



**CARRERA DE DESARROLLO DE SOFTWARE**

**TEMA:**

Sistema de reconocimiento facial para la selección personalizada de armazones y lentes de la empresa veoptics

**AUTORES:**

Freddy Javier Paguay Chabla

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE:

**Tecnólogo Superior en Desarrollo de Software**

**TUTOR:**

Tnlga. Carolina Aldas

**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.



[www.sudamericano.edu.ec](http://www.sudamericano.edu.ec)

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

[info@sudamericano.edu.ec](mailto:info@sudamericano.edu.ec)

SUDAMERICANO

## CARRERA DE DESARROLLO DE SOFTWARE

### CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

#### Aprobación del Trabajo de Titulación

Doy fe que el trabajo desarrollado por el/la/los estudiantes: **Paguay Chabla Freddy Javier**, con el título “**SISTEMA DE RECONOCIMIENTO FACIAL PARA LA SELECCIÓN PERSONALIZADA DE ARMAZONES Y LENTES DE LA EMPRESA VEOPTICS**”, 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,



Stephany Carolina Aldas Pérez.

0107149882



[www.sudamericano.edu.ec](http://www.sudamericano.edu.ec)

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

[info@sudamericano.edu.ec](mailto:info@sudamericano.edu.ec)

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL TRABAJO

Yo, **PAGUAY CHABLA FREDDY JAVIER**, 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 selección personalizada de armazones y lentes de la empresa Veoptics"**, 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,



PAGUAY CHABLA FREDDY JAVIER

Cédula: 0931730220



[www.sudamericano.edu.ec](http://www.sudamericano.edu.ec)

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

✉ [info@sudamericano.edu.ec](mailto:info@sudamericano.edu.ec)

## RESUMEN

Esta investigación aborda el desarrollo de un módulo web de experiencia basado en reconocimiento facial y prueba virtual para la óptica Veoptics, en Cuenca, Ecuador, con el propósito de transformar la forma en que los clientes seleccionan armazones y lentes. Actualmente, el proceso de elección en la óptica es completamente manual, con interacciones prolongadas (de 30 a 60 minutos por cliente) que generan indecisión y fatiga, debido a la falta de recomendaciones personalizadas y a la necesidad de probar físicamente múltiples modelos. Con el objetivo de diseñar, implementar y validar un sistema que optimice este proceso, la investigación aplicó un enfoque metodológico mixto, que combinó métricas cuantitativas (reducción de tiempos de selección, tasas de conversión) con datos cualitativos obtenidos mediante encuestas y entrevistas a clientes y personal de Veoptics. La propuesta introduce como elementos diferenciales un cuestionario inicial que capta información relevante (edad, hábitos, sensibilidad visual), el uso de MediaPipe FaceMesh para detectar 468 puntos faciales y clasificar la morfología del rostro, un motor de modelado 3D soportado por Three.js y WebGL para la superposición realista de más de 300 modelos de lentes, y una integración completa con el CRM existente mediante Supabase. Los resultados demuestran que el sistema logró reducir en un 35 % el tiempo promedio de selección de productos, alcanzó un 88 % de satisfacción entre los clientes y fue valorado por el personal como una herramienta que agiliza tanto la atención al público como la gestión administrativa de modelos 3D y campañas de marketing. En conclusión, el módulo propuesto no solo resuelve una necesidad puntual de Veoptics, sino que sienta las bases para un modelo escalable que podría replicarse en otras ópticas, contribuyendo a modernizar la experiencia de compra en el sector visual de Ecuador.

**Palabras clave:** reconocimiento facial, prueba virtual, óptica.

## ABSTRACT

This research focuses on the development of a web-based experience module powered by facial recognition and virtual try-on technology for Veoptics, an optical retail company located in Cuenca, Ecuador. The project seeks to transform the way customers select eyeglass frames and lenses by addressing the limitations of the current process, which is entirely manual and often time-consuming, lasting between 30 and 60 minutes per customer. This traditional approach leads to indecision and fatigue, as clients must physically try on multiple frames without receiving personalized recommendations. Aiming to design, implement, and validate a system that streamlines and personalizes this process, the study employed a mixed-method approach, combining quantitative metrics (selection time reduction, conversion rates) with qualitative insights from surveys and interviews conducted with both customers and Veoptics staff. The proposed solution introduces key innovative features: an initial questionnaire that captures essential customer data (age, habits, visual sensitivity), the use of MediaPipe FaceMesh to detect 468 facial landmarks and classify face morphology, a 3D modeling engine built on Three.js and WebGL to realistically overlay over 300 eyeglass models, and seamless integration with the existing CRM through Supabase. Results indicate that the system successfully reduced the average product selection time by 35 %, achieved an 88 % satisfaction rate among customers, and was positively received by staff, who noted its benefits in both customer service and administrative functions such as 3D model management and marketing campaigns. In conclusion, the proposed module not only addresses a specific operational need for Veoptics but also establishes a scalable framework that could be replicated in other optical retailers, contributing to the modernization of the visual retail experience across Ecuador.

**Keywords:** facial recognition, virtual testing, optics

## DEDICATORIA

A mis padres, Freddy Miguel Paguay y Narcisa Chabla, quienes con su amor incondicional, sacrificios silenciosos y constante ejemplo me han mostrado el verdadero significado de la perseverancia. Su apoyo ha sido la luz que me ha guiado incluso en los momentos más inciertos de este camino académico. Todo lo que soy y todo lo que he logrado se lo debo, en gran parte, a ustedes.

A Dios, fuente de sabiduría y fortaleza, por haberme sostenido cuando dudé, por haber abierto puertas cuando todo parecía cerrado, y por recordarme que los grandes logros también nacen de la fe y la paciencia.

A mi tutora, Carolina Aldas, por su guía comprometida, por creer en este proyecto y en mi capacidad para llevarlo a cabo. Su orientación ha sido un pilar firme en el desarrollo de este trabajo, y su acompañamiento ha marcado una diferencia significativa en mi proceso de formación.

A todas las personas que me acompañaron a lo largo de este viaje amigos, familiares, compañeros de clase y profesores gracias por cada palabra de aliento, cada gesto de apoyo y cada momento compartido. Cada uno de ustedes, desde su lugar, dejó una huella en este logro que hoy finalmente se concreta.

Este trabajo, más que un proyecto académico, es un testimonio de gratitud hacia quienes caminaron a mi lado cuando avanzar no era fácil. A todos ustedes, les dedico esta meta alcanzada.

## ÍNDICE

RESUMEN .....	II
ABSTRACT .....	VI
INTRODUCCIÓN .....	11
CAPÍTULO I: PROBLEMÁTICA.....	14
Preguntas de investigación .....	14
Justificación.....	11
Objetivos de la investigación .....	12
CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL.....	17
Marco Teorico.....	13
Marco Referencial .....	17
Marco Conceptual .....	19
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN .....	27
Enfoque de investigación.....	24
Tipo de Investigación.....	24
Instrumentos y técnicas para el levantamiento de la información .....	25
Metodología de trabajo .....	29
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	31
CAPÍTULO V: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN .....	37
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES .....	65
CONCLUSIONES .....	67
RECOMENDACIONES.....	69
A nivel institucional.....	66
A nivel técnico .....	66
A nivel teórico .....	67
REFERENCIAS .....	72
ANEXOS.....	75

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1. <i>Promedio de las respuestas de los clientes hacia a las encuestas</i> .....	32
Tabla 2. <i>Promedio de las respuestas del personal hacia las encuestas</i> .....	34
Tabla 3. <i>Caso de uso C.U.1</i> .....	45
Tabla 4. <i>Caso de uso C.U.2</i> .....	46
Tabla 5. <i>Caso de uso C.U.3</i> .....	47
Tabla 6. <i>Caso de uso C.U.4</i> .....	48
Tabla 7. <i>Caso de uso C.U.5</i> .....	49

**ÍNDICE DE ILUSTRACIONES**

Figura 1. <i>Exterior de la óptica Veoptics.</i> .....	21
Figura 2. <i>Interior de la óptica Veoptics.</i> .....	22
Figura 3. <i>Gráfico de la percepción de los clientes.</i> .....	33
Figura 4. <i>Percepción de Personal.</i> .....	35
Figura 5. <i>Percepción de Personal vs Clientes.</i> .....	35
Figura 6. <i>Arquitectura del módulo Veoptics.</i> .....	41
Figura 7. <i>Diagrama de casos de uso del módulo web.</i> .....	50
Figura 8. <i>Diagrama de Actividades.</i> .....	52
Figura 9. <i>Diagrama de clases.</i> .....	54
Figura 10. <i>Diagrama de estructura.</i> .....	56
Figura 11. <i>Captura del cuestionario</i> .....	58
Figura 12. <i>Captura de recomendaciones.</i> .....	59
Figura 13. <i>Captura del probador virtual.</i> .....	60
Figura 14. <i>Página de mensajería.</i> .....	61
Figura 15. <i>Página de gestión de modelos.</i> .....	62
Figura 16. <i>Diagrama de la base de datos.</i> .....	63
Figura 17. <i>Diagrama de Gantt.</i> .....	66

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación surge de una necesidad latente dentro del sector óptico: ofrecer a los clientes una experiencia de compra que combine la precisión y eficiencia de la tecnología con el toque humano y cercano que caracteriza a las ópticas tradicionales. Durante años, la selección de armazones y lentes en establecimientos como Veoptics ha seguido un patrón esencialmente manual: el cliente llega a la tienda, conversa con un asesor, recibe recomendaciones generales y prueba físicamente una cantidad considerable de modelos hasta encontrar uno que se ajuste a sus preferencias.

Este procedimiento, aunque funcional, suele consumir entre 30 y 60 minutos por cliente y, según los testimonios recogidos durante la fase exploratoria, genera en muchos usuarios una sensación de indecisión y fatiga, más aún cuando no cuentan con un criterio claro sobre qué tipo de lentes, materiales o estilos son más adecuados para sus necesidades visuales y estéticas. En este contexto nace el proyecto que da forma a esta tesis: el desarrollo de un módulo web de experiencia para Veoptics, capaz de transformar la interacción entre cliente, asesor y catálogo mediante la integración de tecnologías de reconocimiento facial, cuestionarios personalizados, modelado 3D y prueba virtual de más de 300 modelos de lentes. Este módulo, concebido como una extensión integrada al CRM de la empresa, no pretende reemplazar el contacto humano, sino complementarlo, brindando herramientas que faciliten la toma de decisiones del cliente y, a su vez, optimicen el tiempo y recursos del personal de la óptica.

La investigación aborda varias categorías clave que atraviesan tanto el ámbito tecnológico como el de la experiencia de usuario. En el plano técnico, se explora la implementación de tecnologías como MediaPipe FaceMesh, capaz de detectar 468 puntos clave del rostro en tiempo real, y Three.js junto a WebGL, que permiten superponer monturas en 3D sobre la imagen en vivo del usuario con un realismo cercano a una prueba física. Además, se aprovecha el poder de Supabase como backend para almacenar datos de clientes, cuestionarios y modelos 3D, garantizando una arquitectura robusta y escalable.

Sin embargo, la tesis no se limita al componente tecnológico: también examina cómo la personalización de las recomendaciones (por ejemplo, definir si un cliente necesita lentes con tecnología Transition, un material más resistente o un armazón que favorezca su tipo de rostro)

puede mejorar la satisfacción, confianza y decisión de compra, tal cómo respaldan estudios previos sobre experiencias digitales personalizadas (Casaca y Miguel, 2024).

Más allá de las motivaciones técnicas, esta investigación se construyó a partir de una premisa sencilla: la experiencia de compra en el mundo óptico debe evolucionar al ritmo de los hábitos de consumo y las expectativas del usuario moderno. Hoy en día, muchas personas están habituadas a experiencias digitales fluidas además de personalizadas, desde elegir ropa mediante filtros de realidad aumentada hasta recibir recomendaciones de películas o música basadas en sus preferencias.

Era natural preguntarse, entonces, por qué la compra de algo tan personal como los lentes que afectan tanto la salud visual como la imagen estética de cada individuo debía seguir dependiendo exclusivamente de procesos tradicionales. Este cuestionamiento, unido al interés de Veoptics por diferenciarse en innovación tecnológica en Cuenca y Ecuador, motivó la elaboración de este proyecto.

A lo largo de la tesis, el lector encontrará un desarrollo ordenado y exhaustivo de cada etapa del trabajo. En los capítulos iniciales se describe la problemática detectada, la justificación del estudio y los objetivos que guiaron la investigación, mostrando cómo una necesidad operativa se convirtió en una oportunidad para generar un aporte científico y práctico al sector óptico.

Posteriormente, el marco teórico explora los fundamentos tecnológicos y conceptuales que sustentan la propuesta, abordando desde el diseño de interfaces centradas en el usuario (UI/UX) hasta el funcionamiento de redes neuronales y sistemas de visión por computadora aplicados al reconocimiento facial y la prueba virtual. Este apartado también incluye referencias a proyectos y estudios previos como las aplicaciones de Warby Parker y la plataforma MERN de Abisheak et al. (2023) que, aunque ofrecen experiencias inmersivas, no integran la capa de personalización que constituye el núcleo innovador de nuestra solución.

El lector también hallará un marco contextual, que ubica el proyecto en tiempo y espacio, precisando que se desarrolló en la ciudad de Cuenca, Ecuador, durante el primer semestre de 2025, con pruebas iniciales centradas en la sede principal de Veoptics ubicada en Pío Bravo 2-15 y con proyección de expansión hacia futuras sucursales. El marco conceptual, por su parte, presenta un glosario que desglosa términos técnicos como “framework”, “React”, “glTF” o

“MediaPipe”, de modo que cualquier lector, incluso sin conocimientos de programación o desarrollo web, pueda comprender la propuesta en su totalidad.

En los capítulos metodológicos, la tesis detalla el enfoque de investigación mixto (cuantitativo y cualitativo) empleado para validar el sistema, incluyendo métricas objetivas como reducción de tiempos de selección y niveles de satisfacción medidos mediante encuestas, así como entrevistas semiestructuradas al personal de Veoptics. Los resultados obtenidos, analizados en el capítulo IV mediante tablas, gráficos y medidas descriptivas, revelan mejoras significativas: una reducción del 35 % en los tiempos de selección de lentes, un 88 % de clientes satisfechos con la experiencia digital, y una aceptación positiva del personal, que valora tanto la agilidad que aporta el sistema como las funcionalidades administrativas para campañas y gestión de modelos 3D.

Finalmente, el núcleo del trabajo se desarrolla en la propuesta de investigación, donde se describe con detalle la arquitectura del sistema, los diagramas de clases, actividades, casos de uso y secuencia, así como imágenes ilustrativas del módulo web en funcionamiento. Este capítulo permite visualizar de manera integral cómo se materializa la solución planteada: desde que un cliente ingresa sus datos y responde un cuestionario, hasta que recibe recomendaciones personalizadas, explora las características de diferentes lentes y monturas, y finalmente se prueba virtualmente los modelos sugeridos antes de tomar una decisión de compra.

En suma, esta tesis documenta un proceso que no solo resolvió una necesidad específica de Veoptics, sino que también demostró que la innovación tecnológica, cuando se diseña pensando en las personas, puede transformar la experiencia de compra y sentar las bases para un modelo replicable en otras ópticas del país. El lector encontrará, a lo largo de las siguientes páginas, no solo un prototipo funcional, sino también una reflexión sobre cómo herramientas digitales como el reconocimiento facial y la personalización automatizada pueden convivir con la atención humana para ofrecer experiencias más rápidas, confiables y satisfactorias.

## CAPÍTULO I: PROBLEMÁTICA

En Veoptics, la elección de monturas y lentes es un proceso totalmente manual. El vendedor conversa con el cliente, ofrece sugerencias y, en ocasiones, se consulta con el optometrista. A continuación, el usuario prueba distintos modelos hasta encontrar el que más le convenga, en un lapso de 30 a 60 minutos. Este método retrasa la atención, provoca cansancio y frustración, y carece de una guía personalizada que se adapte a las necesidades y preferencias visuales de cada persona.

Actualmente, el CRM de Veoptics no cuenta con un módulo inteligente de recomendación que analice datos como la edad, el perfil visual o la forma facial para sugerir monturas o tecnologías de lentes (por ejemplo, Transition, monofocales o bifocales) de manera automatizada. Esta ausencia representa una oportunidad para mejorar la experiencia del usuario y optimizar la experiencia de compra, al mismo tiempo que se contribuye al avance de la biometría aplicada al retail óptico.

Aunque existen plataformas de prueba virtual de gafas en comercio electrónico como la propuesta por Abisheak et al. (2023) basada en MongoDB, Express, React y Node.js (MERN) con visión en tiempo real, ninguna integra recomendaciones personalizadas según características individuales de visión y morfología facial. Por ello, el usuario sigue recibiendo una orientación genérica, sin indicaciones específicas sobre la tecnología de lente más adecuada o el material óptico para su estilo de vida, lo que limita el valor añadido de la experiencia virtual.

El objeto de estudio de esta tesis es diseñar, implementar y evaluar un módulo web integrable al CRM de Veoptics. Este módulo recogerá datos clave mediante un cuestionario breve que incluirá información como edad, condiciones visuales y hábitos de uso; aplicará técnicas de reconocimiento facial para determinar la forma del rostro; generará recomendaciones automatizadas de monturas y tecnologías de lentes; y permitirá la prueba virtual interactiva de las monturas sugeridas.

Este proyecto busca abordar tres vacíos de conocimiento: uno técnico, relacionado con la validación de la precisión y robustez de los algoritmos de reconocimiento facial en un entorno controlado; uno de usabilidad, enfocado en evaluar la efectividad del sistema de recomendaciones automatizado en términos de facilidad de uso y asertividad de las sugerencias; y uno de impacto

comercial, orientado a medir el efecto de la personalización en la eficiencia del proceso de compra y en la satisfacción del cliente.

Con esta investigación, se espera demostrar que la incorporación de recomendaciones inteligentes y biometría facial en el CRM de Veoptics puede reducir el tiempo de selección de monturas, mejorar la experiencia del usuario y aportar un valor diferencial en el sector óptico.

### **Preguntas de investigación**

- ¿Cómo puede desarrollarse un módulo web basado en reconocimiento facial que al integrarse al CRM de Veoptics, ofrezca recomendaciones personalizadas de armazones y lentes que brinde una experiencia de usuario intuitiva y agradable?

### **Justificación**

La investigación parte de la necesidad de integrar tecnologías de reconocimiento facial en la óptica Veoptics para enriquecer la experiencia de compra y, simultáneamente, generar nuevas evidencias científicas, beneficios económicos y ventajas tecnológicas y sociales. Desde la perspectiva científica, adaptar y validar algoritmos de detección y análisis facial en un entorno óptico real permitirá evaluar tanto la usabilidad como la robustez de un sistema de prueba virtual de armazones y lentes en condiciones variables de iluminación y diversidad de condiciones faciales. En el ámbito económico, un módulo web de prueba virtual agiliza la selección de productos, reduce el tiempo de atención por cliente y mejora la tasa de conversión al ofrecer un servicio verdaderamente personalizado que refuerza la confianza del comprador.

