sistema. En la parte superior de la pantalla se detalla el Reporte de viaje y un botón para **CERRAR SESIÓN**; el primero ayuda a revisar las estadísticas del viaje y en la segunda opción se genera la opción para que la salida del sistema sea mas rápido. Además, se encuentran dos campos: **Ubicación de Inicio** y **Ubicación de Destino**, estos

Figura 4.1

Pantalla de inicio.

Iniciar Sesión

Ingresa tus credenciales para acceder

Correo Electrónico

Ingresa tu email

Contraseña

Ingresa tu contraseña

Iniciar Sesión

Crear Cuenta

¿Necesitas ayuda? Contacta soporte

Nota. Página principal donde el usuario podrá iniciar sesión o registrarse.

podrán ser completados dependiendo el lugar de origen y destino. Con esto se podrá establecer los trayectos de cada conductor. El botón Iniciar Viaje esta ubicado debajo de todos los campos, con el objetivo de ser de acción rápida y directa para el usuario.

Pantalla de monitoreo

La pantalla de la figura 4.3 muestra la interfaz del sistema de monitoreo en tiempo real y el estado de alerta del usuario. Incluye los siguientes datos:

- En esta sección se muestran los indicadores fisiológicos del conductor. como la inclinación de la cabeza, el parpadeo, bostezos y sus micro-sueños.
- Se mostrara mensajes o alertas visuales donde se notificara si se ha detectado algún evento peligroso como la perdida de atención o los micro-sueños.
- También se mostrara un marcador en la parte inferior que indica si el sistema esta en ejecu-

Figura 4.2

Iniciación de sistema.

The image shows a mobile application interface for a travel report. At the top, there is a header bar with the title 'Reporte de Viaje' on the left and a 'Cerrar Sesión' button on the right. Below the header, the text 'Conductor: kanaula' is displayed. The main content area is a rounded rectangle containing two input fields. The first is labeled 'Ubicación de Inicio' and contains the text 'Cuenca'. The second is labeled 'Ubicación de Destino' and contains the text 'Quito'. Below these fields is a button labeled 'Iniciar Viaje'. At the bottom of the screen, there is a status bar with the text 'Estado: Preparando...'.

Nota. El conductor deberá completar con el nombre de su lugar de origen y destino.

ción monitoreando al usuario.

Pantalla de alerta

La pantalla peligro del sistema de monitoreo mostrada en la figura 4.4, se activa cuando se detecta un micro-sueño en el conductor. El sistema se enfoca en dar una respuesta rápida antes eventos de peligro. Los cuales son:

- Da un mensaje de alerta advirtiendo al conductor sobre un microsueño que dice (Micro-sueño detectado! Por tu seguridad, mantente despierto), con un estilo para captar rápido su atención.
- También se encuentra con un contador de duración que muestra cuanto tiempo lleva la alarma activa por ejemplo (Alarma activa: 10.3 s), dando así una respuesta inmediatamente. real.
- Hay dos botones los cuales son: Desactivar alarma, para detener la alerta sonora manual-

Figura 4.3*Pantalla de monitoreo.*

Nota. El usuario podrá analizar su estado de alerta.

mente así el usuario estará consciente y podrá continuar con su trayecto. Y un botón de EMERGENCIA, lo que podrá permitir activar un protocolo de atención, esto quiere decir que es una emergencia y necesita ser atendido inmediatamente.

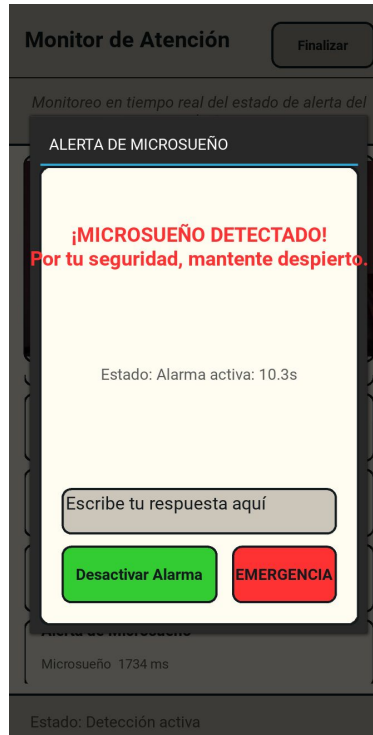
Reporte final del viaje

La pantalla de la figura 4.5 muestra el resumen final del viaje, esto con el propósito de dar a conocer al usuario su desempeño completo durante todo el trayecto del viaje, se enfoca en parámetros que pueden reflejar diferentes niveles de fatiga o variaciones de atención. Esta compuesta por cuatro secciones informativos cada uno dependiendo de los signos de somnolencia.

- En el primer bloque se puede observar el REPORTE DE PARPADEOS, aquí indica el total que ha sido detectado y si hubo algún problema en el patrón.

Figura 4.4

Pantalla de alerta .



Nota. El conductor deberá desactivar la alarma.

- En el segundo bloque es el de REPORTE DE BOSTEZOS, aquí muestra si registro algún episodio de bostezo.
- También se encuentra el reporte de Frotamiento de Ojos señalando si se identificaron el cierre de los mismos acompañados de un valor del riesgo.
- Por último, el bloque de reportes de cabeceo da a conocer sobre los movimientos de cabeza, estos se dan el momentos de pérdida de atención también con un nivel de alerta.

4.1.3. Rol de administrador

Pantalla de Empresa

La figura 4.6 muestra el Panel de la Empresa, destinado a los usuarios con un rol administrativo. Con un encabezado que tiene el título y un botón para cerrar sesión fácilmente. Además, se encuentra con dos botones adicionales; el primero se centra en VER CONDUCTORES, donde se

Figura 4.5*Final del viaje .*

Resumen Final del Viaje
Análisis de Comportamiento del Conductor
<p>Reporte de Parpadeos</p> <p>Total de reportes: 1 Patrón de parpadeo irregular detectado</p>
<p>Reporte de Bostezos</p> <p>No se detectaron bostezos Nivel de somnolencia normal</p>
<p>Frotamiento de Ojos</p> <p>1 frotamiento de ojos detectado Nivel de riesgo: <input type="checkbox"/> BAJO</p>
<p>Cabeceo</p> <p>1 cabeceo detectado Nivel de riesgo: <input type="checkbox"/> BAJO</p>
Volver al Inicio

Nota. Se podrá observar el resumen del trayecto de su viaje.

podrá observar cada reporte de cada usuario. mientras que en el segundo botón se encuentra la función de AGREGAR ADMINISTRADORES, en donde se puede adicionar nuevos administradores al sistema de la empresa, pudiendo monitorear las rutas de los conductores y las estadísticas de los mismos.

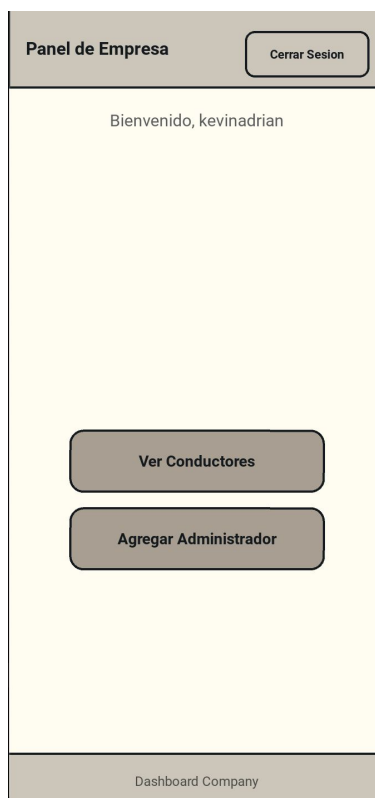
Reportes de conductores

La interfaz de la figura 4.7 presenta el historial de los viajes realizados por el conductor. Cada uno tendrá un identificador único, lugar de origen y lugar de destino. Cada reporte cuenta con un botón de VER REPORTES, lo que permite visualizar detalladamente todo el trayecto que ha realizado el conductor y las estadísticas relevantes de las métricas de somnolencia captados durante el trayecto.

En la parte superior hay las opciones de Volver y Actualizar para facilitar la información general, y en la parte de abajo se encuentran todos los reportes que hay en el sistema.

Figura 4.6

Pantalla para empresa.



Nota. La empresa podrá monitorear a los conductores.

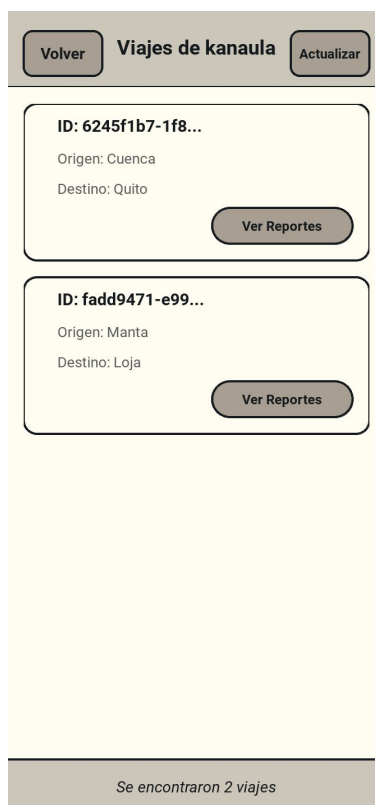
4.2. Valoración subjetiva aplicada a conductores

4.2.1. Encuestas

Para evaluar la efectividad, la facilidad de uso y la impresión general de la aplicación móvil diseñada para detectar la somnolencia, se realizó una encuesta a los conductores que probaron el prototipo en un entorno simulado.

La encuesta fue estructurada y se centró principalmente en preguntas cerradas, que incluían opciones como (sí/no), escalas de Likert de cinco puntos y una pregunta abierta para recoger comentarios adicionales. Este instrumento se aplicó después de que los usuarios completaran la prueba práctica del sistema, lo que permitió recopilar información basada en su experiencia real.

- **Funcionamiento del sistema:** Preguntas cerradas de Si/No, que busca centrarse en el desempeño del sistema durante las pruebas del sistema.

Figura 4.7*Reportes.*

Nota. El encargado de la empresa podrá estar pendiente de los reportes de cada conductor.

- ¿La aplicación funcionó correctamente durante el tiempo de prueba?
 - ¿La aplicación detectó correctamente señales de somnolencia durante su uso?
 - ¿La alerta sonora fue clara y lo suficientemente fuerte para captar su atención?
 - ¿La alerta le ayudó a mantenerse despierto o más atento?
 - ¿Interrumpió la aplicación su conducción o causó molestias innecesarias?
- **Usabilidad y percepción:** Preguntas centradas en la intuitividad del sistema y el diseño agradable del mismo; para ello se estableció la escala de Likert en cinco escalas, donde 1 representa totalmente en desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo.
- La aplicación fue fácil de usar en general.
 - Me sentí seguro/a al usar esta aplicación durante la conducción.

- El diseño de la aplicación es agradable y funcional.
- **Aceptación futura y recomendación:** Centrada en el uso de la aplicación dentro de trayectos de la empresa y que tan aplicable sería dentro de sus recorridos.
 - ¿Le gustaría usar esta aplicación regularmente en sus trayectos? - Si/No
 - ¿Qué tan de acuerdo está con recomendar esta aplicación a otras personas? - Likert
- **Comentario abierto:**
 - ¿Desea agregar algún comentario?

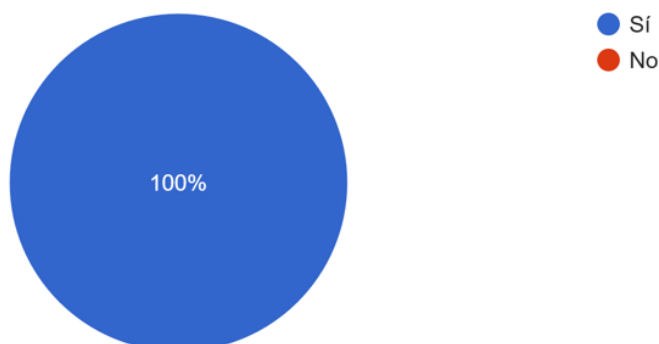
Este dispositivo se utilizó con los 10 conductores de la empresa SERSUPPORT que formaron parte de la prueba experimental, lo que permitió conseguir una evaluación directa del rendimiento del sistema, su efecto mientras se conduce y el nivel de aceptación de los usuarios finales.

4.2.2. Resultados de encuestas

Después de haber realizado la encuesta a un total de 10 conductores, utilizando un total de 11 preguntas en *Google Forms*, se recolectaron los siguientes resultados. Esto ayudo a recolectar informaron de manera eficaz y estructurado.

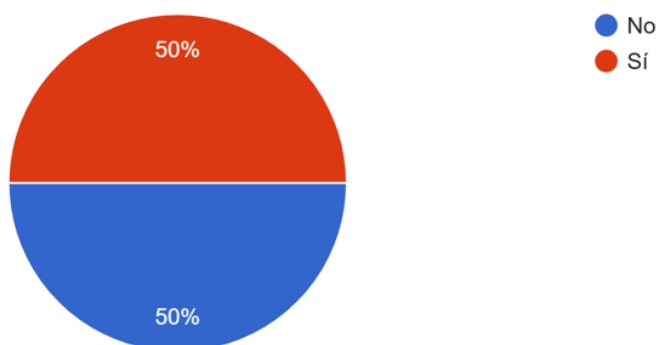
- **¿La aplicación funcionó correctamente durante el tiempo de prueba?**

En esta pregunta se requería validar la estabilidad y el funcionamiento total del sistema. El 100% es decir todos los participante respondieron Si con lo cual nos da a conocer que no encontró ningún error durante la prueba.

Figura 4.8*Funcionamiento del sistema**Nota.* Elaboración propia

- **¿La aplicación detectó correctamente señales de somnolencia durante su uso?**

Esta pregunta calcula la efectividad de la alerta sonora del sistema. Los resultados muestran que el 100% quiere decir que todos los participantes consideraron la alerta apropiada en cuanto a volumen y claridad, siendo si se implemento correctamente el parámetro auditivo.

Figura 4.9*Detección de métricas de somnolencia del sistema.**Nota.* Elaboración propia.

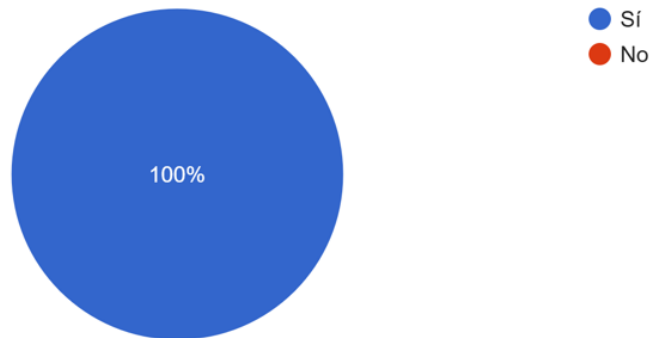
- **¿La alerta sonora fue clara y lo suficientemente fuerte para captar su atención?**

Esta pregunta evalúa si la alerta utilizada en el entorno cumplió la función de alertas o de notificación. Los resultados indican el 100% quiere decir que todos los participantes consi-

deraron que fue perceptible y efectiva, lo que verifica que su funcionalidad es un éxito.

Figura 4.10

Eficacia de alertas



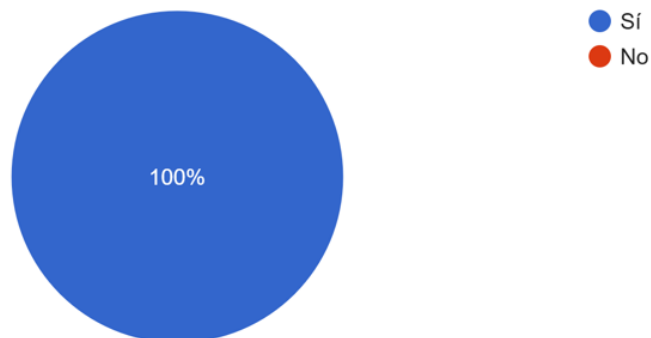
Nota. Elaboración propia.