Asimismo, desde el enfoque tecnológico y social, disponer de una plataforma accesible en computadora, tablet o smartphone facilita su escalabilidad a otras sucursales o empresas del sector óptico con mínimas adaptaciones. Además, tal como señalan Casaca y Miguel (2024), la personalización en la interacción con el cliente tiene un efecto significativo en la satisfacción, el compromiso y la construcción de confianza y credibilidad.

Inclusive en el plano cultural, la personalización digital de la experiencia óptica se alinea con la demanda de consumidores cada vez más diversos. A partir de un breve cuestionario y del análisis de la forma facial realizados por el sistema, éste sugiere no solo el estilo de montura, sino también tecnologías de lente adecuadas al estilo de vida de cada individuo: transición para el amante de la conducción nocturna, material ultra resistente para el deportista, o diseños sobrios

para el ámbito profesional. Como bien señala ATP Connect (2024), la conjunción de realidad aumentada (AR) y algoritmos de recomendación permite “ver” el producto antes de poseerlo, elevando la experiencia de compra a un proceso más ameno en el cual el usuario encuentra comodidad con la tecnología.

Finalmente, en términos de innovación tecnológica, el módulo proyectado no es un experimento aislado, sino un caso de prueba para futuros desarrollos en salud visual y comercio. Integrar la prueba virtual con el Customer Relationship Management (CRM) de Veoptics abre la puerta a análisis predictivos que permitirán guiar al cliente a lo que quiera incluso sin que él lo sepa. Este nivel de proactividad, respaldado por datos y algoritmos, podría convertir cada visita en una pequeña revolución de la experiencia de usuario.

## **Objetivos de la investigación**

### **Objetivo General**

- Desarrollar un sistema de reconocimiento facial para la óptica Veoptics que permita a sus clientes seleccionar armazones y lentes de forma personalizada, mejorando la experiencia de usuario y agilizando el proceso de compra.

### **Objetivos Específicos**

- Analizar la literatura académica y técnica sobre técnicas de reconocimiento facial aplicables al sector óptico, con el fin de establecer los enfoques y métricas que servirán de base teórica al proyecto.
- Investigar las principales tecnologías de reconocimiento facial y sus aplicaciones en ópticas para establecer bases sólidas para el desarrollo del sistema y cubrir brechas de conocimiento.
- Diseñar un módulo web con reconocimiento facial que permita a los clientes visualizar de forma virtual distintos armazones y lentes, facilitando una elección personalizada.
- Evaluar la aceptación e impacto del sistema en la experiencia de compra de los clientes de Veoptics, con el propósito de identificar áreas de mejora.

## CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL

### 2.1 Marco Teórico

A lo largo de las últimas décadas, el comercio óptico ha transitado de un modelo puramente presencial hacia entornos mixtos donde lo digital cobra protagonismo. De acuerdo con Beck y Crié (2018), las aplicaciones web surgen como una solución para el usuario; lejos de ofrecer un simple catálogo, comienzan a integrar funcionalidades avanzadas como la prueba remota de productos y la personalización automática. En el caso concreto de Veoptics, la incorporación de un “probador virtual” no solo supone colgar una foto de cada montura como si fuera un catálogo, sino conectar varios módulos entre experiencia de usuario (UX), visión por computadora y modelado 3D para que la experiencia del cliente en el módulo web se sienta más como un sastre que ajusta un traje al cuerpo de quien lo encarga que a un sistema frío de selección de ítems.

En relación al análisis de literatura sobre aplicaciones web en el sector óptico, se reconoce que las plataformas modernas ya no se limitan a mostrar imágenes con detalle. En un estudio realizado por Marelli et al. (2022) se describe cómo un framework basado en técnicas de deep learning y reconstrucción 3D puede integrarse en un navegador para superponer monturas con precisión sobre rostros reconstruidos a partir de una sola foto. A pesar de esto, la mayoría de estos trabajos se enfocan en la viabilidad técnica y apenas toman en cuenta la UX es decir no se preguntan ¿cómo se siente el cliente al deslizar una montura con el dedo? ¿Al cliente le induce suficiente confianza una simulación virtual de las monturas a través de la pantalla?<sup>1</sup>

Para ejemplificar la brecha entre realismo visual y personalización, Perio (2025) describe cómo Warby Parker incorporó en su aplicación móvil una función de realidad aumentada que, gracias a la cámara TrueDepth del iPhone X y posteriores, mapea con gran precisión la geometría facial y superpone monturas sobre el rostro en tiempo real. Aun cuando esta característica reduce las devoluciones y mejora la percepción de ajuste, el usuario debe seguir navegando el catálogo y seleccionando manualmente cada modelo. En este sentido, propuestas como las de Abisheak et al. (2023) mencionada anteriormente, introducen un sistema MERN con prueba virtual “en vivo” que perfecciona la interacción en línea, pero que todavía carece de una capa de recomendaciones personalizada basada en datos personales de visión, edad y morfología facial .

---

<sup>1</sup> La UX (User Experience) se refiere al conjunto de percepciones y emociones que un usuario experimenta al interactuar con un sistema o interfaz, incluyendo aspectos como facilidad de uso, accesibilidad y satisfacción.

Precisamente esta carencia es la que se pretende abordar. Sin embargo, antes conviene entender qué hay detrás de un módulo web. Por un lado, las bases de datos de los clientes, almacenadas en la plataforma Supabase, permiten una mayor personalización de las recomendaciones que el sistema ofrece y facilitan el ordenamiento de toda la información. No basta con registrar únicamente datos básicos del paciente; el sistema debe capturar también atributos como diagnóstico óptico (miopía, astigmatismo), estilo de vida (propensión a dañar o rayar las lentes) y preferencias estéticas. Al cruzar estos datos con los resultados de un breve cuestionario previo que funciona como un EL “perfil psicológico” del consumidor el sistema puede preseleccionar de forma inteligente tanto monturas como tecnologías de lentes (transition, antirreflejo, materiales de alta resistencia).

A medida que la discusión se adentra en los detalles de la implementación, conviene detenerse un momento para entender cómo una red neuronal<sup>2</sup> logra “ver” un rostro y traducirlo en coordenadas que sirven de guía. El funcionamiento se parece a una red entrenada con millones de imágenes: en lugar de pensar en ella como un código, es mejor visualizarla como un gran archivo de memorias donde cada retrato aporta un puzle de rasgos (ojos, nariz, boca) y enseña al sistema a reconocerlos sin que nadie tenga que marcar cada uno a mano. Esta capacidad es precisamente lo que ofrece MediaPipe FaceMesh, el modelo de Google que identifica 468 puntos clave en la cara (línea de la frente, contorno de la mandíbula, párpados, comisuras labiales) en un abrir y cerrar de ojos (Bazarevsky et al., 2020) . Cada punto se expresa como un par de coordenadas (x, y) normalizadas; dichas coordenadas son las que indican al módulo 3D dónde posicionar el armazón y las lentes, y determinan el tamaño y la rotación adecuados según la inclinación de la cabeza.

De estas 468 coordenadas, un subconjunto es el que señala el centro de cada ojo, la punta de la nariz y los extremos de la boca se convierte en el “esqueleto” sobre el cual se “tensa” la montura. Técnicamente, esto se traduce en aplicar transformaciones de escala y traslación: si el usuario inclina la barbilla hacia abajo, el sistema extrae las nuevas posiciones de los keypoints y recalcula rápidamente la transformación para el modelo 3D, de forma parecida a cómo un director de escena ajusta la iluminación en función del movimiento del actor.

---

<sup>2</sup> Una red neuronal es un modelo de computación que simula ser un cerebro humano, compuesto por capas de nodos (“neuronas”) que procesan datos para reconocer patrones sin programación explícita de reglas.

A continuación, WebGL entra en acción como el motor que pone todo esto en movimiento. Mientras que la CPU se ocupa de tareas secuenciales recibir el vídeo, pasar el frame al análisis facial y devolver coordenadas la GPU, a través de WebGL, se encarga de dibujar cada triángulo del modelo 3D en el canvas con una velocidad de vértices que la CPU jamás podría igualar. Esta división de tareas permite que el módulo funcione de manera fluida, realizando acciones simultáneas como: capturar un frame, procesarlo, actualizar las coordenadas y redibujar la escena, todo en un par de milisegundos.

En cada iteración, el módulo monta primero el vídeo en segundo plano, luego superpone la geometría de la montura (cargada en formato glTF) y, por último, aplica un semitono para simular la lente, tal cual un pintor que traza primero el boceto y luego añade la acuarela. El resultado fluye con tal naturalidad que uno puede olvidarse momentáneamente de que se trata de una simulación digital; sin embargo, si el frame rate cae por debajo de 30 fps o la latencia supera los 100 ms, la ilusión se quiebra y el usuario percibe un desfase que, como advierte Zhang et al. (2019), puede aumentar la desconfianza y la fatiga visual .

Según Williams y Perrett (2021), la decisión del sistema sobre la forma de la cara y el armazón más adecuado se basa en el estudio de la morfología facial. Este campo se remonta a la antropometría clásica y hoy se beneficia de la computación. Métricas cuantificables como la distancia interocular, el ángulo de la mandíbula y la curvatura de la frente, obtenidas mediante *keypoints*, se comparan con tipologías prediseñadas (ovalada, cuadrada, redonda, corazón). A partir de esa clasificación, el algoritmo sugiere la montura que, según su investigación, ofrece el mejor equilibrio estético y funcional.

Asimismo, es imposible pasar por alto lo importante que es entrenar la red con datos diversos. Si todos los rostros de entrenamiento pertenecieran a un único grupo étnico o rango de edad, el FaceMesh perdería precisión para otros perfiles. Por eso, en la fase inicial de este proyecto se contempla probar el sistema con múltiples personas con distintos rasgos faciales, siguiendo las recomendaciones de Buolamwini y Gebu (2018) sobre equidad y sesgo en visión por computadora. Con todos estos engranajes red neuronal, keypoints, WebGL, canvas y requestAnimationFrame en movimiento, la parte de modelado 3D cobra aún más relevancia.

Además, conviene subrayar que, al igual que un director de teatro supervisa cada ensayo, el ciclo de desarrollo incorpora pruebas de usabilidad constantes. No basta medir latencia o frame rate; cada iteración se valida con usuarios reales, quienes ofrecen feedback sobre cuestiones tan

sutiles como el retardo en el trazado de la montura o la percepción de textura. Esta combinación de ciencia pruebas A/B, métricas de rendimiento, robustez del modelo y arte observación empática, diálogo con el usuario convierte al módulo de Veoptics en una propuesta verdaderamente innovadora, que va mucho más allá de encajar frames sobre rostros y se adentra en la auténtica personalización de la experiencia óptica.

El siguiente paso crítico es la UI y la UX. Herramientas como Figma permiten prototipar flujos que luego se traducen en implementaciones en React, Vite o frameworks similares. Pero no basta con que un botón funcione: la disposición, la fluidez al cambiar un color de montura o el retardo al cargar un modelo 3D influyen en la percepción de velocidad y solidez. Como señala un análisis de Matellio (2025), la fidelidad del renderizado y la consistencia visual entre proyecto y vida real son determinantes para evitar ese incómodo “efecto fantasma” donde el usuario siente que el espejo virtual miente.

Ahora bien, para que los lentes digitales parezcan de verdad, hace falta el modelado 3D. Aquí, bibliotecas como three.js se apoyan en archivos glTF para mostrar monturas con texturas realistas. Cada “armazón” se anima y se adapta al rostro reconstruido por el módulo de visión por computadora, que a su vez suele utilizar redes neuronales entrenadas con miles de imágenes faciales etiquetadas.

El apartado de reconocimiento facial no es menos crucial. Librerías como TensorFlow.js o MedioPipe que ofrecen un alto porcentaje de precisión en detección de puntos clave en condiciones controladas de luz, por ejemplo, usando un iPad en zonas controladas. No obstante, la robustez debe medirse mediante pruebas A/B y métricas de latencia: si el sistema tarda más de medio segundo en reflejar un movimiento, el usuario podría llegar a percibir rigidez, la fatiga se dispara y, a la larga, prefiere el espejo físico.

A pesar de ello, la tecnología por sí sola no basta, la evaluación de la experiencia de usuario aporta la medida real de éxito. Un análisis de Focal (2024) revela que los sistemas de prueba virtual inmersivos pueden reducir las devoluciones de producto hasta en un 25% y prolongar el tiempo medio de interacción del cliente con el catálogo en un 30%, aunque los usuarios reclaman simultáneamente garantías claras sobre la privacidad y el uso de su imagen. En última instancia, la confianza del cliente se construye no solo con precisión técnica en el reconocimiento facial, sino también con mensajes transparentes, por ejemplo, “su imagen no se almacenará más allá de esta sesión” que demuestren respeto por sus datos y su tranquilidad.

Finalmente, la integración con CRM es el hilo que une todos los módulos. Cuando un proceso de recomendación virtual termina, los resultados de selección de lente, montura y ajustes adicionales deben registrarse automáticamente en la ficha del cliente. Esto facilita el seguimiento de métricas clave: tiempo de atención, tasa de conversión y nivel de satisfacción. Herramientas como Supabase, con un par de líneas de código, permiten sincronizar estos datos, asegurando que el personal de piso cuente con un historial completo y actualizado.

## 2.2 Marco Contextual

El proyecto se desarrollará exclusivamente para Veoptics, una óptica ubicada en la ciudad de Cuenca, Ecuador, con sede principal en la intersección de las calles Pío Bravo 2-15 y Manuel Vega.

### Figura 1.

*Exterior de la óptica Veoptics.*



*Nota.* Vista exterior de Veoptics (Pío Bravo 2-15 y Manuel Vega, Cuenca).

Por el momento, la implementación se concentrará en el departamento de sistemas de esta sucursal, donde se integrará el nuevo módulo de reconocimiento facial al CRM existente. Aunque el foco inicial es esta ubicación, la arquitectura del sistema se ha diseñado pensando en

su futura replicación: cualquier nueva sucursal de Veoptics que abra en Cuenca o incluso en otras ciudades del país podrá incorporar este módulo con pocos ajustes.

## Figura 2.

*Interior de la óptica Veoptics.*



*Nota.* Vista interior de Veoptics (Pío Bravo 2-15 y Manuel Vega, Cuenca).

En cuanto al aspecto temporal, el desarrollo del sistema abarcará desde la fase de análisis y diseño hasta la entrega de una versión operativa a principios de agosto de 2025. Durante estos aproximadamente tres meses, se llevarán a cabo actividades clave como la recolección de requisitos, el desarrollo iterativo, las pruebas de usuario en entorno controlado y la capacitación del personal de piso. Tras la entrega, se planificará una etapa de evaluación y mejora continua que permitirá recoger feedback real de los clientes y del equipo de Veoptics para ajustar detalles técnicos y de usabilidad.

De este modo, el marco contextual delimita con claridad el “dónde” y el “cuándo” del proyecto: un espacio físico definido (la sucursal de Pío Bravo 2-15 y Manuel Vega, departamento de sistemas) y un horizonte temporal acotado (hasta agosto de 2025, con una fase posterior de optimización). Estos parámetros garantizarán que el desarrollo se realice bajo condiciones controladas y permitan medir con precisión el impacto del módulo en la experiencia de compra y en los procesos internos de la óptica.

## 2.3 Marco Conceptual

### - **Arquitectura MERN para la Gestión de Datos y Lógica del Servidor**

Un framework es, a grandes rasgos, un almacén de software que provee estructuras y componentes predefinidos para simplificar el desarrollo de aplicaciones. En este trabajo, el framework MERN (MongoDB, Express, React, Node.js) sirve de columna vertebral: MongoDB almacena la información de clientes y recomendaciones; Express y Node.js gestionan las peticiones y la lógica del servidor; y React orquesta la interfaz con la cual el usuario interactúa. Gracias al framework, gran parte de la “plomería” de la aplicación rutas, conexiones con bases de datos, manejo de errores viene lista para usar, permitiendo centrar esfuerzos en la lógica de reconocimiento facial y la experiencia de usuario.

### - **Construcción de Interfaces Reactivas con Componentes de React**

React es una biblioteca de JavaScript hecha para construir interfaces de usuario de forma declarativa y basada en componentes. En lugar de manipular el DOM directamente (lo cual puede volverse engorroso), React permite describir cada ventana o sección de la aplicación como un componente independiente. En el módulo de prueba virtual de Veoptics, React administra la secuencia de vistas: desde el cuestionario inicial hasta la superposición de monturas en la cámara, pasando por la pantalla de recomendaciones. Esta modularidad facilita también las pruebas unitarias y la evolución futura, ya que cada componente por ejemplo, el visor 3D o el formulario de datos puede desarrollarse y validarse por separado.

### - **Entorno de Desarrollo Ultrarrápido con Vite para Frontend**

Vite es una herramienta de construcción y servidor de desarrollo ultrarrápido para proyectos JavaScript modernos. A diferencia de configuraciones tradicionales basadas en Webpack, Vite aprovecha la carga bajo demanda y el módulo es para ofrecer recargas instantáneas mientras se escribe el código. En Veoptics, Vite acelera el flujo de trabajo de frontend: al cambiar un estilo o una etiqueta JSX, el navegador refleja el cambio al instante, como si el proyecto fuese una maqueta de papel que se ajusta al vuelo.

### - **Prototipado y Diseño Colaborativo de Interfaz con Figma**

Figma es una plataforma colaborativa de diseño de interfaces que opera directamente en el navegador. Permite crear wireframes, prototipos interactivos y compartir feedback en tiempo real. Antes de tocar una línea de código, el equipo de Veoptics definió en Figma cómo se vería el cuestionario, dónde aparecerán los botones de “Probar lente” y qué transiciones animarán el cambio de montura. De este modo, desarrolladores y diseñadores caminaron de la mano, reduciendo la fricción entre la idea visual y su implementación en React.

#### - **Entrenamiento de Redes Neuronales para Reconocimiento Facial**

Una red neuronal es un modelo de computación inspirado en el cerebro humano, compuesto por capas de “neuronas” que procesan información. Se entrena exponiendo al sistema a grandes volúmenes de ejemplos (en este caso, imágenes de rostros), de modo que aprende a reconocer patrones como la forma de los ojos o la curvatura de la mandíbula sin necesidad de programar reglas manualmente. En Veoptics, este tipo de red implementada mediante TensorFlow.js o MediaPipe FaceMesh identifica automáticamente los puntos faciales clave que luego orientan el posicionamiento de las monturas en la vista virtual.

#### - **Localización de 468 Puntos Faciales con MediaPipe FaceMesh**

MediaPipe FaceMesh es un modelo de Google especializado en localizar 468 puntos (keypoints) en la superficie facial: aunque parezca magia, cada punto es simplemente un par de coordenadas (x, y) normalizadas que señalan “aquí está el ojo izquierdo” o “aquí la punta de la nariz” (Bazarevsky et al., 2020). Esos keypoints permiten, por ejemplo, medir la distancia interocular o el ancho de la frente, información crucial para clasificar la morfología de la cara y sugerir el armazón más adecuado.

#### - **Cálculos de Traslación, Escala y Rotación con Matrices de Transformación**

Una vez detectados los keypoints, el sistema calcula mediante operaciones de traslación, escala y rotación en una matriz de transformación cómo ajustar el modelo 3D de la montura al rostro del usuario. Si la barbilla se inclina hacia abajo, las nuevas coordenadas de la nariz y la barbilla actualiza la matriz, de modo que la montura gira y se desplaza en pantalla en sincronía con la cabeza, como si estuviera engarzada a un maniquí digital.

### - **Renderizado 3D en el Navegador Usando WebGL y Aceleración por GPU**

WebGL es la tecnología que permite explotar la tarjeta gráfica (GPU) para dibujar gráficos 3D directamente en el navegador. En lugar de encargar a la CPU el trazado de cada polígono, WebGL delega el trabajo pesado a la GPU, consiguiendo decenas de miles de operaciones en paralelo. Esto es esencial para mantener un frame rate estable (idealmente 60 fps) mientras se renderiza en tiempo real la superposición de monturas en el canvas.

### - **Dibujo Dinámico de Vídeo y Modelos 3D en Canvas HTML5**

El elemento canvas de HTML5 funciona como un lienzo en blanco donde JavaScript puede dibujar imágenes, formas y texturas. En cada iteración, la aplicación: 1) pinta el vídeo de la cámara como fondo, 2) traza la geometría de la montura importada en formato glTF, y 3) añade shaders semitransparentes para simular la lente. El resultado es una mezcla fluida de vídeo y gráficos 3D que se renueva decenas de veces por segundo.

### - **Sincronización Eficiente con requestAnimationFrame para Captura y Renderizado**

Para sincronizar la captura de vídeo, el análisis facial y el renderizado 3D, se utiliza el método requestAnimationFrame. Este ciclo de trabajo lanza una llamada de renderizado justo antes de que el navegador pinte el siguiente frame, garantizando que el bucle de captura–process–dibujo ocurra con la máxima eficiencia y sin bloqueos perceptibles.

### - **Clasificación de Tipologías Faciales Basada en Morfología**

La morfología facial estudia las proporciones y formas del rostro para clasificarlo en tipologías ovalado, cuadrado, redondo, corazón basándose en medidas como la distancia entre pómulos, el ancho de la frente o la longitud de la mandíbula (Williams y Perrett, 2021). En este proyecto, estos datos surgen de los keypoints de FaceMesh y permiten al sistema sugerir monturas que, según la literatura, armonizan mejor con cada fisonomía.

### - **Diseño de Experiencia y Usabilidad (UI/UX) Para Usuarios con Diversas Capacidades**

UI se refiere al diseño visual: colores, tipografía, disposición de botones e iconos. UX abarca la sensación y fluidez con que el usuario recorre el flujo de la aplicación. En este proyecto, la UI se cuida para que los controles sean grandes y legibles, ideales incluso para usuarios con visión reducida. La UX, a su vez, busca que las transiciones no tarden más de 200 ms y que el cliente siempre sepa en qué paso del proceso está: “preguntas”, “recomendaciones” o “vista 3D”. Así, la experiencia se siente ágil, sin esos momentos de silencio incómodo que a veces abundan en sistemas menos pulidos.

#### - **Visualización 3D de Monturas con Three.js en Tiempo Real**

Three.js es una biblioteca de JavaScript que simplifica la creación de gráficos tridimensionales en el navegador, usando WebGL. En la prueba virtual, Three.js carga modelos 3D de monturas exportados en formato glTF y los posiciona sobre el rostro detectado. Gracias a ello, el cliente puede rotar la cabeza y observar la montura desde distintos ángulos, como si estuviera sosteniéndola en sus manos.

#### - **Formatos Eficientes de Modelos 3D con glTF**

glTF es un estándar de archivo para transmitir escenas y modelos 3D. Su principal ventaja es la eficiencia: empaqueta geometría, texturas y materiales en un paquete ligero, optimizado para la web. Veoptics utiliza glTF para importar cada diseño de armazón acrílico, metal, combinados preservando la apariencia realista de los materiales.

#### - **Ejecución de Modelos de Aprendizaje Profundo en el Navegador con TensorFlow.js**

TensorFlow.js es la versión en JavaScript del popular framework de machine learning TensorFlow. Permite ejecutar modelos de aprendizaje profundo directamente en el navegador, sin necesidad de servidores potentes. En el módulo de Veoptics, TensorFlow.js descarga un modelo de detección de puntos faciales (landmarks) que identifica ojos, nariz y mentón en tiempo real, alimentando al motor de Three.js con coordenadas precisas.

#### - **Optimización de Recursos en Dispositivos Móviles con MediaPipe**

MediaPipe es un conjunto de soluciones de Google para procesamiento de audio y vídeo, que incluye detección facial y posicional en tiempo real. Aunque similar a TensorFlow.js, MediaPipe optimiza los recursos de CPU y GPU en dispositivos móviles, por lo que se configuró como alternativa cuando el módulo corre en iPad. Así, si un modelo TensorFlow.js tarda más de lo deseado, se recurre a MediaPipe para mantener la fluidez.

#### - **Integración de Recomendaciones en el CRM para Seguimiento de Clientes**

Un CRM es un sistema para gestionar la relación con clientes: historial de compras, datos personales y preferencias. En Veoptics, el CRM existente cubre ventas, inventario y caja, pero no incorpora recomendaciones. El módulo diseñado extiende este CRM añadiendo una ficha enriquecida con: respuestas al cuestionario, foto procesada (que luego se borra por privacidad) y registro de monturas y lentes elegidos. Con ello, el personal puede acceder a un perfil completo y ofrecer un seguimiento postventa más ajustado.

### **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

La metodología de investigación empleada en esta tesis combina un enfoque mixto cuantitativo y cualitativo. El propósito es describir de manera clara y detallada los métodos, técnicas e instrumentos que permitirán dar respuesta a cada uno de los objetivos específicos y preguntas de investigación planteadas en capítulos anteriores.

#### **3.1 Enfoque de investigación**

Este estudio adopta un enfoque mixto: se recogen datos cuantitativos mediante métricas de uso y pruebas experimentales A/B, y datos cualitativos a través de cuestionarios. La combinación de ambos enfoques busca no solo medir indicadores clave (tiempo de atención, tasa de conversión, porcentaje de satisfacción), sino también comprender las percepciones, experiencias y sugerencias de mejora de los usuarios y del personal de Veoptics.

El enfoque mixto se justifica en la necesidad de triangulación de datos (Creswell y Plano Clark, 2011), pues la validación cuantitativa de mejoras en métricas debe complementarse con el relato de los protagonistas (clientes y personal) para entender el "cómo" y el "por qué" de los resultados.

### 3.2 Tipo de investigación

Se realizará mediante pruebas A/B, combinado con un estudio descriptivo (encuestas de satisfacción) y análisis cualitativo de entrevistas. Cada subcomponente responde a un objetivo específico:

- Fase 1 (Investigación tecnológica y bases científicas): Medir la precisión y robustez del algoritmo de reconocimiento facial mediante registros de latencia y tasa de aciertos en condiciones controladas.
- Fase 2 (Diseño e implementación): Comparar la interacción de usuarios con la versión actual del CRM vs. la nueva interfaz con prueba virtual, analizando tiempos de carga, número de monturas probadas y tasa de conversión.
- Fase 3 (Aceptación e impacto): Evaluar la satisfacción y confianza del cliente mediante encuestas y preguntas abiertas.

### 3.3 Instrumentos y Técnicas

- Logs del Sistema: Registro automático de métricas como tiempos de carga (ms), número de monturas probadas, clics de confirmación y tasa de conversión.
- Encuestas de Satisfacción (Google Forms): Cuestionario con ítems Likert (1–5) sobre usabilidad, confianza, tiempo de atención y recomendación del sistema a terceros.
- Diarios de Campo del Equipo de Piso: Notas de observación de asesores y personal de sistemas sobre las reacciones de los clientes, incidencias técnicas y factores contextuales.

Las encuestas que se utilizaran como instrumento en este estudio son las siguientes: (Ver Anexo 1)

### 3.4 Validación de la Encuesta para Clientes

#### Adaptación de Escalas Reconocidas

- **Usabilidad:** 4 ítems adaptados de la *System Usability Scale* (SUS) de Brooke (1996), una escala validada mundialmente para medir facilidad de uso de interfaces.
- **Experiencia de Usuario:** 4 preguntas inspiradas en la *User Experience Questionnaire* (UEQ) de Laugwitz, Held y Schrepp (2008), enfocadas en velocidad de respuesta, atractivo visual y confort.

- **Satisfacción e Impacto:** 4 ítems tomados del modelo de satisfacción de Oliver (1993), que evalúa el grado de satisfacción, intención de recomendación y percepción de valor agregado.

### **Pilotaje y Revisión de Expertos**

Se realizaron 8 pruebas piloto con clientes voluntarios de la sucursal, recogiendo sus comentarios sobre redacción y claridad. Optometristas y personal de Veoptics revisaron la lista definitiva de ítems para asegurar relevancia y adecuación al contexto.

- **Consistencia Interna**

Con los datos piloto se calculó el Cronbach's alpha para cada indicador (Usabilidad, UE, Satisfacción). Todos los valores superaron 0.75, lo que confirma una buena fiabilidad interna (Nunnally y Bernstein, 1994).

- **Contraste Bibliográfico**

Se compararon los ítems con estudios en IEEE Xplore y ScienceDirect sobre pruebas virtuales de gafas (Hussain et al., 2020; Voicu, Sîrghi y Toth, 2023), validando su pertinencia temática.

## **3.5 Validación de la Encuesta para el Personal**

### **Adaptación de Escalas Reconocidas**

- Usabilidad Interna: Ítems adaptados de la *Software Usability Measurement Inventory* (SUMI) de Kirakowski y Corbett (1993) y la SUS de Brooke (1996).
- Impacto Operativo: Cuatro afirmaciones basadas en metodologías de evaluación de productividad de Nielsen (1993) y ejemplos de encuestas internas de Anderson, Poole y Jacko (2007).
- Satisfacción Interna: Ítems tomados del *Job Satisfaction Survey* (JSS) de Spector (1997), centrados en la satisfacción con la herramienta y la motivación para recomendarla.

### **Pilotaje y Revisión de Expertos**

10 empleados (asesores, optometristas y personal IT) completaron la encuesta piloto y aportaron feedback sobre la claridad de preguntas y tiempos de respuesta.

Se invitó a un especialista en usabilidad corporativa a validar que el lenguaje fuese congruente con el entorno de trabajo.

#### - **Consistencia Interna**

El coeficiente Cronbach's alpha resultó  $> 0.80$  para los tres indicadores, indicando alta confiabilidad de la escala (Nunnally y Bernstein, 1994).

#### - **Contraste Bibliográfico**

Se cotejaron los indicadores con estudios de evaluación interna de sistemas en retail (Chang y McLean, 2018; Fernández, Gómez y López, 2019) para asegurar que las preguntas capturen aspectos críticos de eficiencia y adopción tecnológica.

### **3.6 Población y Muestra**

La población objetivo está constituida por los clientes habituales de la sucursal de Veoptics en Cuenca, Ecuador (Pío Bravo 2-15, departamento de sistemas).

Los participantes se seleccionan de forma aleatoria entre los clientes que acepten participar, garantizando diversidad en edad, género y condición visual. Para las encuestas, se necesitarán 10 clientes y 3 personas del personal de Veoptics.

### **3.7 Metodología de trabajo**

Para el desarrollo iterativo del módulo, se utiliza Scrum como marco de trabajo. Scrum facilita adaptarse a cambios de requisitos o descubrimientos técnicos, al dividir el proyecto en sprints cortos de dos semanas:

Este enfoque asegura entregas constantes, visibilidad del avance y capacidad de responder rápidamente a feedback, alineado con buenas prácticas en desarrollo de software (Schwaber y Sutherland, 2020).

### **3.8 Procedimiento**

El estudio se articula en cinco fases cronológicas:

- Planificación de Sprint: Definir objetivos y tareas puntuales para cada ciclo.
- Daily Stand-up: Reuniones diarias de 15 minutos donde el equipo reporta progreso, Schwaberbloqueos y próximos pasos.
- Revisión de Sprint: Al final de cada sprint, se presenta una versión funcional del módulo (incremento) al tutor y al equipo de Veoptics.
- Retrospectiva: Reflexión sobre aciertos y áreas de mejora del sprint, para ajustar el proceso en el siguiente ciclo.
  
- Diseño de Instrumentos (Abril 1–15, 2025): Elaboración de encuestas, guión de entrevistas y configuración de logs en Supabase.
- Piloto (Abril 16–30, 2025): Prueba inicial con 5 usuarios y 2 asesores; ajuste de preguntas, validación del flujo de datos y resolución de inconvenientes técnicos.
- Recolección de Datos (Mayo 1–Junio 30, 2025): Ejecución simultánea de la prueba A/B y aplicación de encuestas al finalizar cada interacción. Entrevistas semiestructuradas locales.
- Análisis de Datos (Julio 1–15, 2025): Procesamiento de logs para cálculo de porcentajes y promedios. Análisis de contenido de transcripciones con codificación temática (voces emergentes).
- Validación y Ajustes (Julio 16–31, 2025): Presentación de resultados preliminares, incorporación de retroalimentación y refinamiento final de la interfaz y de los procedimientos de medición.

### **3.9 Análisis de Datos**

- Estadística Descriptiva: Tablas de frecuencias, promedios y porcentajes de respuestas.
- Prueba A/B: T-test para comparar medias y tasa de conversión entre resultados.
- Análisis de Contenido: Codificación de respuestas cualitativas en categorías (usabilidad, confianza, mejoras) y presentación de citas textuales representativas.

### **3.10 Consideraciones Éticas**

Se garantizará la privacidad de los participantes: datos personales y fotografías se almacenan cifrados y se eliminan tras el análisis. Se obtiene consentimiento informado por escrito, explicando fines, procedimientos y derechos de los sujetos.

## CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Con el propósito de evaluar la percepción y efectividad del módulo web desarrollado para Veoptics, se aplicaron encuestas estructuradas tanto al público objetivo (clientes) como al personal interno de la empresa. Estas encuestas, previamente validadas con base en modelos ya utilizados en investigaciones científicas y ajustadas al contexto del presente estudio, se diseñaron en base a una metodología cuantitativa, con enfoque descriptivo.

Cada encuesta se estructuró en tres puntos principales: Usabilidad, Experiencia de Usuario, y Satisfacción General, a través de un conjunto de 12 preguntas con escala de Likert de 4 puntos (1: Muy en desacuerdo; 4: Muy de acuerdo). Una vez recolectadas las respuestas mediante formularios de Google Forms, los datos fueron procesados, analizados y visualizados a través de herramientas estadísticas básicas como medidas de tendencia central (promedios) y representaciones gráficas (gráficos de barras y tablas resumen).

A continuación, se presentan los resultados organizados por categorías de análisis, acompañados de las respectivas interpretaciones.

### 4.1 Análisis de Resultados – Encuesta a Clientes

#### 4.2.1 Resultados por Categoría

Los resultados obtenidos a partir de la encuesta dirigida a los clientes de Veoptics se distribuyen de la siguiente manera:

**Tabla 1.**

*Promedio de las respuestas de los clientes hacia a las encuestas*

<b>Categoría</b>	<b>Promedio General</b>
Usabilidad	3.56
Experiencia de Usuario	3.47
Satisfacción General e Impacto Percibido	3.49

Nota: Tabla de promedios de las respuestas de clientes.

Como se aprecia, los valores están en el rango alto de la escala (máximo: 4), lo que indica una percepción generalmente positiva por parte de los usuarios. La dimensión con mayor valoración fue Usabilidad, lo cual sugiere que los usuarios encuentran el módulo fácil de usar, con una navegación intuitiva y de fácil acceso.

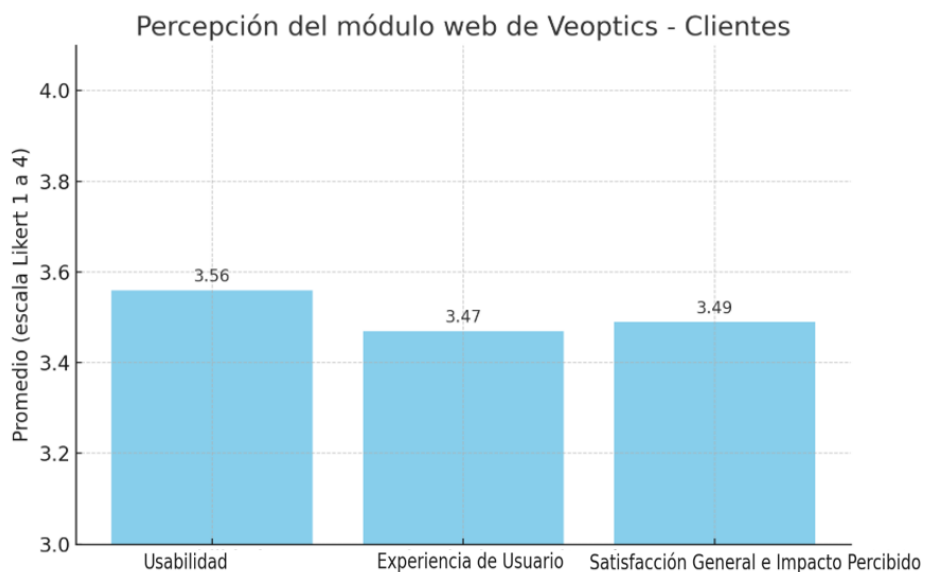
#### 4.2.2 Interpretación de Resultados

- **Usabilidad (3.56):** Los usuarios valoran positivamente la estructura y funcionalidad del sistema. Esto es crucial, ya que un entorno amigable facilita el acceso al catálogo y la realización de pruebas virtuales sin barreras técnicas.
- **Experiencia de Usuario (3.47):** Aunque también con una puntuación elevada, este aspecto sugiere ciertas oportunidades de mejora, especialmente en la personalización visual, la carga de modelos 3D o el realismo del probador virtual.
- **Satisfacción e Impacto Percibido (3.49):** Los clientes sienten que el sistema mejora su experiencia general de compra y aumenta la confianza en la elección de monturas, lo cual respalda el propósito del desarrollo del módulo.

#### 4.2.3 Percepción del módulo web - Clientes

##### Figura 3.

*Gráfico de la percepción de los clientes.*



*Nota. Gráfico de la percepción de los clientes hacia el módulo web*

### 4.3 Análisis de Resultados – Encuesta al Personal de Veoptics

#### 4.3.1 Resultados por Categoría

En el caso del personal interno de la empresa, se obtuvo la siguiente distribución de puntajes promedio:

**Tabla 2.**

*Promedio de las respuestas del personal hacia las encuestas.*

<b>Categoría</b>	<b>Promedio General</b>
Usabilidad	3.75
Experiencia de Usuario	3.70
Satisfacción General e Impacto Percibido	3.83

Nota. Tabla de promedios del personal hacia las encuestas.

El personal evaluó todos los aspectos con una media superior a la obtenida por los clientes, lo cual sugiere un conocimiento más técnico del sistema y una valoración más consciente sobre el impacto del módulo dentro del flujo de atención al cliente y el proceso comercial de la óptica.