■ ¿La alerta le ayudó a mantenerse despierto o más atento?

Esta pregunta evalúa el nivel de atención y el estado de insomnio en el análisis el 100% todas las personas mostraron respuestas afirmativas. Esto quiere decir que gracias al sonido de alerta las personas pudieron tener un estímulo auditivo lo que ayudo a cumplir la función de la concentración

Figura 4.11

Influencia de la alerta en el conductor



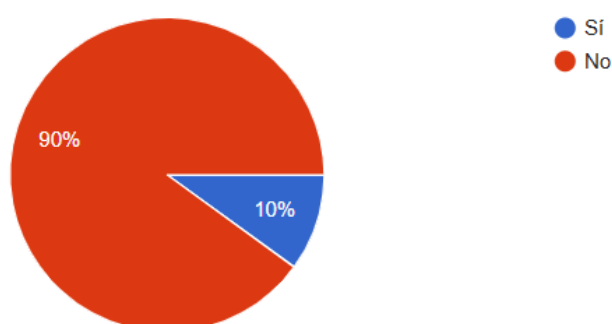
Nota. Elaboración propia.

■ ¿Interrumpió la aplicación su conducción o causó molestias innecesarias?

Esta pregunta evalúa como influye la aplicación en la conducción y la experiencia que tiene el usuario. La mayoría de personas indicaron que no se generó errores ni interferencias lo que sería una buena integración en el entorno. Pero, el 10% quiere decir una persona indicó que se podría requerir ajustes para tener un sistema óptimo y no afecte a la comodidad del usuario.

Figura 4.12

Interrupción o distracción al conducir



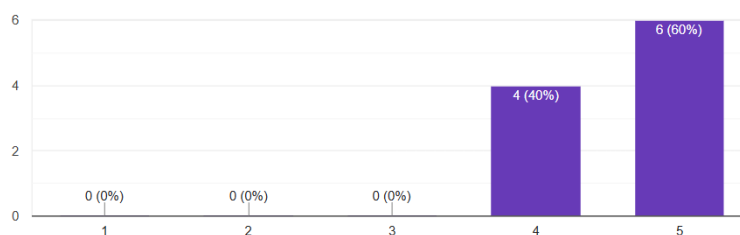
Nota. Elaboración propia.

■ **La aplicación fue fácil de usar en general.**

Esta pregunta mide la sensación general de la usabilidad de la aplicación evaluada. El 100% de las personas lo calificaron como fácil y muy fácil esto indica que la experiencia que vivió el usuario fue positiva, ya que la interfaz es muy intuitiva y funcional. Este resultado sugiere que el diseño cumple con la accesibilidad y la simplicidad.

Figura 4.13

Usabilidad del sistema



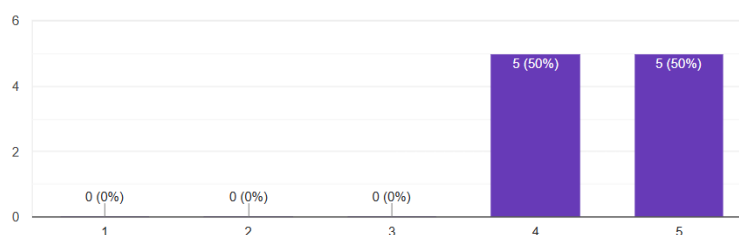
Nota. Elaboración propia.

- **Me sentí seguro/a al usar esta aplicación durante la conducción.**

Esta analiza el nivel de confianza la seguridad que la aplicación ofrece en situaciones de conducción. El 100% de los usuarios lo calificó como seguro/a o muy seguro/a indica una buena experiencia , no hay distracciones ni riesgos. Esto respalda la coherencia del diseño funcional, donde la seguridad es importante.

Figura 4.14

Seguridad al usar la aplicación



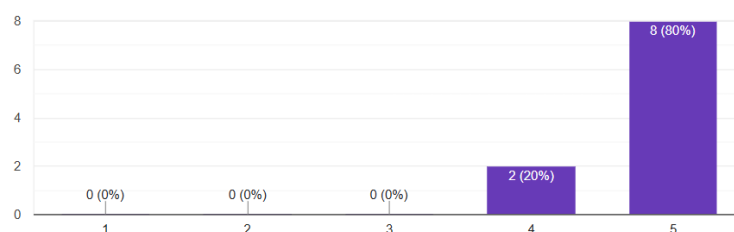
Nota. Elaboración propia.

- **El diseño de la aplicación es agradable y funcional.**

Esta busca analizar la visión estética y operativa del diseño de la aplicación. El 80% de los participantes la calificó con un 5 (muy de acuerdo), y que el 20% la calificó con un 4 (agradable). Esto indica que tuvo una experiencia visual buena, y con una estructura eficiente. Estos resultados indican que el diseño cumple en aspectos funcionales con en la satisfacción y gusto del usuario.

Figura 4.15

Interfaz del sistema



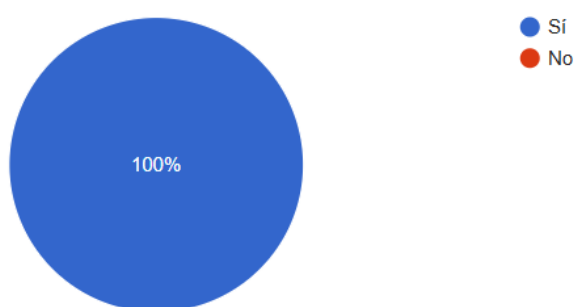
Nota. Elaboración propia.

- **¿Le gustaría usar esta aplicación regularmente en sus trayectos?**

Esta evalúa la disposición de los usuarios al incluir esta aplicación en su trabajo diario. El 100% todos los conductores indicaron que si la podrían utilizar diariamente, lo que es un nivel muy bueno de aceptación. Esto ayuda a analizar que la aplicación cumple con sus funciones y ademas genera la confianza para que sea utilizado continuamente.

Figura 4.16

Disposición de usabilidad



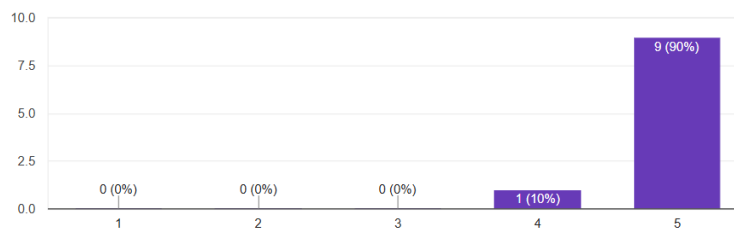
Nota. Elaboración propia.

■ **¿Qué tan de acuerdo está con recomendar esta aplicación a otras personas?**

Esta pregunta mide el nivel que recomiendan los usuarios para utilizar este sistema. La mayoría de personas el 90% indicó que esta totalmente de acuerdo en recomendarla, mientras que el el 10% indicó un acuerdo moderado. No hubo respuestas negativas. Esto indica que el sistema tiene una confianza solida y opta una opción para los nuevos usuarios.

Figura 4.17

Recomendación de usuarios



Nota. Elaboración propia.

■ **¿Desea agregar algún comentario?**

El 90% de los usuarios no agregó ningún comentarios con respecto al sistema, lo da a conocer una impresión positiva sobre el funcionamiento de este sistema. Sin embargo, el 10% realizó una sugerencia en base a el sistema de alertas. Esta observación importante se podría considerar para arreglos o actualizaciones para futuras mejoras del sistema, valorando su factibilidad y el impacto en la optimización del problema.

CAPÍTULO V: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

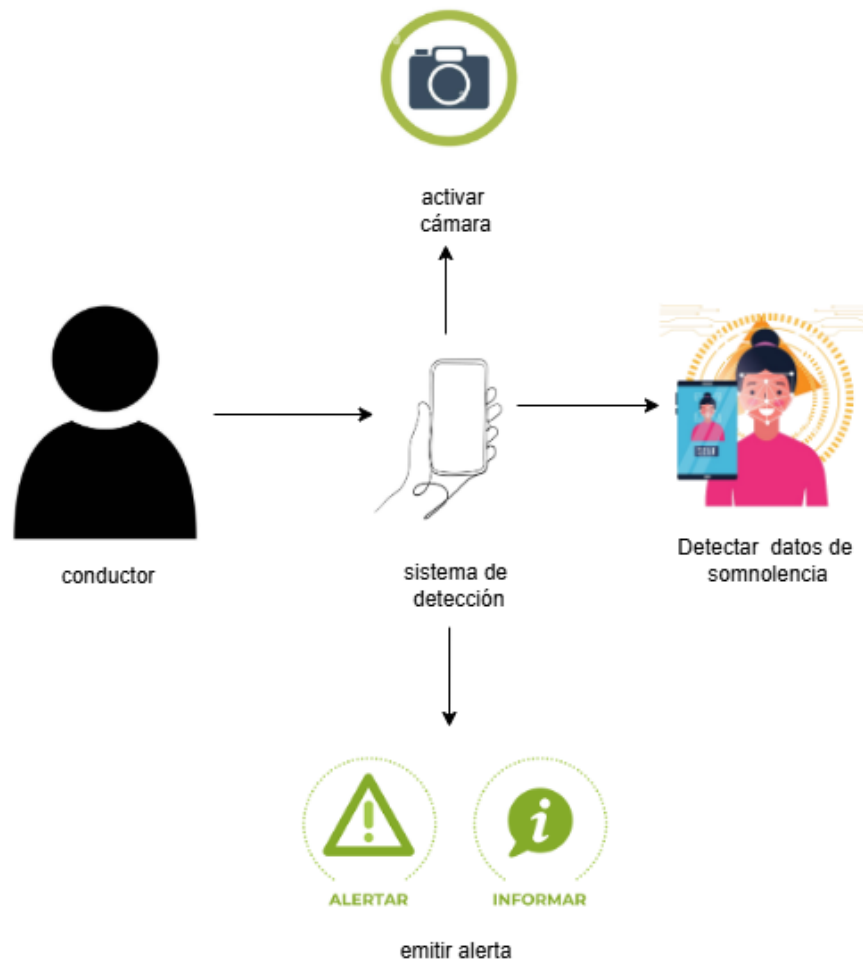
5.1. Diagramas de Soluciones

5.1.1. Esquema de Casos de Uso

La representación gráfica de la figura 5.1 presenta las capacidades esenciales del sistema, enfocándose en la perspectiva del usuario. Este esquema define los actores primordiales, incluyendo al conductor, el usuario más importante, y el sistema de detección. Resalta funciones cruciales como activar la cámara, reconocer parpadeos y la generación de notificaciones.

Figura 5.1

Caso de Uso.

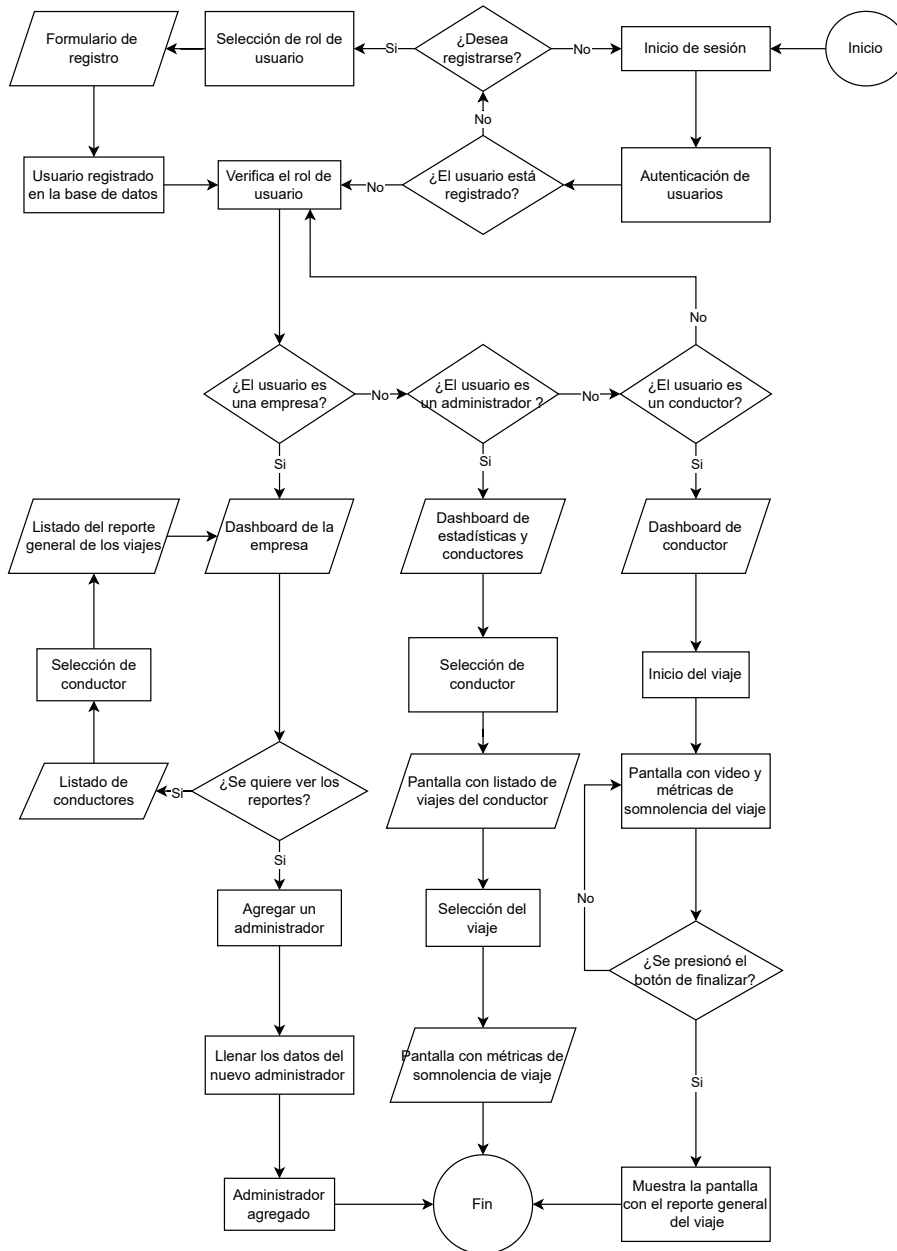


Nota. El diagrama muestra las funciones clave del sistema y la interacción entre el conductor y el sistema de detección.

5.1.2. Diagrama de procesos

Figura 5.2

Diagrama de Procesos.



Nota. El diagrama muestra el proceso del sistema, desde el registro hasta la vista de reportes, también la diferencia de roles y funcionalidades.

En la ilustración 5.2 se muestra la secuencia de procesos para el sistema de alerta de cansancio, donde hay diversos perfiles, cada uno con interfaces y funciones concretas según el usuario.

Rol de la Empresa - Explicación

En el diagrama, la Empresa juega un rol de control, se encarga de administrar el personal y la supervisar las actividades. Su trabajo es vigilar el rendimiento de conductores y del sistema, facilitando la interpretación de datos y la definición de acciones.

El proceso para la empresa se comienza con la confirmación de identidad permitiendo así la entrada a información general, revisar la lista de conductores que se encuentran disponibles y entrar al panel principal, donde se observan las acciones de la plataforma. El proceso finaliza con informes generados, en los que hay notificaciones de fatiga, eficacia de las rutas y otros aspectos relevantes.

Gestiones - Rol del Administrador

El administrador es el que se encarga de la configuración, la estructura del sistema y gestionar los perfiles de los usuarios. Su función es importante ya que asegura que la plataforma funcione sin problemas y cada usuario cuente con permisos necesarios.