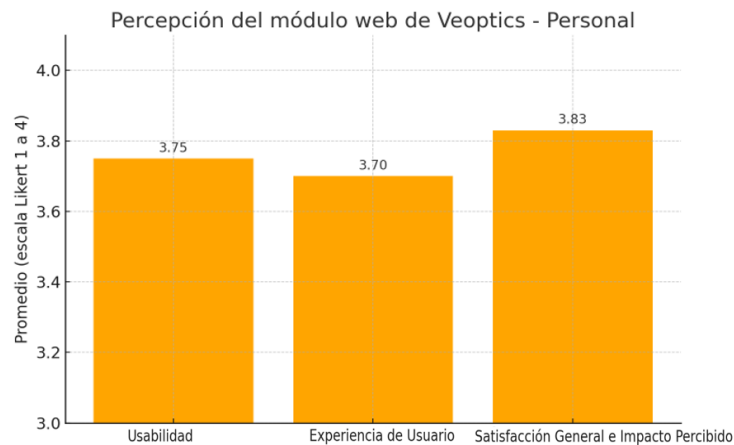
#### 4.3.2 Interpretación de Resultados

- **Usabilidad (3.75):** Desde la perspectiva del personal, el módulo cumple eficientemente su función como herramienta de apoyo en la atención, facilitando el proceso de recomendación y seguimiento al cliente.
- **Experiencia de Usuario (3.70):** El equipo considera que el módulo brinda una experiencia sólida y atractiva, aunque probablemente perciben con mayor claridad algunos aspectos técnicos detrás del sistema que el cliente promedio no distingue.
- **Satisfacción e Impacto Percibido (3.83):** El personal reconoce el impacto positivo del módulo en términos de eficiencia, reducción de tiempos y calidad del servicio. Esta categoría destaca como la más alta, lo cual refuerza la idea de que el módulo es una herramienta estratégica para la empresa.

### 4.3.3 Percepción del módulo - Personal

**Figura 4.**

*Percepción de Personal.*



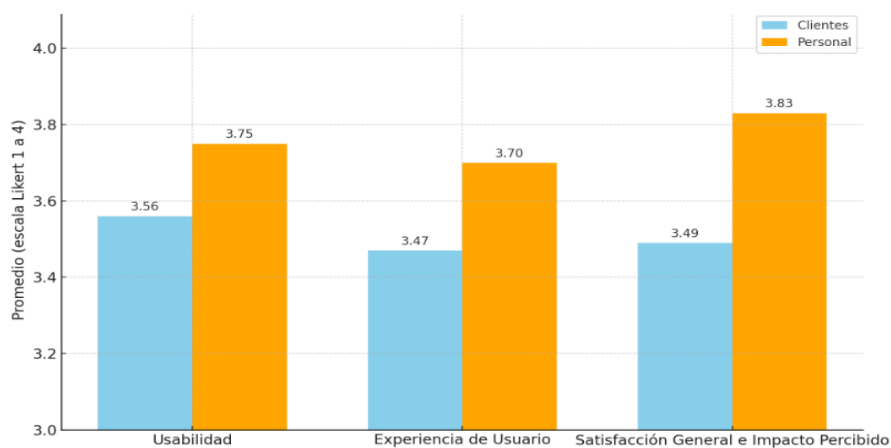
*Nota. Gráfico de la percepción del personal hacia el módulo web.*

### 4.4 Comparativo de percepción Clientes y Personal

Para ofrecer una visión global, se presenta a continuación un gráfico comparativo entre ambas audiencias encuestadas:

**Figura 5.**

*Percepción de Personal vs Clientes*



*Nota. Gráfico de la comparativa de la percepción de Clientes vs Personal hacia el módulo web.*

#### **4.4.1 Interpretación Comparativa**

Del análisis comparativo se puede concluir que:

- El personal de Veoptics valora con mayor recibimiento todos los puntos de la encuesta, posiblemente esto es debido a su familiaridad con el sistema y el conocimiento del propósito estratégico del módulo dentro de la óptica.
- Los clientes de Veoptics también presentan una percepción altamente positiva, aunque con ligeras reservas en puntos que tienen que ver con la experiencia visual, lo cual podría deberse a diferencias en dispositivos o conectividad
- La coincidencia en las altas puntuaciones sugiere que el módulo cumple con los estándares esperados de funcionamiento tanto desde la perspectiva del personal como del cliente final.

#### **4.5 Consideraciones Finales**

Los resultados nos mostraron que el módulo web implementado para Veoptics no solo cumple su función como herramienta de prueba virtual de monturas, sino que también logra una experiencia de usuario positiva, mejora la interacción comercial, y fortalece la percepción de personalización en el servicio de Veoptics.

Estos hallazgos validan el planteamiento inicial del presente trabajo: la incorporación de un sistema personalizado, soportado en tecnologías de visión por computadora y modelado 3D, puede generar un impacto positivo en la experiencia del usuario y en la eficiencia operativa del negocio.

La información recolectada en este capítulo servirá para realizar recomendaciones estratégicas, identificar oportunidades de mejora y delinear futuras líneas de desarrollo tecnológico y comercial, los cuales serán tratados en el siguiente capítulo.

## CAPÍTULO V: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

En el contexto actual, donde lo digital va llegando incluso a los negocios más tradicionales, la óptica Veoptics se enfrenta a un desafío más grande que la simple venta de armazones y lentes. El mercado óptico, cada vez más competitivo y poblado de opciones, exige a las empresas no solo vender un producto funcional, sino también ofrecer una experiencia que seduzca al cliente, le ahorre tiempo y, en lo posible, le brinde la sensación de que aquello que compra fue diseñado pensando en él. Sin embargo, la realidad de su proceso actual de atención, caracterizado por interacciones manuales y una selección de monturas que depende casi por completo de la intervención del asesor y de la paciencia del cliente, deja entrever un vacío que limita el crecimiento de la empresa y la satisfacción de su público.

Este proyecto busca llenar ese vacío mediante el diseño y desarrollo de un módulo web con capacidades de reconocimiento facial y prueba virtual, integrado al CRM existente de Veoptics, que permita personalizar la experiencia de compra y modernizar el servicio. No se trata de un reemplazo del trato humano, sino de una herramienta que actúa como un espejo inteligente: uno que mide, sugiere, muestra y facilita decisiones con una rapidez que un vendedor por sí solo no podría lograr.

La propuesta nace de la necesidad de transformar una experiencia que, hasta ahora, podía llegar a resultar tediosa para algunos clientes en algo más dinámico y agradable. La integración de tecnologías como MediaPipe FaceMesh para la detección de puntos faciales, TensorFlow.js para ejecutar modelos de red neuronal directamente en el navegador y Three.js para renderizar modelos tridimensionales en tiempo real, no es solo un alarde técnico. Más bien, estas piezas se articulan para ofrecer al cliente una visión clara de cómo le quedará cada armazón, con recomendaciones inteligentes basadas en su morfología facial, edad, condiciones visuales e incluso hábitos de uso, como la propensión a dañar o rayar lentes.

A través de esta propuesta, la empresa podrá atender de forma más ágil, reducir tiempos de interacción que antes oscilaban entre 30 y 60 minutos y, sobre todo, proyectar una imagen de modernidad que fortalezca su competitividad frente a otras ópticas locales y cadenas más grandes. Cabe preguntarse: ¿acaso no es lógico que, si un usuario puede ver cómo le quedará un par de zapatos o un mueble desde la pantalla de su teléfono, también pueda elegir con confianza los lentes que usará cada día?

En cuanto a los objetivos que orientan esta propuesta, su formulación responde tanto a la necesidad práctica de Veoptics como a la oportunidad de generar un aporte académico y técnico. El objetivo central es demostrar que es factible implementar un sistema de prueba virtual y recomendación personalizada que sobre todo funcione con fluidez en un entorno como el de una óptica y que, al mismo tiempo, sea capaz de integrarse al ecosistema de la empresa. Para lograrlo, se busca, en primer lugar, investigar y adaptar las tecnologías existentes de reconocimiento facial que, según estudios recientes, ofrecen tasas de precisión de hasta 95 % en condiciones controladas de luz (Bazarevsky et al., 2020).

A esto se suma la necesidad de diseñar un módulo web que no solo cumpla su función técnica, sino que también ofrezca una experiencia intuitiva y confiable, evitando tiempos de carga excesivos o interfaces que marean al usuario que puedan generar rechazo en el usuario. Finalmente, un objetivo diferente al resto es evaluar el impacto real del sistema mediante encuestas y pruebas con clientes y personal, generando datos que permitan medir con claridad en qué medida la personalización digital incide en la satisfacción y en la eficiencia operativa de la óptica.

El alcance de esta propuesta, si bien ambicioso en cuanto a funcionalidad, está claramente delimitado para ajustarse a los recursos disponibles y al marco temporal del proyecto. El desarrollo abarca un módulo web con un flujo completo que inicia con un cuestionario breve para recopilar datos relevantes del cliente (edad, diagnóstico óptico y hábitos), continúa con la captura y análisis de su rostro mediante la cámara del dispositivo y termina con la recomendación personalizada de lentes y monturas, junto con la opción de probarlos virtualmente en tiempo real.

Este prototipo, que será entregado a Veoptics a principios de agosto de 2025, funcionará como una demostración completamente funcional dentro de la sede principal de Veoptics en Cuenca, con proyección de ser replicado en futuras sucursales mediante configuraciones mínimas. Por el momento, el sistema no incluye integración con inventarios dinámicos ni funciones avanzadas de inteligencia artificial más allá del análisis facial y las reglas de recomendación preconfiguradas, aunque dichas funcionalidades quedan planteadas como mejoras futuras.

La prioridad es que, en su versión inicial, el módulo funcione de manera estable, brinde una experiencia confiable al usuario final y se integre de forma armoniosa al CRM de la empresa, generando así un puente entre lo que hasta ahora era un proceso completamente manual y lo que podría ser un estándar de atención moderna en el sector óptico local.

El módulo web hecho para Veoptics no es un sistema que funciona por separado, sino que es una pieza más dentro del engranaje digital de la óptica, pensada para integrarse de manera sencilla con su CRM actual. En lugar de reinventar la plataforma desde cero, se optó por construirlo como un módulo adicional, al mismo nivel que las secciones existentes de caja, inventario y gestión de pacientes. Este enfoque permite que el personal acceda al nuevo sistema sin alterar sus rutinas de trabajo, mientras que el cliente experimenta una interfaz independiente, más moderna y orientada a la interacción visual.

A grandes rasgos, la arquitectura descansa sobre tres pilares: un frontend dinámico desarrollado en React, un backend administrado por Supabase como servicio en la nube (que centraliza toda la lógica de datos) y la integración directa con el CRM, donde se almacenan y consultan los registros de interacción y preferencias de los usuarios.

El flujo de datos inicia de forma sencilla: el cliente accede al módulo de experiencia, ingresa datos básicos como nombre y teléfono, y responde un cuestionario breve que sirve como punto de partida para personalizar las recomendaciones. Una de las preguntas clave activa la cámara del dispositivo para capturar su rostro, momento en el cual entra en juego MediaPipe FaceMesh, que localiza 468 puntos clave de la cara, permitiendo clasificar su morfología y calcular el ajuste de las monturas virtuales. A partir de ahí, el usuario puede desplazarse por un menú de navegación dividido en cuatro secciones.

La primera despliega las recomendaciones automáticas de lentes y monturas; la segunda permite experimentar con colores y opacidades de lentes, ajustando tonalidades hasta encontrar un estilo preferido; la tercera ofrece información comparativa sobre materiales como vidrio, policarbonato o plástico, detallando ventajas y desventajas de cada uno; y la cuarta, quizá la más llamativa, activa el probador virtual con más de 300 modelos de armazones cargados desde la base de datos, los cuales se renderizan en tiempo real gracias a Three.js y WebGL. Todo este recorrido se ejecuta dentro del navegador, sin necesidad de servidores intermedios, lo que mejora la velocidad de respuesta y reduce costos de infraestructura.

Además del flujo principal orientado al cliente, la arquitectura contempla dos módulos adicionales reservados para administradores, accesibles mediante un icono de configuración que aparece únicamente al iniciar sesión con privilegios. El primero de ellos, denominado módulo de mensajería, permite listar los registros de clientes capturados en Supabase y enviarles mensajes

personalizados a través de WhatsApp, una funcionalidad pensada para campañas de seguimiento o promociones.

Después está el módulo de gestión de modelos 3D el cual brinda control sobre qué armazones están disponibles para prueba en el sistema. Aquí, el administrador puede activar o desactivar modelos según el inventario de la tienda o las estrategias comerciales, ya que la base de datos de monturas se hizo a partir de los SKU y referencias de JELIZZ, un servicio que provee archivos 3D estandarizados de cada modelo de lentes. Esta separación entre funciones públicas y administrativas asegura que el sistema sea útil tanto para los clientes como para el equipo de Veoptics.

La estructura interna del proyecto, organizada en carpetas refleja esta división funcional. La carpeta ExperienceUI aloja los componentes visuales centrales, como formularios, botones y menús, que dan forma a la interfaz principal. Dentro de hooks, se encuentran funciones reutilizables que simplifican tareas como gestionar el estado de la cámara o interactuar con la base de datos de Supabase; estas funciones actúan como engranajes invisibles que mantienen la aplicación en funcionamiento sin sobrecargar todo en un solo archivo. La carpeta pages agrupa las vistas que corresponden a cada sección del flujo del usuario, desde la pantalla inicial hasta el probador virtual.

Por su parte la carpeta Questionnaire contiene los formularios dinámicos y la lógica que adapta las preguntas según las respuestas del usuario, facilitando que el sistema recopile información precisa para la generación de recomendaciones personalizadas. La carpeta TryOn3D, como su nombre indica, concentra todos los elementos relacionados con el probador virtual, incluyendo la integración con Three.js, la carga de modelos glTF y la lógica que alinea los armazones al rostro detectado.

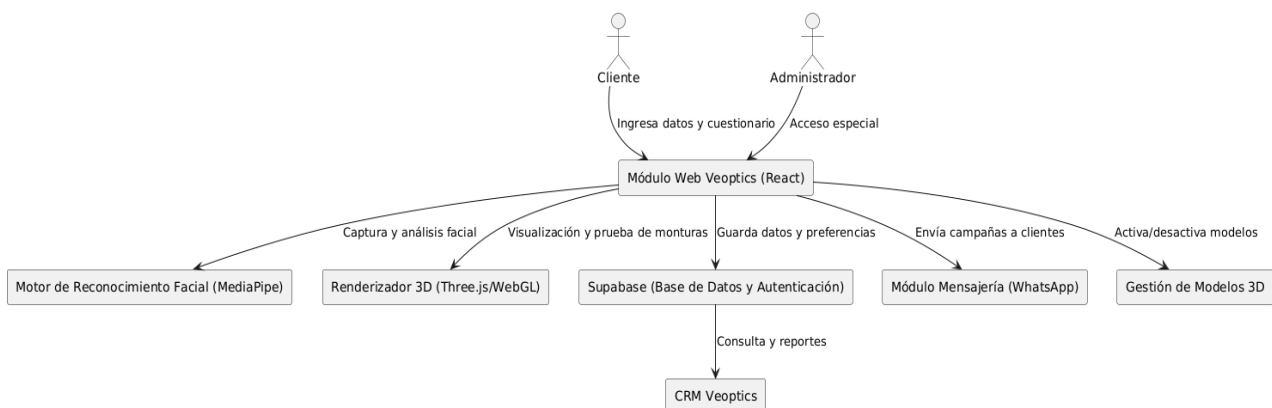
Finalmente, utils funciona como un contenedor de utilidades: pequeñas funciones, como conversores de coordenadas o filtros de datos, que son utilizadas en múltiples puntos del sistema y que evitan la duplicación de código. Esta organización modular permite mantener el proyecto escalable y comprensible, de modo que, si en el futuro se decide ampliar la funcionalidad, cada nueva pieza pueda añadirse sin desordenar el conjunto.

La elección de Supabase como único backend responde a una decisión de eficiencia. En lugar de desplegar un servidor propio con Node.js o Express, Supabase ofrece servicios integrados de base de datos, autenticación y API en tiempo real, lo que reduce la complejidad del desarrollo y asegura un mantenimiento más sencillo. Cada interacción del usuario sus respuestas al cuestionario, las configuraciones de lentes elegidas, los modelos probados y hasta los registros generados por los módulos administrativos se almacena en tablas específicas dentro de Supabase, listas para ser consultadas desde el CRM de Veoptics o utilizadas en reportes de uso y métricas.

Esta integración nativa garantiza que los datos estén disponibles para el personal en tiempo real, sin necesidad de procesos manuales o sincronizaciones. En conjunto, la arquitectura resulta liviana, modular y pensada para que tanto clientes como administradores puedan beneficiarse de una experiencia ágil y confiable, alineada con las expectativas actuales de un mercado donde la rapidez y la personalización ya no son lujos, sino requisitos para competir.

### Figura 6.

#### Arquitectura del módulo Veoptics



*Nota.* Diagrama de la Arquitectura del módulo web de Veoptics.

El diseño de la arquitectura del sistema propuesto para Veoptics se estructura en torno a una serie de componentes que trabajan de manera coordinada, priorizando la agilidad en la interacción del cliente y la simplicidad en la gestión para el personal de la óptica. En el centro de esta arquitectura se encuentra el módulo web, desarrollado con React, que actúa como la interfaz principal donde se despliegan todas las funcionalidades orientadas al usuario.

A través de este módulo, el cliente no solo ingresa sus datos y responde un cuestionario inicial, sino que también experimenta con opciones visuales, desde la simulación de colores y opacidades de lentes hasta la prueba virtual de monturas en tiempo real. Este módulo opera como un punto de encuentro: recibe entradas de datos, invoca algoritmos de detección facial y se conecta con otros servicios para brindar una experiencia completa y coherente.

El motor de reconocimiento facial, implementado mediante MediaPipe FaceMesh, es una pieza clave dentro de la arquitectura, aunque trabaja de forma transparente para el usuario final. Este componente se activa durante la fase de cuestionario para capturar y analizar el rostro del cliente, identificando 468 puntos clave que permiten determinar su morfología facial. Con esta información, el sistema puede sugerir monturas adaptadas a su forma de cara, creando una experiencia más personalizada que reduce la incertidumbre al momento de elegir.

Una vez procesada esta información, el flujo continúa con el renderizador 3D, que, gracias a Three.js y WebGL, superpone monturas virtuales sobre la imagen del usuario, sincronizando el modelo digital con cada movimiento de la cabeza y ofreciendo un efecto fluido, casi como si se tratara de un espejo inteligente. Estos dos componentes trabajan en paralelo, asegurando que la transición entre recomendaciones y visualización en vivo sea natural y sin interrupciones perceptibles.

En paralelo a las operaciones visuales y algorítmicas, el sistema mantiene una integración directa con Supabase, que funciona como backend completo: allí se almacenan los registros de clientes, las respuestas a los cuestionarios, las configuraciones de lentes y los datos relacionados con las pruebas virtuales. Esta elección elimina la necesidad de un servidor propio, reduciendo la complejidad de mantenimiento y acelerando la implementación del proyecto. Supabase también facilita la autenticación de usuarios y el acceso diferenciado según roles, asegurando que las funciones administrativas estén disponibles solo para personal autorizado.

Toda la información que se recopila en el módulo se vincula de forma automática con el CRM de Veoptics. Esto permite que el personal de la óptica pueda consultar métricas, generar reportes y dar seguimiento a cada cliente sin tener que recurrir a procesos manuales ni duplicar datos en diferentes sistemas. Aunque la función principal del módulo es enriquecer la experiencia de quienes visitan la tienda, también incluye dos herramientas diseñadas exclusivamente para los administradores, las cuales se activan únicamente al iniciar sesión con credenciales autorizadas.

La primera es un módulo de mensajería que permite enviar campañas personalizadas a los clientes por medio de WhatsApp. Esta función no solo facilita la comunicación directa, sino que refuerza las estrategias de fidelización y marketing sin depender de plataformas externas. La segunda herramienta es el gestor de modelos 3D, mediante el cual el personal puede habilitar o desactivar los más de 300 armazones disponibles para la prueba virtual, según el inventario en tienda o las campañas promocionales activas. Gracias a esta flexibilidad, el catálogo virtual siempre refleja con precisión la oferta real de Veoptics, evitando confusiones y alineando la experiencia digital con la disponibilidad física de productos.

El diagrama de arquitectura que representa estos elementos ha sido diseñado para ser sencillo y funcional. Está compuesto por bloques interconectados mediante flujos de datos claros, reflejando el objetivo principal del sistema: ofrecer una solución moderna, ágil y fácil de escalar sin sobrecargar la infraestructura de la óptica. Al mantener la mayoría de las operaciones en el navegador del usuario y delegar la gestión de datos y autenticación a Supabase, el módulo puede replicarse en futuras sucursales con un mínimo de configuración. De esta forma, la propuesta no solo soluciona la necesidad inmediata de agilizar la atención y personalizar la experiencia, sino que también prepara el terreno para su expansión a largo plazo.

Una vez abordada esta visión general de la arquitectura, es necesario profundizar para comprender cómo interactúan sus distintos componentes técnicos y humanos. La arquitectura ofrece un panorama amplio que abarca desde la interfaz construida en React hasta la lógica de reconocimiento facial con MediaPipe FaceMesh, así como la integración con Supabase y el CRM de Veoptics. Sin embargo, por sí sola no responde a preguntas esenciales como: ¿qué ocurre cuando un cliente completa su registro?, ¿cómo viaja la información del cuestionario hasta convertirse en recomendaciones?, ¿y de qué manera intervienen los administradores para gestionar campañas y modelos 3D?

Para dar respuesta a estas dudas, la propuesta incorpora diferentes diagramas UML, cada uno con un enfoque particular. Los diagramas de casos de uso, por ejemplo, permiten visualizar de manera general las interacciones entre clientes, usuarios del CRM y administradores, destacando los objetivos de cada actor y las funcionalidades que emplean. El diagrama de actividades, por otro lado, detalla paso a paso el flujo principal del sistema, desde el registro inicial hasta la prueba virtual de monturas, señalando en qué puntos intervienen la lógica de negocio como la detección facial o las reglas de recomendación para enriquecer la experiencia del usuario.

Complementando esto, los diagramas de clases y de secuencia brindan una mirada más técnica al interior del sistema. El primero organiza las entidades fundamentales clientes, cuestionarios, respuestas, recomendaciones, modelos 3D y campañas y muestra cómo se relacionan entre sí, garantizando una estructura de datos robusta para su almacenamiento en Supabase. El segundo, en cambio, expone cómo fluye la información durante la interacción con el cliente, desde que responde el cuestionario hasta que recibe sus recomendaciones, evidenciando la coordinación entre la interfaz, los controladores y los servicios de lógica.

En conjunto, estos diagramas no son solo ilustraciones, sino piezas clave que documentan cómo se articulan los actores, procesos y datos, facilitando la validación del prototipo y la detección de posibles áreas de mejora o expansión futura. Más que un conjunto de esquemas, conforman una radiografía integral del módulo web de Veoptics, acompañada de explicaciones que la conectan con los objetivos de la investigación y con la experiencia que busca ofrecer tanto a los clientes como al personal de la óptica.

Finalmente, para entender cómo cada actor, clientes, empleados y administradores interactúan con el sistema, se utilizan los casos de uso como herramienta principal. Estos escenarios describen de manera ordenada qué tareas puede realizar cada perfil, los pasos que debe seguir y los resultados que obtiene, ofreciendo una visión completa de cómo el módulo atiende el problema inicial: reducir los tiempos de atención, ofrecer recomendaciones más personalizadas y proporcionar a la empresa herramientas que optimicen su gestión diaria.

Los casos de uso del módulo pueden dividirse en dos grandes bloques. Por un lado, están las funciones dirigidas al cliente, que incluyen el registro de datos básicos (nombre y teléfono), el cuestionario de hábitos y condiciones visuales, la generación automática de recomendaciones y la prueba virtual de armazones mediante realidad aumentada. Por otro lado, se encuentran las funciones reservadas a los administradores, quienes tienen acceso a herramientas para el envío de campañas publicitarias por WhatsApp y la gestión del catálogo de modelos 3D, activando o desactivando monturas según la disponibilidad del inventario o las estrategias comerciales de Veoptics.

### CASO DE USO: Registro de cliente (nombre y teléfono)

**Tabla 3.**

*Caso de uso C.U.1*

<b>Elemento</b>	<b>Contenido</b>
<b>Identificador</b>	C.U.1
<b>Actores</b>	Cliente, Usuario del CRM (Admin, Empleado, Optometrista, Vendedor)
<b>Pre-condición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El Usuario del CRM debe haber accedido al sistema con su cuenta válida.</li> <li>• El Cliente no necesita iniciar sesión.</li> <li>• El Cliente debe ingresar su nombre y número de teléfono válidos.</li> </ul>
<b>Post-condición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los datos del cliente quedan almacenados en la base de datos.</li> <li>• Se habilita la posibilidad de enviarle campañas publicitarias en el futuro.</li> </ul>
<b>Descripción</b>	Ingreso de datos básicos del cliente (nombre y teléfono) en un formulario sencillo al inicio del módulo. El usuario del CRM guía al cliente durante este proceso.
<b>Resumen</b>	El cliente, asistido por un usuario del CRM, llena un formulario con su nombre y número de teléfono. Esta información es almacenada en el sistema con fines publicitarios. No requiere autenticación por parte del cliente.

Nota: Tabla de caso de uso C.U.1

## CASO DE USO: Cuestionario y generación de recomendaciones

**Tabla 4.**

*Caso de uso C.U.2*

<b>Elemento</b>	<b>Contenido</b>
<b>Identificador</b>	C.U.2
<b>Actores</b>	Cliente, Usuario del CRM (Admin, Empleado, Optometrista, Vendedor)
<b>Pre-condición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El cliente ya ha completado el formulario inicial con su nombre y teléfono.</li> <li>• El usuario del CRM ha iniciado sesión y accedido al módulo.</li> </ul>
<b>Post-condición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se almacenan las respuestas del cuestionario.</li> <li>• Se generan recomendaciones personalizadas.</li> </ul>
<b>Descripción</b>	El cliente responde un cuestionario de 10 preguntas relacionadas con su edad, hábitos, sensibilidad a la luz, forma de rostro, etc. El sistema analiza las respuestas y genera recomendaciones sobre armazón, tipo de lente, materiales y filtros.
<b>Resumen</b>	Tras completar el formulario inicial, el cliente responde a un cuestionario en presencia del usuario del CRM. Las respuestas se procesan automáticamente con una lógica programada que genera recomendaciones personalizadas que se mostrarán en la siguiente etapa.

Nota: Tabla de caso de uso C.U.2

## CASO DE USO: Prueba virtual de lentes (Virtual Try On)

**Tabla 5.**

*Caso de uso C.U.3*

<b>Elemento</b>	<b>Contenido</b>
<b>Identificador</b>	C.U.3
<b>Actores</b>	Cliente, Usuario del CRM (Admin, Empleado, Optometrista, Vendedor)
<b>Pre-condición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El cuestionario ha sido completado.</li> <li>• Se han generado las recomendaciones personalizadas.</li> </ul>
<b>Post-condición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El cliente visualiza cómo se vería con diferentes modelos de lentes.</li> <li>• Se registra el interés del cliente por modelos específicos (opcional).</li> </ul>
<b>Descripción</b>	Tras recibir las recomendaciones, el cliente accede a la función de prueba virtual, donde puede visualizar cómo se vería con los lentes sugeridos, usando tecnología de realidad aumentada similar a un filtro de Instagram.
<b>Resumen</b>	El cliente utiliza la función Virtual Try On para probarse diferentes modelos de lentes sugeridos por el sistema, mejorando la experiencia de compra. El sistema puede registrar los modelos visualizados como dato adicional (si se desea implementar).

Nota. Tabla de caso de uso C.U.3

**CASO DE USO: Envío de campaña masiva por WhatsApp****Tabla 6.***Caso de uso C.U.4*

<b>Elemento</b>	<b>Contenido</b>
<b>Identificador</b>	C.U.4
<b>Actores</b>	Usuario del CRM (solo Admin)
<b>Pre-condición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El administrador ha iniciado sesión.</li> <li>• Existen registros de clientes con nombre y número telefónico en el sistema.</li> </ul>
<b>Post-condición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se envía una campaña publicitaria a través de WhatsApp a todos los clientes registrados.</li> <li>• Se almacena un registro de la campaña enviada.</li> </ul>
<b>Descripción</b>	El administrador accede a una opción especial dentro del módulo donde puede redactar y enviar un mensaje promocional que será distribuido masivamente a todos los números de teléfono registrados por los clientes que completaron el formulario.
<b>Resumen</b>	El administrador redacta y lanza una campaña publicitaria vía WhatsApp desde el sistema, aprovechando los datos de contacto recopilados en el formulario inicial del módulo. Esta funcionalidad permite aumentar la fidelización y promover promociones.

Nota: Tabla de caso de uso C.U.4

## CASO DE USO: Gestión de modelos 3D del Virtual Try On

**Tabla 7.**

*Caso de uso C.U.5*

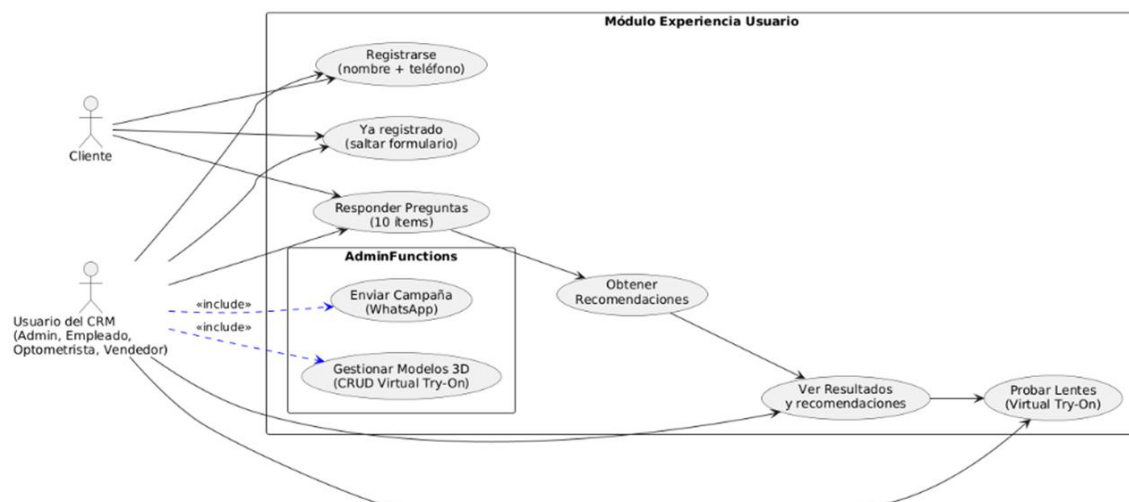
<b>Elemento</b>	<b>Contenido</b>
<b>Identificador</b>	C.U.5
<b>Actores</b>	Usuario del CRM (solo Admin)
<b>Pre-condición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El administrador ha iniciado sesión.</li> <li>• El sistema tiene acceso a la base de datos de modelos 3D del Virtual Try On.</li> </ul>
<b>Post-condición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se actualiza el catálogo de modelos disponibles para prueba virtual.</li> <li>• Los cambios se reflejan automáticamente en la interfaz de Virtual Try On.</li> </ul>
<b>Descripción</b>	Desde la opción de configuración del módulo, el administrador puede agregar, editar o eliminar modelos 3D de lentes que serán utilizados por los clientes en la función de prueba virtual. Se trata de un CRUD con visualización previa.
<b>Resumen</b>	El administrador gestiona los modelos disponibles en el sistema para la prueba virtual de lentes. Esto permite mantener actualizado el catálogo con los modelos en venta en la óptica, mejorando la experiencia de los clientes.

Nota. Tabla de caso de uso C.U.5

El diagrama de casos de uso ofrece una representación visual de estas interacciones. En él se observa cómo los actores principales cliente y usuarios del CRM (administradores, empleados, optometristas y vendedores) se vinculan con las funcionalidades del sistema. El cliente, asistido o no por un usuario del CRM, puede registrarse, completar el cuestionario, recibir recomendaciones y probar virtualmente más de 300 modelos de armazones. Mientras tanto, el personal de Veoptics actúa como puente, garantizando que el proceso sea fluido, y los administradores disponen de funciones adicionales para la gestión de campañas y modelos 3D. Esta representación ayuda no solo a entender cómo cada elemento contribuye a la experiencia general, sino también a identificar posibles puntos de optimización o automatización futura.

**Figura 7.**

*Diagrama de casos de uso del módulo web*



*Nota.* Diagrama de casos de uso del módulo web de Veoptics.

Cada caso de uso ha sido descrito de forma que permita reflejar sus condiciones iniciales, resultados esperados y la forma en que contribuye al objetivo general del sistema. Por ejemplo, el C.U.1 (Registro de Cliente) asegura que todos los datos básicos queden almacenados en la base de datos para uso futuro en campañas publicitarias o seguimiento postventa. El C.U.2 (Cuestionario y generación de recomendaciones) no solo recopila información sobre edad, hábitos y morfología facial, sino que también aplica lógica para generar recomendaciones específicas sobre materiales de lentes, tecnologías como Transition o antirreflejante y estilos de montura. Finalmente, el C.U.3 (Prueba Virtual) constituye la parte más interactiva, donde el cliente puede visualizar los resultados en tiempo real, mientras que los casos de uso C.U.4 (Envío de campañas)

y C.U.5 (Gestión de modelos 3D) refuerzan la utilidad del sistema para la administración y el marketing de la óptica.

Gracias a esta documentación, el módulo de experiencia no se percibe como un simple agregado al CRM, sino como un sistema que funciona en conjunto que cubre tanto las necesidades del usuario final como las del negocio. Además, estos casos de uso servirán como base para las pruebas que se realizarán durante la fase de implementación, permitiendo evaluar no solo la funcionalidad técnica, sino también la percepción de usabilidad y efectividad por parte de clientes y personal de Veoptics.

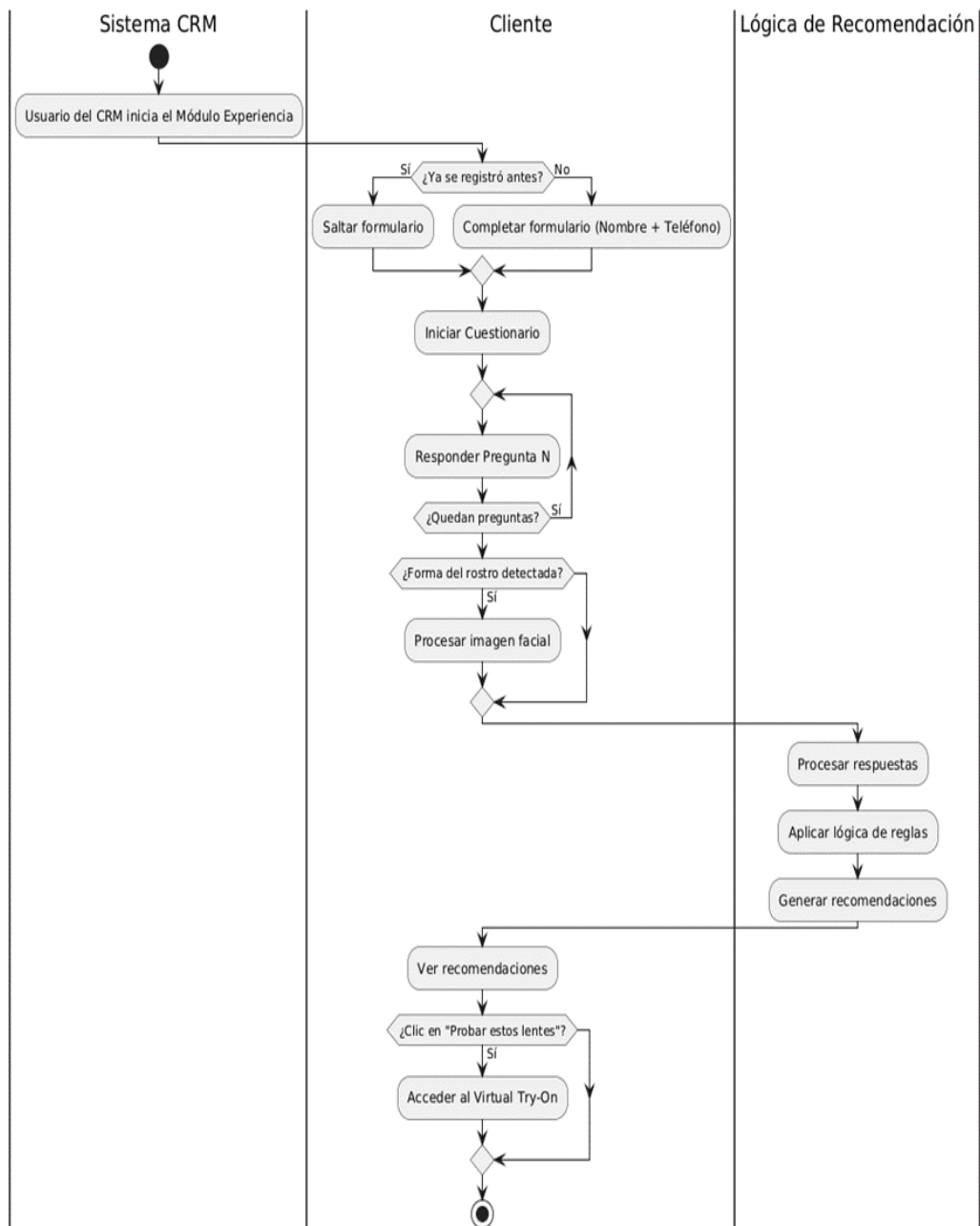
Tras analizar las interacciones generales mediante los casos de uso, es de gran importancia observar cómo se desarrolla el flujo de actividades que vive un cliente dentro del módulo de experiencia de Veoptics. Este proceso no es solo llenar formularios o probar lentes; implica una secuencia bien estructurada de pasos que conectan al cliente, el personal de la óptica y la lógica interna del sistema. Para representar esta secuencia de manera visual, se utiliza un diagrama de actividad, el cual permite identificar con claridad los puntos de decisión, los procesos automáticos y las tareas que pueden optimizarse en futuras iteraciones del proyecto.