El proceso inicia cuando el administrador entra al sistema y se centra en tareas como registrar a nuevos usuarios, actualizar la configuración del sistema, establecer notificaciones (como niveles críticos de sueño) y revisar informes de todos los trayectos registrados en la plataforma.

Gestiones - Rol del Conductor

El Conductor es el usuario que usa la aplicación en tiempo real mientras realiza su ruta. Su principal tarea es comenzar y concluir cada viaje, además de monitorear su estado físico, sobre todo en lo que respecta a las alertas de cansancio que el sistema pueda identificar.

El trabajo del conductor empieza eligiendo un viaje, prosigue con su implicación durante el recorrido, donde podría recibir alertas o sugerencias. Al finalizar el viaje, puede revisar sus datos personales y un resumen del trayecto, lo que le permite valorar su salud y su rendimiento.

5.2. Metodología SCRUM

5.2.1. Fase 1 - Establecimiento de los Equipos de Trabajo

Se organizó un equipo Scrum, el cual quedó integrado por:

Product Owner: Reiner Contreras y Henry Tigre

Scrum: Master Kevin Naula

Equipo de Desarrollo: Kevin Naula y Sonia Morales

Cada miembro tomó responsabilidades concretas para garantizar la ejecución del plan de desarrollo.

5.2.2. Fase 2 - Diseño de Relatos de Usuario

Se redactaron relatos de usuario que explican características desde el punto de vista del usuario. Algunos ejemplos clave son:

Tabla 5.1

Distribución estimada de esfuerzo por historia de usuario

Historia de Usuario	Descripción breve	Esfuerzo (%)
HU-04	Detección del rostro con cámara	15 %
HU-05	Detección de ojos cerrados por tiempo prolongado	20 %
HU-06	Emisión de alertas sonoras y visuales	15 %
HU-09	Integración de módulos en una sola aplicación	20 %
HU-10	Pruebas de usabilidad con usuarios reales	10 %
HU-13	Optimización del código y rendimiento	10 %
HU-14	Preparación y presentación final del proyecto	10 %
Total		100 %

5.2.3. Etapa 3 - Elaboración del Product Backlog

Durante el desarrollo del proyecto, se definieron múltiples historias de usuario distribuidas a lo largo de las 14 semanas, priorizadas e incluidas en el *Product Backlog*.

Historias de Usuario Representativas

HU-04: Detección del rostro mediante cámara

Permitió que la cámara reconociera el rostro del usuario, base para detectar parpadeo y somnolencia.

HU-05: Detección de ojos cerrados por tiempo prolongado

Implementó algoritmos para detectar estados de somnolencia mediante patrones de parpadeo.

HU-06: Emisión de alertas sonoras y visuales

Transformó la detección en una acción efectiva con alertas que advierten al usuario.

HU-09: Integración de módulos en una sola aplicación

Consolidó todas las funciones en una sola aplicación lista para pruebas.

HU-10: Pruebas de usabilidad con usuarios reales

Validó el sistema en un entorno real, permitiendo mejoras.

HU-13: Optimización del código y rendimiento

Aseguró un sistema funcional en tiempo real con bajo consumo.

HU-14: Preparación y presentación final del proyecto

Documentó y presentó los resultados a los *stakeholders*.

Evolución del Product Backlog

El *Product Backlog* evolucionó de forma iterativa:

Fase inicial: Investigación y definición del problema (HU-01, HU-02, HU-03)

Fase técnica: Desarrollo de funcionalidades (HU-04 a HU-09)

Fase final: Validación, optimización y cierre (HU-10 a HU-14)

5.2.4. Etapa 4 - Sprint Planning y Sprint Backlog

Cada *sprint* fue planificado en sesiones de **Sprint Planning**, donde se seleccionaban tareas del *Product Backlog* y se definía el *Sprint Backlog* con objetivos concretos.

Ejemplo de Sprint Backlog:

Activar cámara y capturar rostro

Implementar algoritmo de parpadeo

Programar alerta sonora

Integrar interfaz gráfica

5.2.5. Etapa 5 - Desarrollo de Cada Sprint

Durante los sprints se realizaron las siguientes actividades:

- **Daily Scrum:** Reuniones diarias para seguimiento del avance
- **Sprint Review:** Evaluación de entregables y retroalimentación
- **Sprint Retrospective:** Mejora continua del equipo y procesos

Al finalizar cada sprint, se tenía un incremento funcional del sistema, desde pruebas iniciales de cámara hasta la detección de somnolencia y generación de alertas.

5.3. Burndown Charts

Los diagramas de *Burndown*, también llamados gráficos de trabajo restante, son representaciones visuales muy útiles en las metodologías ágiles, sobre todo en Scrum, para seguir la evolución del equipo durante un sprint. Muestran la cantidad de trabajo que falta por completar (ya sean puntos de historia o tareas) en relación con el tiempo, ayudando a determinar si el equipo está cumpliendo con lo previsto.

En el gráfico, el eje horizontal indica los días que dura el sprint, mientras que el eje vertical refleja los puntos de trabajo que se habían estimado. Normalmente, se muestran dos líneas: una línea que indica el avance planeado (ideal o esperado) y otra que muestra el progreso real del equipo.

Estas gráficas permiten:

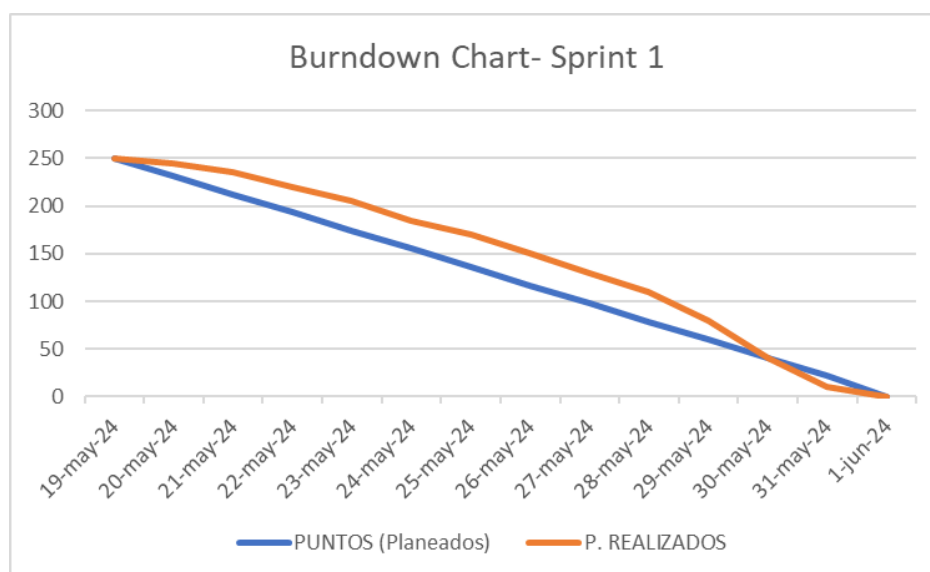
- Monitorear el rendimiento del equipo de manera diaria.
- Identificar desviaciones respecto a lo planificado.
- Facilitar la toma de decisiones durante el sprint.
- Promover la transparencia en el desarrollo.

A continuación, se muestra las gráficas de *burndown* que creamos para cada *sprint* mientras desarrollábamos el sistema que detecta la somnolencia. Cada gráfica refleja cómo trabajó el equipo y si logramos cumplir lo que nos propusimos en cada fase.

5.3.1. Burndown Chart - Sprint 1

En la ilustración 5.3 se puede observar cómo fue el avance del primer ciclo, que fue desde el 19 de mayo y hasta el 1 de junio, con un total de 13 días de trabajo. En esta fase, se llevó a cabo tareas importantes como explorar el panorama actual, definir el problema y establecer las metas del sistema. Se calculó que serían necesarios 250 puntos de esfuerzo, esto equivale a un promedio de 19.23 puntos diarios. El gráfico muestra que el trabajo se mantuvo firme y acorde a lo que se esperaba, disminuyendo el trabajo desde los 250 puntos iniciales hasta completarlos al cierre del ciclo.