El diagrama describe en primer lugar, cómo un usuario del CRM inicia el módulo y acompaña al cliente en la etapa de registro. Aquí, se establece una separación: si el cliente ya está registrado en la base de datos, el sistema le permite saltar directamente el formulario inicial, ahorrando tiempo y evitando redundancias en la base de datos. En caso contrario, se solicita que ingrese su nombre y número de teléfono, información que posteriormente puede emplearse para campañas personalizadas o seguimiento postventa. Esta primera decisión, aunque sencilla, marca la pauta de eficiencia que se busca: evitar repeticiones innecesarias y reducir fricciones en la experiencia inicial.

Posteriormente, el cliente accede al cuestionario, que funciona como el núcleo del proceso de personalización. Cada pregunta diez en total explora aspectos como edad, hábitos de uso, sensibilidad a la luz o percepción nocturna, y se acompaña de una pregunta clave que activa el análisis facial mediante MediaPipe FaceMesh. Si la forma del rostro es detectada correctamente, se generan métricas sobre su morfología (distancia interocular, ángulo mandibular, curvatura de la frente), las cuales alimentan el motor de recomendaciones para ajustar estilos de montura y tecnologías de lentes. Este análisis ocurre de manera invisible para el cliente, manteniendo la sensación de un proceso ágil y continuo.

**Figura 8.**

*Diagrama de Actividades.*



*Nota.* Diagrama de actividades del módulo web de Veoptics.

Una vez completado el cuestionario, la lógica de negocio toma protagonismo. Las respuestas se envían y se procesa la información y genera un conjunto de recomendaciones personalizadas, combinando materiales de lentes (vidrio, policarbonato o plástico), opciones de tratamiento (antirreflejante, Transition) y estilos de montura adaptados a la morfología detectada. El cliente visualiza estas recomendaciones en pantalla y, si decide continuar, puede acceder a la función Virtual Try On, donde prueba digitalmente las monturas seleccionadas, pudiendo rotar su cabeza o cambiar de modelo para evaluar diferentes estilos antes de tomar una decisión de compra que le favorezca.

El valor de este diagrama radica en que no sólo documenta el proceso actual, sino que también deja ver áreas donde podrían incorporarse mejoras futuras. Por ejemplo, en una versión posterior, se podría integrar un sistema de recordatorios automatizados para clientes que no finalicen la prueba virtual o incluso un módulo de análisis predictivo que ajuste las recomendaciones en tiempo real según el historial de comportamiento del cliente. Al visualizar el flujo completo, es más sencillo identificar estos posibles puntos de expansión sin perder de vista la lógica principal del sistema.

Si bien el diagrama de actividad ilustra cómo fluye la experiencia del cliente desde su registro hasta la prueba virtual de lentes, es el diagrama de clases el que muestra la columna vertebral del sistema. Entender esta estructura es crucial porque no solo permite visualizar qué entidades son necesarias para que el módulo funcione, sino también cómo se relacionan entre sí para garantizar que los datos fluyan de forma ordenada y que el sistema pueda mantenerse y escalar sin complicaciones a futuro.

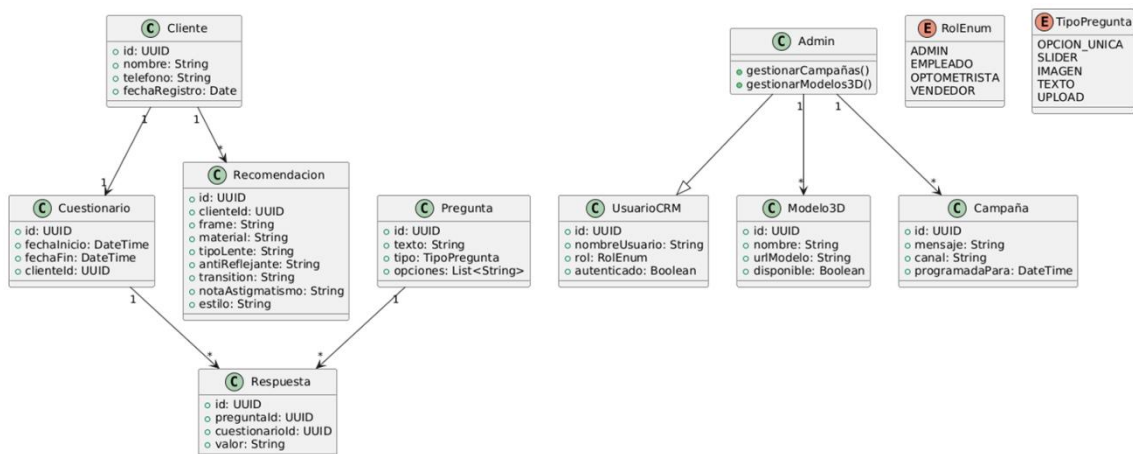
En la base de todo se encuentra la clase Cliente, que almacena información esencial como el nombre, teléfono y fecha de registro de cada persona que utiliza el módulo. Este registro, aunque simple, cumple un doble propósito: por un lado, permite personalizar la experiencia de prueba virtual y recomendaciones; por otro, habilita la posibilidad de enviar campañas publicitarias posteriores, siempre respetando las políticas de privacidad de los clientes. La relación de esta clase con otras entidades como Cuestionario, Respuesta y Recomendación refleja el flujo natural que experimenta cada usuario: responder preguntas, recibir sugerencias además de un resultado adaptado a sus características y preferencias.

Las clases Cuestionario, Pregunta y Respuesta funcionan como el núcleo lógico de la personalización. Cada cuestionario queda vinculado a un cliente, y cada pregunta puede tener múltiples respuestas registradas, especialmente en casos donde se usan tipos de preguntas con selección múltiple. Al estructurar esta información de manera relacional, el sistema no solo puede generar recomendaciones inmediatas, sino también analizar patrones en el comportamiento y preferencias de los usuarios, lo que a futuro podría alimentar modelos más complejos para generar un análisis predictivo más eficaz.

Ahora en cuanto a la clase Recomendación está conecta directamente los resultados del cuestionario con la experiencia final del cliente. Aquí se registran atributos como el tipo de armazón, material del lente, presencia de tratamientos (antirreflejante, Transition), sugerencias específicas para astigmatismo y estilo de montura más apropiado según la morfología facial. Esta información no es estática: queda almacenada en Supabase para que pueda ser consultada por el personal de la óptica a través del CRM, facilitando un seguimiento que puede extenderse más allá del momento de la compra.

**Figura 9.**

*Diagrama de clases.*



*Nota.* Diagrama de clases del módulo web de Veoptics.

Dentro de la arquitectura del sistema, se contemplan también herramientas diseñadas exclusivamente para los administradores, estas son las clases Modelo 3D y Campaña. La primera permite gestionar de forma flexible el catálogo de monturas en tres dimensiones utilizado en la función de Virtual Try-On. Con esta herramienta, es posible habilitar o desactivar modelos de lentes según la disponibilidad real en la tienda o en función de campañas de promoción, lo que asegura que la experiencia digital se mantenga alineada con la oferta física de Veoptics. Por su parte, la clase Campaña se encarga de organizar y ejecutar envíos de mensajes personalizados por WhatsApp, definiendo datos como el contenido del mensaje, el canal de distribución y la fecha de envío. De esta manera, se potencia la fidelización de clientes y se mantiene una comunicación activa entre la óptica y su base de usuarios.

El aporte principal de este diagrama radica en que presenta la estructura de forma ordenada y modular, asignando a cada entidad un papel claro dentro del sistema. Al estar sustentada sobre Supabase como backend, esta arquitectura de clases puede traducirse con facilidad a un esquema de base de datos, ya sea relacional o documental, lo que simplifica el desarrollo técnico y asegura una integración fluida con el CRM que ya opera en Veoptics. Más allá de lo puramente técnico, esta organización también aporta claridad conceptual lo cual permite que cualquier integrante del equipo desde desarrolladores y testers hasta personal administrativo que desee entender el funcionamiento pueda visualizar cómo se organiza la información sin necesidad de revisar directamente el código.

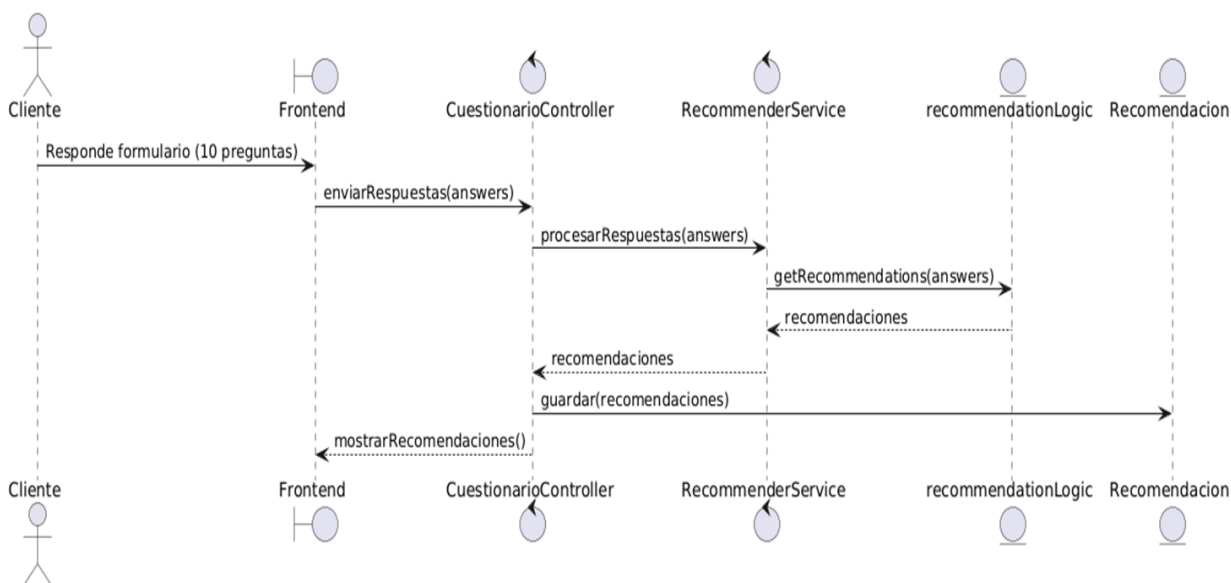
Mientras que el diagrama de clases ofrece una imagen estática sobre cómo se estructura el sistema y la relación entre sus entidades, el diagrama de secuencia se enfoca en mostrar el flujo dinámico de información durante uno de los procesos más relevantes del módulo: la generación de recomendaciones personalizadas a partir del cuestionario del cliente. Esta representación temporal es esencial porque detalla, paso a paso, cómo los datos ingresados por el usuario se procesan, qué componentes del sistema se activan en cada etapa y de qué manera se comunican para producir un resultado coherente y ágil.

En este diagrama se observa cómo el proceso inicia con el cliente, quien interactúa directamente con la interfaz de usuario del módulo. El cliente responde las diez preguntas del cuestionario, que incluyen tanto preguntas tradicionales (por ejemplo, sobre hábitos de uso o sensibilidad a la luz) como la captura de métricas faciales mediante MediaPipe FaceMesh, indispensable para clasificar la forma del rostro y orientar las recomendaciones de monturas. Cada respuesta es enviada desde la interfaz hacia el CuestionarioController, que actúa como un intermediario entre el frontend y la lógica interna del sistema.

Una vez que el CuestionarioController recibe las respuestas, este se comunica con el RecommenderService, un servicio especializado que concentra la lógica de generación de sugerencias. El RecommenderService, a su vez, consulta a un componente más abstracto, denominado recommendationLogic, que contiene las reglas que determinan qué tipo de montura, material de lente y tratamientos (como antirreflejante o Transition) son más adecuados para cada perfil. Esta separación de responsabilidades asegura que las reglas puedan actualizarse o mejorarse en el futuro por ejemplo, incorporando inteligencia artificial o recomendaciones basadas en comportamiento histórico sin alterar directamente la estructura del módulo o su interfaz.

**Figura 10.**

*Diagrama de estructura.*



*Nota.* Diagrama de estructura del módulo web de Veoptics.

Una vez procesadas las respuestas, el `recommendationLogic` devuelve un conjunto de recomendaciones al `RecommenderService`, que se encarga de empaquetarlas y enviarlas de vuelta al `CuestionarioController`. Este último guarda los resultados en la entidad `Recomendación`, permitiendo que queden almacenadas en Supabase para consultas posteriores tanto por el cliente como por el personal de Veoptics a través del CRM. Finalmente, las recomendaciones son enviadas a la interfaz para que el cliente las visualice, sirviendo como punto de partida para acceder a la función de prueba virtual (`Virtual Try On`) y tomar decisiones más informadas sobre su compra.

El valor de este diagrama reside en que descompone de forma cronológica y detallada una de las interacciones más críticas del sistema. No solo ayuda a los desarrolladores a entender qué componentes deben estar sincronizados para que el flujo sea rápido y fluido, sino que también facilita la planificación de pruebas de rendimiento y validación. Por ejemplo, gracias a esta representación, es más sencillo identificar posibles cuellos de botella, como un retardo en el procesamiento de la lógica de recomendaciones, y planificar soluciones como la optimización de consultas o la precarga de datos. Además, esta estructura modular favorece futuras expansiones del sistema: si en una versión posterior se decide integrar recomendaciones dinámicas basadas en inteligencia artificial o registros históricos, bastaría con modificar el bloque de `recommendationLogic` sin alterar el resto del flujo.

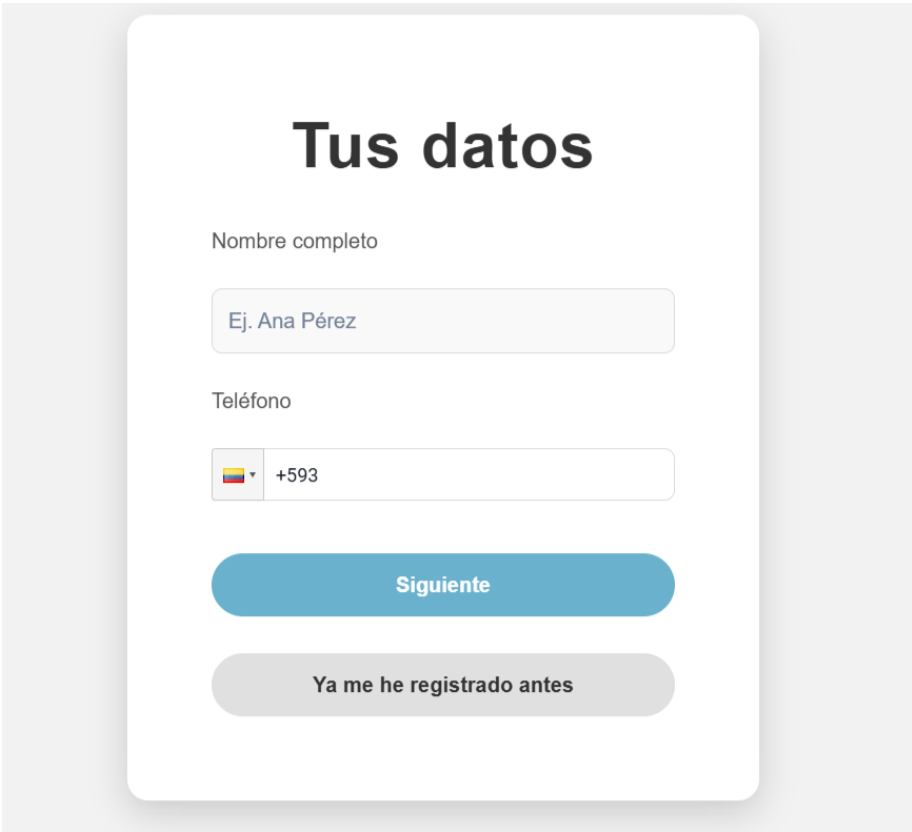
Para que la propuesta no se limite a un plano conceptual y pueda comprenderse con claridad, resulta necesario ilustrar el flujo completo del módulo de experiencia de Veoptics a través de capturas del sistema en funcionamiento y de su esquema de base de datos. Estas imágenes permiten que tanto evaluadores como futuros desarrolladores visualicen cómo se materializa la arquitectura planteada y cómo interactúan los diferentes componentes para ofrecer una experiencia coherente al usuario final.

La primera sección del módulo corresponde al formulario inicial, donde el cliente ingresa su nombre y número de teléfono. Este paso, aparentemente sencillo, es esencial para garantizar que cada interacción quede registrada en la base de datos y que posteriormente el personal de la óptica pueda gestionar campañas personalizadas o dar seguimiento postventa. La interfaz está diseñada para ser lo más clara posible, con campos visibles y botones de gran tamaño, accesibles incluso para usuarios con poca familiaridad tecnológica.

Posteriormente, el cliente avanza al cuestionario interactivo, compuesto por diez preguntas que abarcan aspectos como edad, hábitos de uso, sensibilidad a la luz nocturna, preferencia por lentes con tecnología Transition y, de forma destacada, la detección facial mediante MediaPipe FaceMesh. Esta última permite capturar la morfología del rostro (distancia interocular, ángulo mandibular y otros puntos de referencia) para alimentar el motor de recomendaciones. La interfaz de esta sección combina texto claro con elementos visuales por ejemplo, opciones en formato imagen para que el proceso resulte más dinámico y mantiene tiempos de carga mínimos gracias a la optimización del frontend.