Cabe indicar que la línea que marca el trabajo completado es en base a la de planificación, lo que indica que las tareas asignadas se realizaron sin problema. Este primer ciclo fue importante ya que establece las bases del proyecto y garantiza una visión sólida del problema que requiere solucionar, lo que permitió al equipo avanzar con una idea clara desde las etapas iniciales del desarrollo.

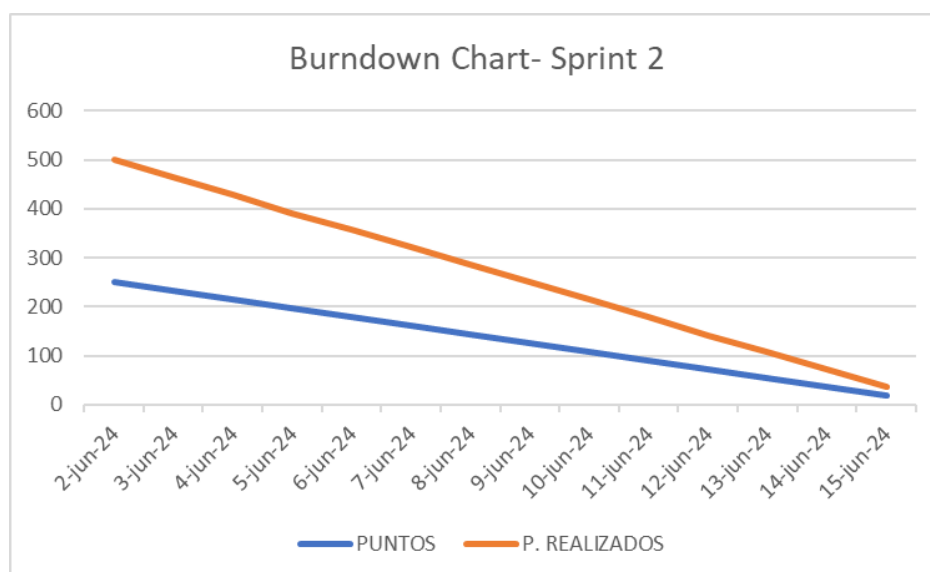
Figura 5.3*Burndown Chart - Sprint 1.*

Nota. El gráfico muestra el trabajo del Sprint 1, que es desde el 19 de mayo al 1 de junio. .

5.3.2. Burndown Chart - Sprint 2

En la figura 5.4 muestra el avance del segundo sprint, fue desde el 2 al 15 de junio, fueron 14 días activos. La etapa, se centró en la funcionalidad de detección facial y parpadeo mediante la cámara. También se realizaron pruebas básicas sobre el código realizado. Se estimó 250 puntos de trabajo, lo que es un promedio de 17.86 puntos por día. La gráfica refleja un trabajo progresivo y equilibrado, con una disminución visible de puntos restantes, lo que evidencia una planificación adecuada y un seguimiento constante.

Desde el inicio se mantuvo trabajo continuo, comenzando de 250 puntos y cerrando el sprint con 18 puntos pendientes. Aunque no se pudo reducir la carga de trabajo a cero, el avance fue relevante y permitió validar la funcionalidad principal del sistema. La cercanía entre la línea de puntos realizados y línea planificada indica una importante adaptación del equipo ante los problemas encontrados, lo que refuerza la validez del proceso durante esta fase del proyecto.

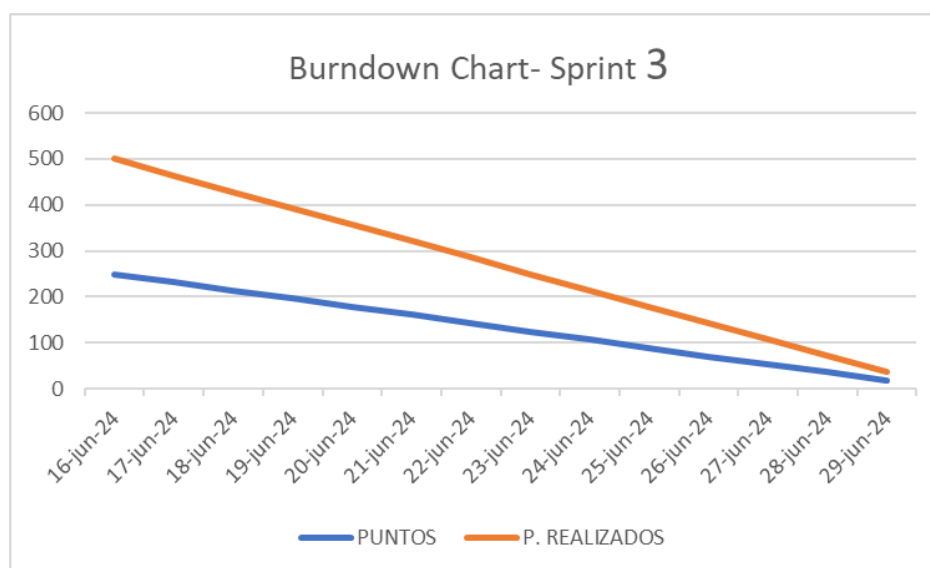
Figura 5.4*Burndown Chart - Sprint 2.*

Nota. El Sprint 2 se realizo desde el 2 al 15 de junio y es sobre la implementación de la lógica para la detección facial y de parpadeo.

5.3.3. Burndown Chart - Sprint 3

Como se observa en la figura 5.5, el tercer sprint fue desde el 16 al 29 de junio, con un total de 14 días en los que se trabajó. Durante este período, se desarrollo en la creación del sistema de alertas tanto visuales como sonoras, también en el diseño de la interfaz de usuario y el validar el funcionamiento del sistema. Al igual que en los sprints anteriores, fueron 250 puntos de trabajo, lo que equivale a un promedio de 17. 86 puntos. La gráfica muestra una implementación y un ritmo de avance estable, con una línea de puntos completados que se encuentra cerca de la línea de planificación.

Es importante mencionar que, durante los últimos días del sprint, se examino un incremento pequeño en los puntos faltantes, esto paso por cambios visuales y pruebas que necesitaron ser mas repetidas que de las anticipadas. Sin embargo, se lograron alcanzar los objetivos que se establecieron para esta etapa, lo que refleja una capacidad notable de adaptación y una mejor gestión por parte del equipo.

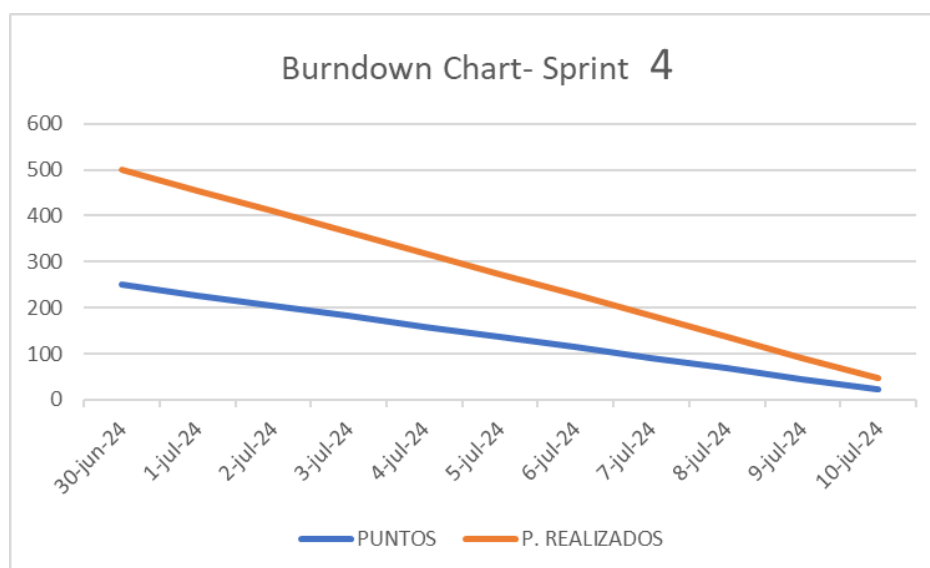
Figura 5.5*Burndown Chart - Sprint 3.*

Nota. El gráfico es desde el 16 y hasta el 29 de junio.