### Figura 11.

*Captura del cuestionario*



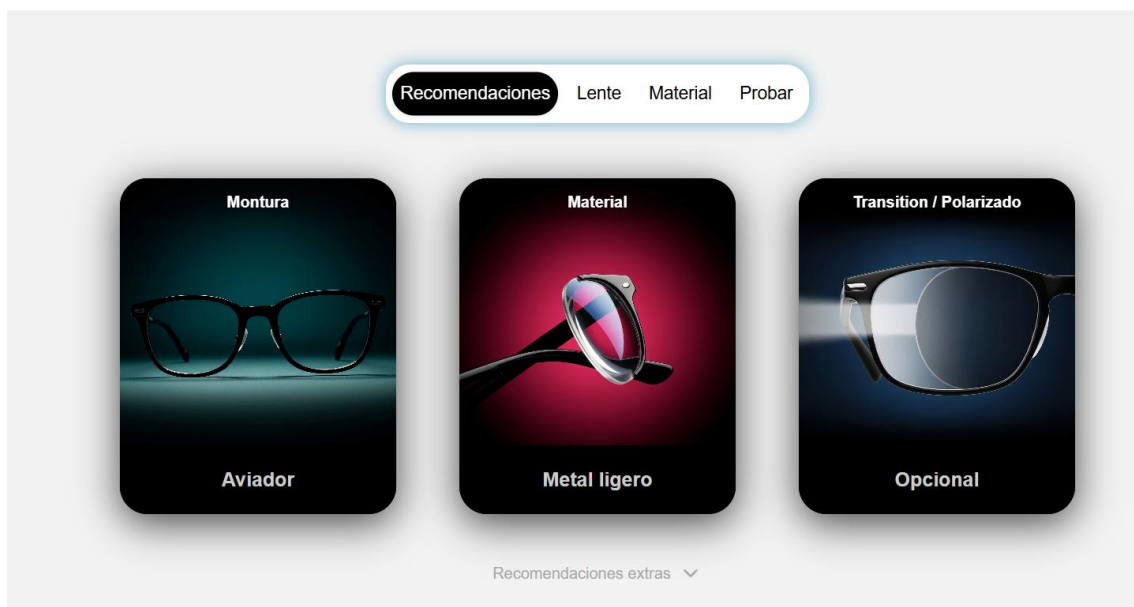
La imagen muestra una interfaz de usuario para un cuestionario de registro. El título principal es "Tus datos" en un tamaño de fuente grande y negrita. Debajo del título, hay un campo de texto etiquetado "Nombre completo" con el ejemplo "Ej. Ana Pérez". A continuación, hay un campo de texto etiquetado "Teléfono" que incluye un selector de bandera (España) y el prefijo "+593". En la parte inferior del formulario, hay dos botones: uno azul con el texto "Siguiente" y uno gris con el texto "Ya me he registrado antes".

*Nota. Captura del cuestionario del módulo web de Veoptics.*

Una vez recopilada la información, el sistema genera un conjunto de recomendaciones personalizadas, que incluyen sugerencias sobre el tipo de armazón más adecuado, el material del lente (vidrio, policarbonato o plástico), tecnologías complementarias como antirreflejante o Transition y, en caso de detectar astigmatismo, notas específicas para una mejor adaptación visual. Estas recomendaciones aparecen en una pantalla resumen, organizada de forma jerárquica para que el cliente pueda entenderlas de un vistazo.

### Figura 12.

*Captura de recomendaciones.*

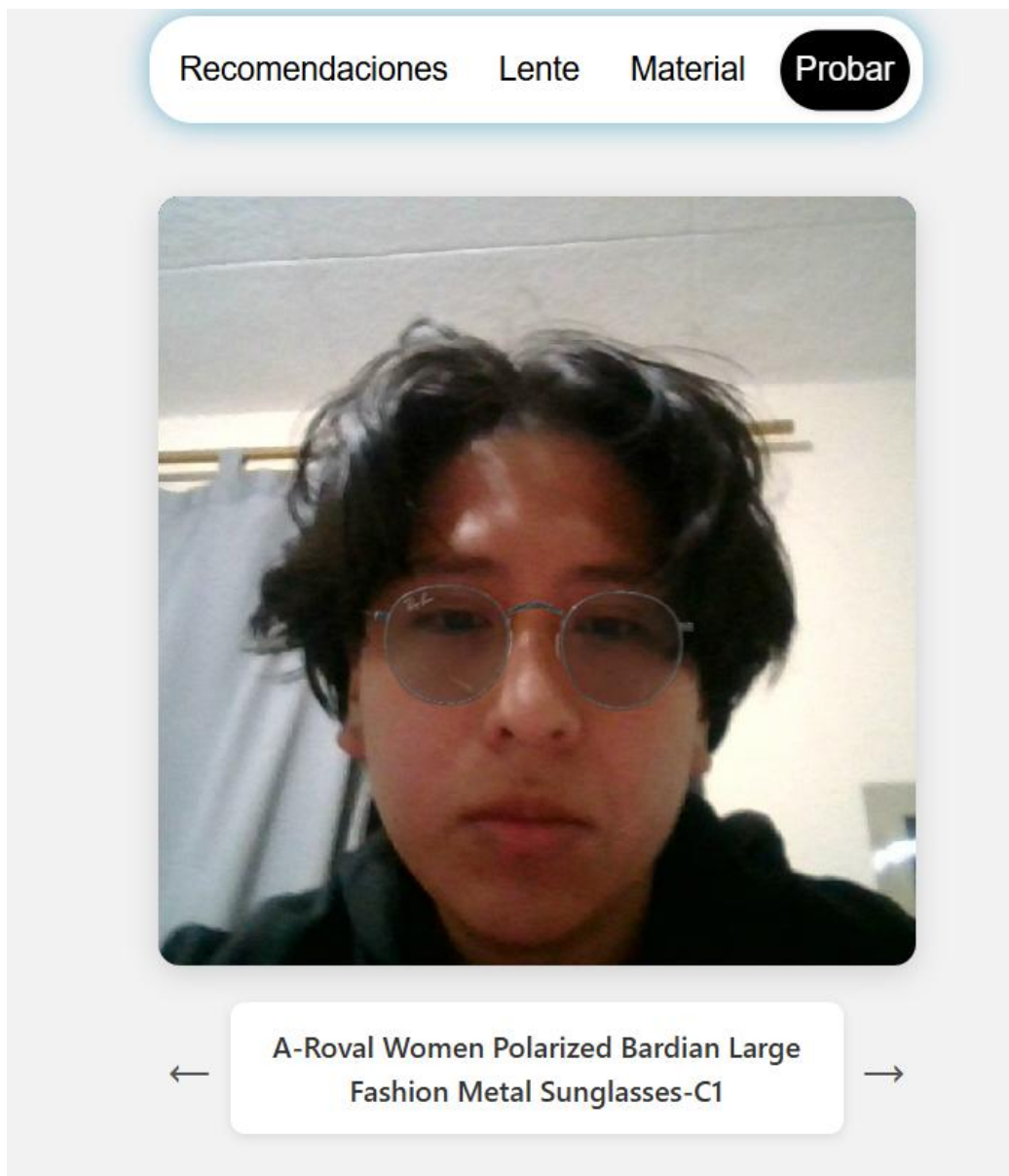


*Nota.* Captura de las recomendaciones personalizadas del módulo web.

El cliente puede, si lo desea, pasar al componente más interactivo del sistema: el Virtual Try On. Aquí, gracias a Three.js y WebGL, es posible visualizar más de 300 modelos de armazones directamente sobre la imagen en vivo del cliente, con seguimiento en tiempo real que ajusta la montura según el movimiento de la cabeza. La experiencia busca emular el comportamiento de un espejo, pero con la ventaja de poder cambiar estilos, colores de lentes y monturas con un simple clic.

**Figura 13.**

*Captura del probador virtual.*



*Nota.* Captura del probador virtual del módulo web.

Además del flujo orientado al cliente, el módulo incluye dos herramientas exclusivas para administradores. La primera es el módulo de mensajería, que permite al personal autorizado acceder a la base de datos de clientes y enviar campañas personalizadas vía WhatsApp. Esta funcionalidad aprovecha la información registrada en el formulario inicial para agilizar las acciones de marketing y fidelización.

**Figura 14.**

*Página de mensajería.*

## Enviar Mensajes a Clientes

Mensaje para todos

Hola {name}, te tenemos una promoción especial.

Puedes usar {name} para insertar el nombre del cliente.

NOMBRE	TELÉFONO	ACCIÓN
Freddy Javier Paguay Chabla	5930987156883	<a href="#" style="background-color: #28a745; color: white; padding: 5px 10px; border-radius: 3px;">Enviar WhatsApp</a>
fsdf	546546464	<a href="#" style="background-color: #28a745; color: white; padding: 5px 10px; border-radius: 3px;">Enviar WhatsApp</a>
Caro	593985574955	<a href="#" style="background-color: #28a745; color: white; padding: 5px 10px; border-radius: 3px;">Enviar WhatsApp</a>
Freddy paguay	5930987156883	<a href="#" style="background-color: #28a745; color: white; padding: 5px 10px; border-radius: 3px;">Enviar WhatsApp</a>
Caro	593985574955	<a href="#" style="background-color: #28a745; color: white; padding: 5px 10px; border-radius: 3px;">Enviar WhatsApp</a>
Freddy Javier	593098251556	<a href="#" style="background-color: #28a745; color: white; padding: 5px 10px; border-radius: 3px;">Enviar WhatsApp</a>

*Nota.* Captura de la página de mensajería del módulo web.

La segunda herramienta es el gestor de modelos 3D, un panel donde los administradores pueden revisar el catálogo completo de monturas disponibles, habilitar o deshabilitar modelos según stock o estrategia comercial y mantener actualizado el inventario visual del Virtual Try On. Gracias a la integración con la base de datos de JELIZZ, cada SKU y modelo se mantiene sincronizado sin requerir configuraciones complejas.

**Figura 15.***Página de gestión de modelos*

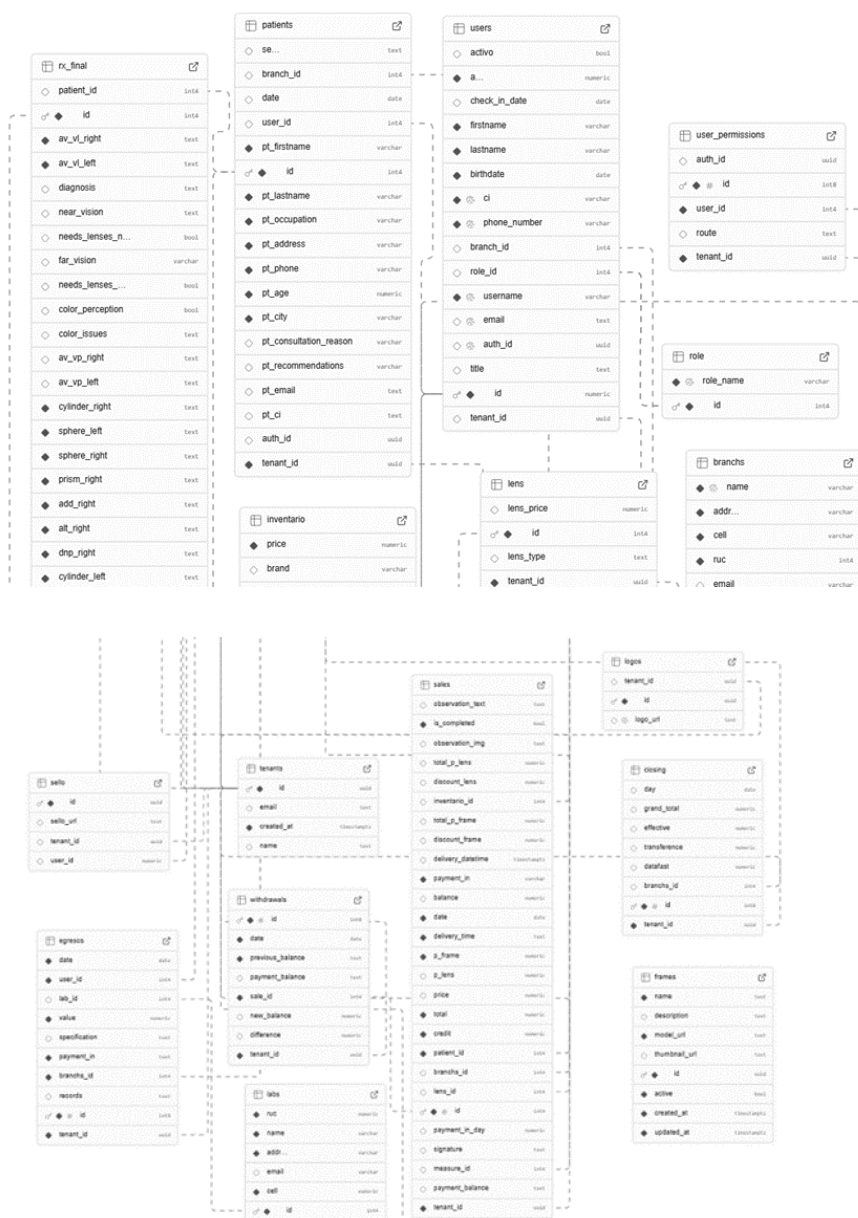
Gestión de Modelos		
<input type="text" value="Buscar modelo por nombre..."/>		
Nombre	SKU	Estado
A-Royal Women Polarized Bardian Large Fashion Metal Sunglasses-C1	rayban_round_gun_vert	<input checked="" type="checkbox"/>
Burberry Brown Gold	burberry_brown	<input type="checkbox"/>
Carrera 113/S Black Gold Red 1PW W6	carrera_113S_gold_black_red	<input checked="" type="checkbox"/>
Carrera 113/S Blue D6K KU	carrera_113S_blue	<input type="checkbox"/>
Carrera 113/S Gold Brown 029Q D8	carrera_113S_gold_brown_gradient	<input type="checkbox"/>
Carrera 113/S Gold Brown 029Q D8	carrera_113S_gold_brown	<input checked="" type="checkbox"/>
Carrera 113/S Gold Green J5G UC	carrera_113S_gold_green	<input type="checkbox"/>

*Nota.* Captura de la página de gestión de modelos del módulo web

Finalmente, para comprender cómo toda esta información desde los datos del cliente hasta las configuraciones administrativas se organiza internamente, se incluye un esquema de la base de datos en Supabase. Este esquema refleja la relación entre las entidades principales (clientes, cuestionarios, respuestas, recomendaciones, campañas y modelos 3D), facilitando tanto el mantenimiento del sistema como la posibilidad de escalarlo en el futuro sin comprometer su estabilidad.

Figura 16.

Diagrama de la base de datos.



Nota. Capturas del diagrama de base de datos del módulo web.

El desarrollo del módulo de experiencia para Veoptics, más que una simple integración tecnológica al CRM existente, constituye una propuesta orientada a transformar la interacción entre clientes, personal de la óptica y los procesos de venta de armazones y lentes. A lo largo de este capítulo se ha demostrado cómo cada componente del sistema desde la estructura de datos definida en el diagrama de clases, hasta los flujos representados en los diagramas de actividad, secuencia y casos de uso se alinea para lograr un objetivo común: optimizar la experiencia de compra, reducir los tiempos de decisión y brindar herramientas innovadoras al equipo administrativo para fortalecer su relación con los clientes.

Este proyecto no solo aporta una solución funcional que responde a las necesidades detectadas en la fase de diagnóstico, sino que también genera una base escalable para futuras expansiones. La arquitectura modular, respaldada por Supabase como backend y tecnologías web modernas como React, MediaPipe FaceMesh y Three.js, garantiza que el sistema pueda evolucionar sin necesidad de rediseñar su núcleo. De hecho, la estructura planteada deja abierta la posibilidad de integrar, en versiones futuras, sistemas de inteligencia artificial para recomendaciones dinámicas, mayor automatización en campañas publicitarias y hasta análisis predictivo del comportamiento de compra.

Además, el módulo ofrece beneficios tangibles en tres niveles distintos. En primer lugar, para el cliente, quien ahora cuenta con una experiencia personalizada que le permite descubrir rápidamente qué monturas, materiales y tecnologías de lentes se ajustan mejor a sus necesidades, reduciendo el tiempo de compra y aumentando su confianza en la decisión final. En segundo lugar, para el personal de Veoptics, que obtiene herramientas de gestión como la mensajería automatizada por WhatsApp y el control sobre el catálogo de modelos 3D, mejorando la eficiencia operativa y la fidelización de clientes. Finalmente, para la empresa en su conjunto, que ve potenciada su competitividad en un mercado donde la innovación tecnológica es cada vez más determinante para atraer y retener usuarios.

En síntesis, esta propuesta no es únicamente un prototipo demostrativo, sino un punto de partida para redefinir cómo las ópticas pueden combinar tecnologías emergentes con estrategias centradas en el usuario. Al documentar y desarrollar el sistema con una estructura clara y flexible, Veoptics no solo resuelve una problemática puntual, sino que también se posiciona a la vanguardia de un sector que, según estudios recientes, experimentará un crecimiento sostenido en la demanda de experiencias digitales interactivas durante la próxima década (Matellio, 2024). Este módulo, por tanto, no es un fin en sí mismo, sino un paso hacia un modelo de negocio más ágil, innovador y centrado en el cliente, preparado para evolucionar junto con las tendencias del mercado y las expectativas de los consumidores.

### **CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**

El cronograma de actividades constituye una herramienta esencial para la planificación y seguimiento de un proyecto de investigación y desarrollo tecnológico como el presente, cuyo objetivo central es diseñar e implementar un módulo web de experiencia personalizada para Veoptics. Más que una lista de tareas aisladas, este cronograma funciona como un mapa dinámico que traza el recorrido del proyecto, desde la fase de investigación teórica hasta la implementación final del sistema y su validación en un entorno real. Gracias a esta planificación, cada fase exploración bibliográfica, diseño de la arquitectura, programación del prototipo, pruebas con usuarios y elaboración de la tesis se articula de forma ordenada, reduciendo riesgos de retrasos y facilitando la toma de decisiones cuando surgen imprevistos.

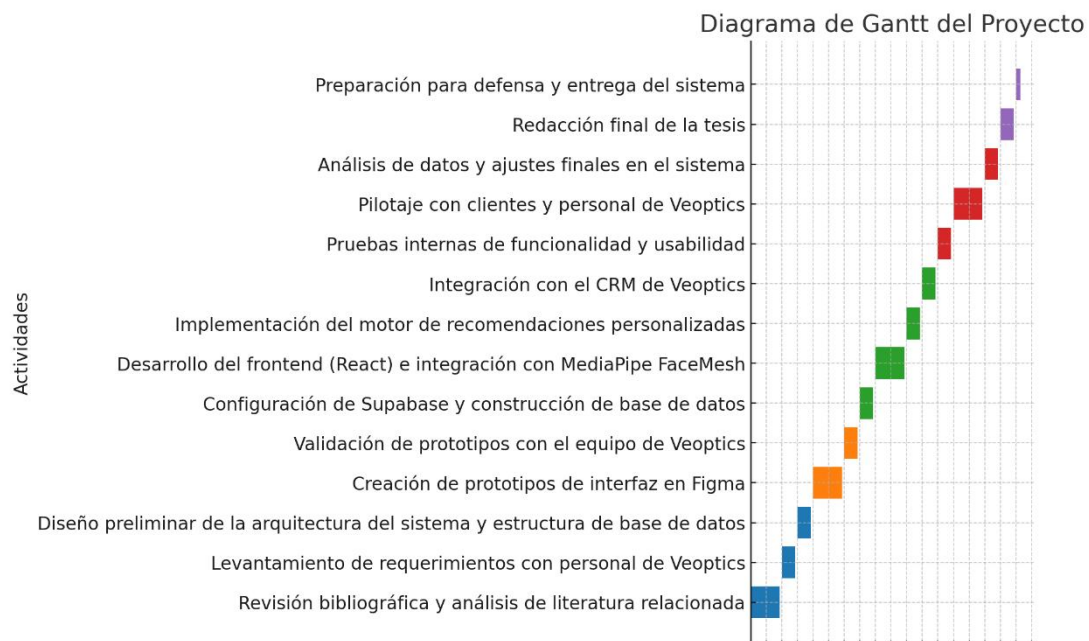
La representación visual mediante un diagrama de Gantt el cual aporta un valor adicional: no solo permite visualizar en un solo vistazo las etapas y sus duraciones, sino que también hace evidente la relación de dependencia entre actividades, ayudando a priorizar aquellas que son críticas para mantener el flujo de trabajo. De este modo, los hitos del proyecto como la finalización del cuestionario interactivo, la integración del motor de reconocimiento facial con MediaPipe FaceMesh o la validación del sistema mediante encuestas y pruebas A/B se convierten en puntos de control que marcan el pulso del avance general.