5.3.4. Burndown Chart - Sprint 4

La imagen 5.6 muestra el avance del cuarto sprint, que fue desde el 30 de junio hasta el 10 de julio, con un total de 11 días de trabajo. Durante esta etapa, se ejecuto en la combinación de diferentes módulos que se habían creado anteriormente. Además, se realizaron pruebas de uso con usuarios reales, lo que permitió tener comentarios inmediatos y realizar cambios enfocadas en mejorar la experiencia del usuario. Se mantuvo la estimación de 250 puntos de trabajo, el promedio aumentó a 22. 73 puntos fue una duración mas corta.

La gráfica de puntos completados muestra un ritmo de trabajo rápido, mas en los últimos días, cuando las tareas tuvieron un poco de complejidad para lograr una integración. Este sprint fue importante para estructurar el sistema de manera fácil y funcional, permitiendo observar cómo las fases desarrolladas trabajaban en grupo. Las pruebas con usuarios ofrecieron información importante, ya que proporcionaron comentarios útiles para las mejoras y reforzar la usabilidad del sistema.

Figura 5.6*Burndown Chart - Sprint 4.*

Nota. Este sprint fue desde el 30 de junio al 10 de julio, se realizaron pruebas de usabilidad.

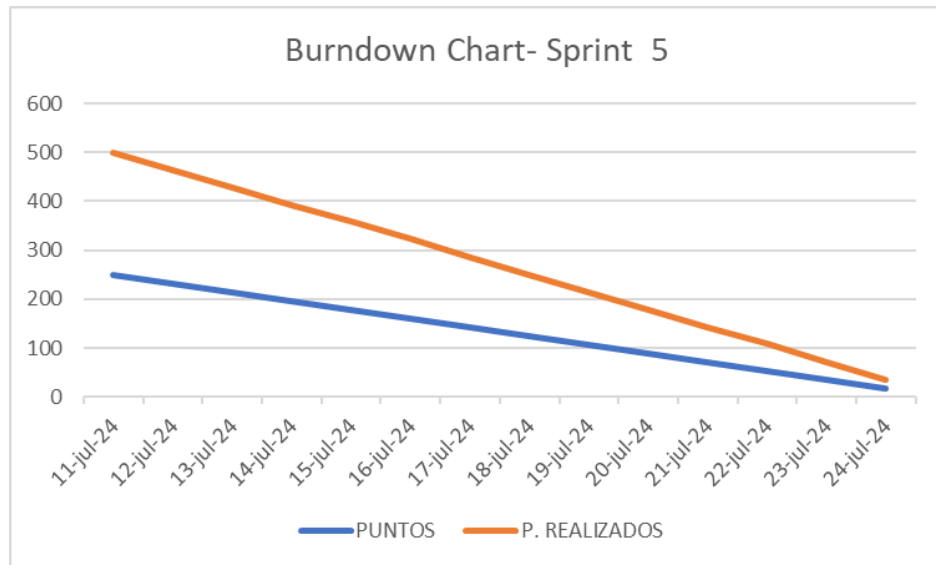
5.3.5. Burndown Chart - Sprint 5

La imagen 5.7 muestra el progreso del quinto y último sprint, que fue desde el 11 al 24 de julio, con una duración de 14 días. En este período, se mejoró el rendimiento del sistema, la documentación técnica y preparar la presentación del proyecto. Como sucedió en los sprints anteriores, son 250 puntos de trabajo, lo que es un promedio diario de 17.86 puntos. La gráfica muestra un desarrollo fluido y constante, que terminó por completar todas las tareas.

En la fase final, se centró en arreglar aspectos importantes relacionados con la validez del sistema, resolver errores menores y reunir el material para presentar y explicar el proyecto. La relación entre la cantidad de trabajo completado y el valor inicial indica que se mantuvo en los tiempos y los recursos necesarios, lo que lleva a un final exitoso para este trabajo.

Figura 5.7

Burndown Chart - Sprint 5.



Nota. El Sprint 5 desde el 11 al 24 de julio, y se baso en la optimización del rendimiento y la documentacion del proyecto.

CONCLUSIONES

El área de la seguridad vial es un tema que ha ganado amplia aceptación dentro de la ciudadanía en los últimos tiempo, pues mediante recursos tecnológicos como teléfonos celulares o dispositivos microcontrolados generan detección temprana de signos de somnolencia, que permiten la toma de acciones preventivas. Es así que el sistema desarrollado logró implementar una aplicación móvil mediante reconocimiento facial con procesamiento de imágenes para la detección de somnolencia en conductores. Por tanto, el proyecto solvento todas las fases, desde el análisis de requerimientos, revisión de referentes teóricos sobre el procesamiento de imagen para así poder identificar los signos de fatiga, permitiendo así elegir las tecnologías y algoritmos que sean adecuado para poder realizar el diseño de este sistema.

El sistema es capaz de reconocer patrones faciales mediante la cámara del celular, para poder identificar señales como el bostezo, el parpadeo y la inclinación de cabeza que son importantes para detectar efectivamente de somnolencia, también se complemento con alertas y notificaciones sonoras que mantienen alerta al conductor, así se podrá prevenir accidentes. Esto permite al conductor tomar descansos o dormir un periodo corto de tiempo; ayudando de esta forma significativamente en el fortalecimiento de la seguridad vial, del conductor y de todos los usuarios de las vías del país.

Las pruebas realizadas en la permitieron identificar que el sistema detecta efectivamente los patrones de somnolencia y fatiga en los conductores de la empresa SERSUPPORT, en donde se aplico la validación del sistema, obteniendo muy buenas retroalimentaciones, ya que un gran porcentaje de conductores mencionó que el sistema ayuda a detectar los signos de fatiga, pudiendo evitar accidentes. En un futuro cercano esta app se puede convertirse en una herramienta de gran ayuda para mejorar la seguridad vial, debido a que tanto la provincia como el país tiene alto indice de accidentes de conductores por cansancio, especialmente en las empresas de logísticas, por las grandes distancias y tiempos prolongados de conducción.

Como conclusión, se determino que las nuevas tecnologías de visión por computadora y el procesamiento de imagen en tiempo real de este proyecto es una de las soluciones mas efectivas para la somnolencia en conductores. Los algoritmos de reconocimiento facial, el análisis de par-

padeos y detección de cabeceo mediante la cámara del dispositivo móvil representa un enfoque apropiado para abordar esta problemática en el sector logístico.

RECOMENDACIONES

A nivel institucional

- Implementar el sistema en unidades de transporte público o de carga pesada como una medida de prevenir accidentes que pueden ser provocados por la somnolencia al momento de conducir.
- Dar una capacitación a los usuarios sobre el monitoreo de la fatiga, dando así información sobre como funciona la aplicación y como son sus alertas.
- Hacer convenios con empresas públicas de transporte realizando pruebas que puedan ser mas amplias y así permitan recopilar información reales de operación y mejorar el funcionamiento del sistema.

A nivel técnico

- Integrar actualizaciones que ayuden a mejorar la detección de somnolencia y sus comportamientos peligrosos, utilizando mejor la inteligencia artificial para que sea mas precisa.
- Ampliar el sistema operativo para que pueda ser compatible con distintos dispositivos móviles, ayudando así a garantizar el funcionamiento que sea estable en diferentes entornos.
- También se agregaría un sistema dentro de la aplicación para su retroalimentación, esto ayudaría a que los conductores puedan comentar sus fallas o sugerencias.

A nivel teórico

- Realizar estudios nuevos que puedan analizar el impacto del sistema en cuanto a la reducción de accidentes, se podría comparar rutas y datos de un antes y un después.
- Estudiar el comportamiento del usuario en cuanto a la fatiga para precisar patrones mas complejos y que estén de acuerdo con el algoritmo de detección.

REFERENCIA

- Agencia Nacional de Transito. (2024, mayo). Resultados de siniestros.
- Almutairi, H., Hassan, G. M., & Datta, A. (2023). Classification of sleep stages from EEG, EOG and EMG signals by SSNet. *arXiv preprint arXiv:2307.05373*.
- Baiza Lovato, C. P. (2020). *Sistema de detección y alerta del estado de somnolencia de conductores mediante visión artificial* [B.S. thesis]. Quito.
- Bajaj, J. S., Kumar, N., Kaushal, R. K., Gururaj, H. L., Flammini, F., & Natarajan, R. (2023). System and Method for Driver Drowsiness Detection Using Behavioral and Sensor-Based Physiological Measures [Number: 3 Publisher: Multidisciplinary Digital Publishing Institute]. *Sensors*, 23(3), 1292. <https://doi.org/10.3390/s23031292>
- Chen, J., Wang, S., He, E., Wang, H., & Wang, L. (2021). Recognizing drowsiness in young men during real driving based on electroencephalography using an end-to-end deep learning approach. *Biomedical Signal Processing and Control*, 69, 102792.
- Cueva, L. D. S. (2023). Sistema avanzado de asistencia al conductor para la detección de distracción y somnolencia utilizando puntos de referencia faciales. *CEDAMAZ*, 13(1), 90-95.
- Delgado, B. H., Guillen, M. X. O., & Cruz, M. A. (2024). Eficiencia del modelo de red neuronal convolucional DenseNet para la detección de somnolencia en conductores [Number: 2]. *Micaela Revista de Investigación - UNAMBA*, 5(2), 40-47. <https://doi.org/10.57166/micaela.v5.n2.2024.156>
- Delgado Egas, K. D., & YandúnVelasteguí, M. A. (2022). Sistema de detección de somnolencia para conductores de taxis en la ciudad de Tulcán [Number: 12]. *Horizontes de Enfermería*, (12), 52-67. <https://doi.org/10.32645/13906984.1171>
- Fernández Solís, H., et al. (2022). Sistema de detección de somnolencia.
- Flores-Monroy, J., Nakano-Miyatake, M., Escamilla-Hernández, E., & Pérez-Meana, H. (2023). Detección de somnolencia y distracción en conductores y su implementación en dispositivos móviles. *Información tecnológica*, 34(4), 1-12.
- Garcés, M. A., de Jesús Salgado, J., Cruz, J. A., & Cañón, W. H. (2015). Sistemas de detección de somnolencia en conductores: inicio, desarrollo y futuro. *Ingeniería y Región*, 13, 159-168.

- Gonçalves, M. T., Malafaia, S., Moutinho Dos Santos, J., Roth, T., & Marques, D. R. (2023). Epworth sleepiness scale: A meta-analytic study on the internal consistency. *Sleep Medicine*, *109*, 261-269. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2023.07.008>
- Gonzales, R. A. M. (2024). Software de inteligencia artificial para detectar microsueños en conductores.
- Gorvenia, J., & Tello, F. (2018). Adaptación y comparación de dos metodologías de reconocimiento facial aplicadas a la detección de somnolencia en conductores. *Actas del Congreso Internacional de Ingeniería de Sistemas*, 75-86.
- Jang, Y., Ahn, S. H., Lee, K., Kwon, O. Y., & Kim, J. H. (2021). Development and pilot testing of a smartphone-based self-care program for patients with chronic hepatitis B. *International journal of environmental research and public health*, *18*(21), 11139.
- Kumagai, H., Kawaguchi, K., Sawatari, H., Kiyohara, Y., Hayashi, M., & Shiomi, T. (2023). Dash-cam video footage-based analysis of microsleep-related behaviors in truck collisions attributed to falling asleep at the wheel. *Accident Analysis y Prevention*, *187*, 107070. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2023.107070>
- Kusuma, A., & Heryadi, Y. (2019). Driver Drowsiness Detection using Eye Aspect Ratio and Head Pose Estimation. *Procedia Computer Science*, *157*, 114-121.
- Luna Becerril, E. J., Juárez Velázquez, E. T., & Meléndez Ramírez, A. (2021). Una red neuronal para la detección de somnolencia en conductores. *Revista digital universitaria*, *22*(6).
- Makhmudov, F., Turimov, D., Xamidov, M., Nazarov, F., & Cho, Y.-I. (2024). Real-Time Fatigue Detection Algorithms Using Machine Learning for Yawning and Eye State [Number: 23 Publisher: Multidisciplinary Digital Publishing Institute]. *Sensors*, *24*(23), 7810. <https://doi.org/10.3390/s24237810>
- Merino Ancajima, J. J. (2023). Sistema de reconocimiento de rostros mediante cámaras de seguridad interna [Accepted: 2023-05-31T17:22:44Z Publisher: Universidad Señor de Sipán]. *Repositorio Institucional - USS*. Consultado el 20 de mayo de 2025, desde <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/11011>

- Mughal, M. J., & Li, W. (2021). Real-time Driver Drowsiness Detection Using Eye Aspect Ratio and Convolutional Neural Networks. *Sensors*, 21(2), 620.
- Ñíguez Hernández, A. (2022). Detección de somnolencia para conducción sin accidentes.
- OpenReplay. (2024). Datos Cuantitativos: Tipos, Métodos de Recolección, Análisis y Técnicas de Visualización. Consultado el 14 de mayo de 2025, desde <https://blog.openreplay.com/es/recoleccion-y-visualizacion-de-datos-cuantitativos/>
- Organización Mundial de la Salud. (2023). A pesar de los notorios progresos, la seguridad vial sigue siendo un problema apremiante para el mundo. Consultado el 7 de mayo de 2025, desde <https://www.who.int/es/news/item/13-12-2023-despite-notable-progress-road-safety-remains-urgent-global-issue>
- Orsolini, L., Bellagamba, S., Volpe, U., & Kato, T. A. (2022). Hikikomori and modern-type depression in Italy: A new phenotypical trans-cultural characterization? *International Journal of Social Psychiatry*, 68(5), 1010-1017.
- Peinado Mesa, L., et al. (2024). Detección preventiva de ataques epilépticos mediante señales de electroencefalogramas.
- Robertogutter. (2025, marzo). Guía sobre tecnologías de reconocimiento facial para profesionales. Consultado el 7 de mayo de 2025, desde <https://revistaseguridad.cl/2025/03/11/tecnologias-de-reconocimiento-facial/>
- Rosales, E. (2010). Somnolencia: Qué es, qué la causa y cómo se mide.
- Salcedo, Á., & Fernández, J. C. (2015). Monitorización del conductor basado en dispositivo android. *TRABAJO FIN DE GRADO*.
- Suarez Buitrago, E. A. (2022). Sistema de detección de somnolencia en conductores de automóviles empleando técnicas de procesamiento de imágenes y Machine Learning.
- Supabase Studio 3.0: AI SQL Editor, Schema Diagrams, and new Wrappers. (2023, agosto). Consultado el 7 de mayo de 2025, desde <https://supabase.com/blog/supabase-studio-3-0>
- Torres Varon, C. A. (2022). Detección temprana del sueño a partir del comportamiento de los ojos y boca.

VikyWelcome. (2024). Welcome to Kivy — Kivy 2.3.1 documentation. Consultado el 15 de mayo de 2025, desde <https://kivy.org/doc/stable/>

Yarici, M. C., Amadori, P., Davies, H., Nakamura, T., Lingg, N., Demiris, Y., & Mandic, D. P. (2023). Hearables: Ear EEG Based Driver Fatigue Detection. *arXiv preprint arXiv:2301.06406*.

Zhou, C., & Li, J. (2021). A real-time driver fatigue monitoring system based on lightweight convolutional neural network. *2021 33rd Chinese Control and Decision Conference (CCDC)*, 1548-1553.