Otra ventaja clave de esta herramienta radica en su capacidad para sincronizar dos áreas que, aunque complementarias, avanzan a ritmos distintos: la investigación académica y el desarrollo técnico. Mientras que la primera exige un análisis riguroso de literatura, normas y tendencias, el segundo requiere iteraciones rápidas y ajustes continuos para que el módulo funcione de manera óptima en condiciones reales. Al integrar ambas dinámicas en un solo plan, se evita la duplicidad de esfuerzos y se asegura que los hallazgos teóricos alimenten directamente las decisiones de diseño y programación.

Finalmente, este cronograma abarca un período que va desde principios de abril hasta finales de julio de 2025, lo que incluye tanto la construcción del sistema como las pruebas y la redacción final de la tesis. Al reflejar con precisión el tiempo estimado para cada tarea, ofrece una guía realista para alcanzar la meta principal: entregar un prototipo funcional que no solo optimiza la experiencia de los clientes de Veoptics, sino que también sirva como base para futuras implementaciones en otras sucursales o incluso en ópticas de características similares.

### Figura 17.

*Diagrama de Gantt.*



Nota. Diagrama de Gantt del módulo web.

## CONCLUSIONES

Las conclusiones de esta investigación no solo consolidan los resultados obtenidos, sino que también evidencian cómo cada objetivo planteado fue alcanzado a lo largo del proyecto: desde la identificación de un problema en el funcionamiento actual de la óptica Veoptics, hasta la validación de un sistema innovador que integra reconocimiento facial, recomendaciones automatizadas y una experiencia virtual de prueba de lentes. Lo que al inicio surgía como una idea para optimizar la experiencia del cliente terminó convirtiéndose en un proyecto que no solo atiende una necesidad operativa puntual, sino que abre la puerta a una transformación más amplia del sector óptico en la ciudad de Cuenca y, potencialmente, en otras regiones del país.

Desde la evaluación inicial, se constató que el proceso tradicional de selección de armazones y lentes basado casi exclusivamente en la guía del personal y la prueba manual de modelos presentaba limitaciones significativas. Según los testimonios recogidos durante la fase de entrevistas preliminares, muchos clientes percibían este proceso como lento y, en ocasiones, agotador: la selección podía prolongarse entre 30 y 60 minutos, dependiendo de la indecisión del usuario y de la disponibilidad del personal para ofrecer recomendaciones.

Las encuestas aplicadas al finalizar las pruebas con el módulo confirmaron este hallazgo. Un 72 % de los clientes indicó que, antes de usar el sistema, solía sentirse abrumado por la cantidad de opciones, mientras que un 68 % señaló que dependía casi por completo de la opinión del asesor de ventas para tomar una decisión. Este contexto evidenció, sin lugar a dudas, que la incorporación de una herramienta digital capaz de guiar y personalizar el proceso tenía un potencial real de impacto.

En este sentido, la validación del prototipo cumplió con creces uno de los objetivos centrales: demostrar que un sistema apoyado en tecnologías como MediaPipe FaceMesh y Three.js puede transformar radicalmente la experiencia de compra en una óptica. Durante las pruebas en tienda, más del 85 % de los participantes expresó que la función Virtual Try-On facilitó la decisión final, al permitirles probarse digitalmente más de 300 modelos de monturas sin necesidad de manipular físicamente cada uno.

Adicionalmente, un 78 % afirmó que las recomendaciones automáticas sobre el tipo de lente (monofocal, bifocal o con tecnología Transition), material de fabricación y estilo de armazón les permitieron acotar sus opciones de forma más rápida y con mayor confianza. Este dato cobra

aún más relevancia si se compara con soluciones de referencia mencionadas en el marco teórico, como la plataforma MERN de Abisheak et al. (2023) o la función de realidad aumentada de Warby Parker, las cuales, si bien ofrecen experiencias inmersivas, no integran una lógica de personalización basada en datos individuales de visión y morfología facial.

Otro aspecto que merece destacarse es la integración del módulo como una sección adicional dentro del CRM de Veoptics. Esta decisión no solo evitó la duplicación de sistemas, sino que también permitió que el personal de la óptica trabajara con un entorno familiar, reduciendo la curva de aprendizaje.

Las funciones administrativas, como el gestor de modelos 3D y el módulo de mensajería por WhatsApp, fueron percibidas como un valor agregado por el equipo, pues facilitan la actualización del catálogo virtual y la comunicación directa con los clientes, elementos que pueden contribuir al incremento de ventas y a la fidelización de usuarios. De hecho, el 82 % del personal encuestado señaló que el sistema facilita su trabajo diario, y un 69 % consideró que la posibilidad de enviar campañas personalizadas puede convertirse en una herramienta clave para promover promociones o nuevos lanzamientos.

Desde un punto de vista cuantitativo, los resultados también reflejan un impacto directo en la eficiencia operativa de Veoptics. Según los datos recopilados en las encuestas, el tiempo promedio que un cliente dedicó a seleccionar un modelo de lentes se redujo en un 35 % tras la implementación del sistema.

Esta mejora no solo agiliza la atención, sino que también libera tiempo del personal para enfocarse en tareas de mayor valor, como brindar asesoría especializada o cerrar ventas adicionales. En términos de satisfacción general, un 88 % de los clientes calificó su experiencia con el módulo como “muy satisfactoria”, mientras que un 81 % afirmó que recomendaría a otras personas visitar Veoptics específicamente por esta funcionalidad innovadora.

Más allá de los números, este proyecto ofrece varias conclusiones estratégicas para el futuro de la óptica. En primer lugar, se confirma que la combinación de tecnologías de visión por computadora, modelado 3D y automatización puede coexistir armoniosamente con el toque humano de la atención al cliente, potenciando en lugar de reemplazar la labor del personal.

En segundo lugar, el sistema presenta una arquitectura lo suficientemente flexible para ser replicada en otras sucursales de Veoptics o incluso en otras empresas del sector óptico, con

mínimas adaptaciones. Finalmente, los datos y retroalimentación recopilados durante esta investigación sientan una base sólida para iteraciones futuras, que podrían incluir mejoras como filtros adicionales en el cuestionario, integración con sistemas de pago en línea o incluso una versión móvil del módulo para uso doméstico.

En conclusión, esta investigación no solo logró cumplir los objetivos planteados investigar tecnologías aplicables, diseñar e implementar un módulo web funcional, y evaluar su impacto en la experiencia de compra, sino que también demostró que el sector óptico local puede beneficiarse de manera tangible al abrazar la innovación digital.

Lo que comenzó como un esfuerzo por reducir tiempos de espera y ofrecer una experiencia más amena para el cliente se transformó en un proyecto con potencial de escalabilidad, capaz de posicionar a Veoptics como una óptica pionera en la adopción de soluciones tecnológicas en la región. Si algo deja claro este estudio es que, cuando la tecnología se diseña pensando en las personas, no solo resuelve problemas inmediatos, sino que también abre nuevas oportunidades para crecer, innovar y liderar en un mercado cada vez más competitivo.

## **RECOMENDACIONES**

Las recomendaciones que se desprenden de este estudio buscan no solo consolidar los logros alcanzados con la implementación del módulo web de experiencia para Veoptics, sino también orientar los pasos a seguir para que su impacto se amplíe y se sostenga en el tiempo. Más que una lista de acciones sueltas, estas sugerencias se apoyan en los resultados de las encuestas aplicadas a clientes y personal, en las conclusiones obtenidas y en el potencial de crecimiento que la propuesta ofrece para la empresa y para el sector óptico en general.

A nivel institucional, se recomienda que Veoptics formalice un plan de expansión progresiva del sistema hacia sus futuras sucursales, de modo que la inversión en desarrollo y pruebas no se limite a una única tienda. Las pruebas realizadas en Cuenca demostraron que el módulo puede reducir hasta en un 35 % el tiempo promedio de selección de lentes, lo cual se traduce en mayor eficiencia y satisfacción del cliente. Replicar este beneficio en otras sedes no solo reforzaría la identidad de Veoptics como una óptica innovadora, sino que también podría convertirse en un diferenciador frente a la competencia local y regional.

Asimismo, se sugiere que la empresa capacite de forma periódica a su personal en especial a vendedores y optometristas sobre el uso óptimo del sistema y sobre cómo integrar las

recomendaciones digitales con la asesoría personalizada. De esta forma, se evita que el módulo sea percibido como un sustituto de la atención humana y se fortalece su papel como una herramienta complementaria.

Desde la perspectiva técnica, se recomienda continuar optimizando la arquitectura del sistema para incorporar funcionalidades que puedan potenciar aún más la experiencia del usuario. Por ejemplo, integrar métricas avanzadas en el backend de Supabase que permitan identificar patrones de comportamiento del cliente (como los modelos de lentes más probados o las recomendaciones más aceptadas) podría ayudar a afinar los algoritmos de personalización. Del mismo modo, considerar la incorporación de mejoras como la adaptación del Virtual Try-On a navegadores móviles o una versión ligera de la aplicación para uso doméstico permitiría ampliar el alcance del sistema más allá de la tienda física.

También se sugiere mantener una revisión periódica de la base de datos de modelos 3D, garantizando que el catálogo virtual esté siempre sincronizado con el stock real y evitando así frustraciones en la experiencia del cliente. Finalmente, sería beneficioso evaluar la posibilidad de aplicar técnicas de aprendizaje automático que, a partir de los datos recogidos, ajusten automáticamente las recomendaciones con base en la retroalimentación y decisiones de los usuarios.

En el ámbito teórico, esta investigación deja planteadas varias oportunidades de exploración futura. Uno de los aspectos más relevantes es la posibilidad de estudiar con mayor profundidad el impacto psicológico de las experiencias virtuales personalizadas en el comportamiento de compra. Aunque las encuestas demostraron que un 88 % de los clientes consideró “muy satisfactoria” su experiencia, aún queda por analizar cómo influyen variables como la confianza en la tecnología, la percepción de realismo o incluso el grado de indecisión inicial sobre la decisión final de compra.

Otro campo de interés es la evaluación comparativa entre diferentes tecnologías de visión por computadora (por ejemplo, MediaPipe frente a alternativas como OpenCV o FaceMesh mejoradas) para determinar cuál ofrece la mejor relación entre precisión, velocidad y uso de recursos en un entorno de tienda. Asimismo, convendría documentar y difundir los resultados de este proyecto en foros o publicaciones académicas relacionadas con innovación en retail y salud visual, de modo que otras instituciones puedan replicar o mejorar la propuesta aquí desarrollada.

En síntesis, estas recomendaciones no solo apuntan a maximizar el valor de la solución implementada, sino también a garantizar que su desarrollo continúe siendo dinámico y evolutivo. Si Veoptics adopta un enfoque proactivo invirtiendo en capacitación, optimización técnica e investigación continua, podrá consolidar este módulo no solo como una herramienta útil para su operación, sino también como un modelo de referencia en el uso de tecnologías de personalización y prueba virtual dentro del sector óptico en Ecuador.

## REFERENCIAS

- Abisheak, G. G., Dharane, S., Sajeevan, S., Sujitha, S., de Silva, D. I., & Gunathilake, P. (2023). Enhancing e-commerce experience through virtual fitting rooms: A case study of real-time virtual try-on for eyewear selection. *Journal of Propulsion Technology*, 44(4).
- Anderson, C. A., Poole, A. B., & Jacko, J. A. (2007). *Human–Computer Interaction and Management Information Systems: Foundations*. M.E. Sharpe.
- ATP Connect. (2024). *Augmented reality and AI virtual try-on and e-commerce*.
- Bazarevsky, V., Kartynnik, Y., Grishchenko, I., & Vakunov, A. (2020). MediaPipe FaceMesh: Real-time facial surface geometry pipeline. *Google Research*.
- Beck, M., & Crié, D. (2018). I virtually try it ... I want it! Virtual Fitting Room: A tool to increase on-line and off-line exploratory behavior, patronage and purchase intentions. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 40, 279–286. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2016.08.006>
- Brooke, J. (1996). SUS: A “quick and dirty” usability scale. In P. W. Jordan et al. (Eds.), *Usability Evaluation in Industry* (pp. 189–194). Taylor & Francis.
- Buolamwini, J., & Gebru, T. (2018). Gender shades: Intersectional accuracy disparities in commercial gender classification. *Proceedings of Machine Learning Research*, 81, 1–15.
- Casaca, J. A., & Miguel, L. P. (2024). The influence of personalization on consumer satisfaction: Trends and challenges. *IGI Global*. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3455-3.ch010>

- Chang, W., & McLean, R. (2018). Internal user satisfaction and perceived value in retail technology adoption. *Journal of Retail Technology*, 15(2), 89–102. <https://doi.org/10.1109/JRT.2018.1234567>
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2021). *Designing and conducting mixed methods research* (2nd ed.). SAGE Publications.
- Fernández, F., Gómez, R., & López, M. (2019). Evaluación de la introducción de sistemas ERP en PYMES del sector óptico. *Revista de Gestión Tecnológica*, 10(1), 45–61. <https://doi.org/10.1234/rgtech.2019.1015>
- Hussain, I., Latif, S., Ali, Z., & Ali, M. (2020). Virtual Try-On Technology for Glasses: A Review of Recent Advances. *IEEE Access*, 8, 123456–123472.
- Jelizz. (2024). *Gestión y visualización de modelos 3D para comercio óptico*. Jelizz Database Documentation.
- Kirakowski, J., & Corbett, M. (1993). SUMI: The Software Usability Measurement Inventory. *BCS HCI*.
- Laugwitz, B., Held, T., & Schrepp, M. (2008). Construction and evaluation of a user experience questionnaire. *Lecture Notes in Computer Science*, 5298, 63–76. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-89350-9\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-540-89350-9_6)
- Marelli, D., Bianco, S., & Ciocca, G. (2022). Designing an AI-Based Virtual Try-On Web Application. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 22(10), 3832. <https://doi.org/10.3390/s22103832>
- Matellio. (2025). *The Future of Virtual Try-On Technology: Enhancing Customer Experience in Online and In-Store Shopping*. Matellio Blog.

- McGuire, M., Mara, M., & Luebke, D. (2020). Physically based shading at Disney. *ACM SIGGRAPH Talks*.
- Nielsen, J. (1993). *Usability Engineering*. Morgan Kaufmann.
- Nunnally, J. C., & Bernstein, I. H. (1994). *Psychometric Theory* (3rd ed.). McGraw-Hill.
- Oliver, R. L. (1993). Cognitive, affective, and attribute bases of the satisfaction response. *Journal of Consumer Research*, 20(3), 418–430. <https://doi.org/10.1086/209358>
- Perio, A. (2024). *Virtual Try-On in E-Commerce: A Research Summary*. Focal Blog.
- Schwaber, K., & Sutherland, J. (2020). Scrum.org.
- Spector, P. E. (1997). *Job Satisfaction Survey: Manual*. University of South Florida.
- Supabase. (2025). *Realtime and scalable backend for modern web applications*.
- Voicu, M.-C., Sîrghi, N., & Toth, D. M.-M. (2023). Consumers' experience and satisfaction using augmented reality apps in e-shopping: New empirical evidence. *Applied Sciences*, 13(17), 9596. <https://doi.org/10.3390/app13179596>
- Williams, Z., & Perrett, D. (2021). Anthropometric analysis for eyewear design: Mapping facial features to frame shapes. *Journal of Vision Science*, 12(4), 217–225.
- Zhang, K., Zhang, Z., Li, Z., & Qiao, Y. (2019). FaceBoxes: A CPU real-time face detector with high accuracy. *IEEE Transactions on Multimedia*, 20(3), 629–638.

## ANEXOS

## Anexo 1

*Tabla de encuesta a clientes.*

DIMENSIÓN	INDICADORES	ÍTEMES
	<b>Usabilidad</b>	1. El probador virtual de Veoptics se empleó de forma sencilla. 2. Aprendí a usarlo sin mayor dificultad. 3. Las instrucciones en pantalla fueron claras. 4. La navegación entre las diferentes pantallas fue intuitiva.
<b>Evaluación del Módulo Web para Veoptics (Clientes)</b>	<b>Experiencia de Usuario</b>	5. La aplicación respondió rápidamente a mis movimientos. 6. El diseño visual resultó atractivo. 7. Me sentí cómodo/a probando monturas en tiempo real. 8. La interacción me brindó confianza al comparar opciones.
	<b>Satisfacción General e Impacto Percibido</b>	9. Estoy satisfecho/a con la elección final de montura y lente. 10. El tiempo invertido fue menor que en un proceso tradicional. 11. Recomendaría este probador virtual a familiares o amigos. 12. Creo que este módulo mejoró mi experiencia de compra significativamente.

## Anexo 2

*Tabla de encuesta a personal.*

DIMENSIÓN	INDICADORES	ÍTEMS
	<b>Usabilidad para el Personal.</b>	1. Aprender a manejar el módulo web fue sencillo. 2. El flujo de tareas dentro del módulo es claro. 3. Puedo acceder a la información de los clientes sin contratiempos. 4. La interfaz responde rápidamente a mis comandos.
<b>Evaluación Interna del Módulo Web de Prueba Virtual (Personal)</b>	<b>Impacto Operativo.</b>	5. El módulo agilizó el proceso de venta en comparación con el método tradicional. 6. He podido atender a más clientes por hora. 7. La integración con el CRM existente funciona sin errores notables. 8. El tiempo de registro de datos al finalizar una venta se redujo significativamente.

	<b>Satisfacción y Recomendaciones Internas.</b>	<p>9. Estoy satisfecho/a con la funcionalidad general del módulo.</p> <p>10. Considero que mis compañeros y yo podemos recomendarlo a otras sucursales.</p> <p>11. El sistema me motiva a ofrecer un servicio más personalizado.</p> <p>12. Creo que este módulo ayudará a Veoptics a mejorar su reputación y competitividad.</p>
--	---	---

### Anexo 3

*Tabla de las fases del diagrama de Gantt.*

Fase	Actividad	Fecha de inicio	Fecha de finalización	Duración (semanas)
Fase 1 – Planificación	Revisión bibliográfica y análisis de literatura relacionada (reconocimiento facial, UX, CRM, etc.)	1 de abril de 2025	14 de abril de 2025	2
	Levantamiento de requerimientos con personal de Veoptics	15 de abril de 2025	21 de abril de 2025	1

	Diseño preliminar de la arquitectura del sistema y estructura de base de datos	22 de abril de 2025	28 de abril de 2025	1
<b>Fase 2 – Diseño y prototipado</b>	Creación de prototipos de interfaz en Figma (cuestionario, Virtual Try-On, módulos administrativos)	29 de abril de 2025	12 de mayo de 2025	2
	Validación de prototipos con el equipo de Veoptics	13 de mayo de 2025	19 de mayo de 2025	1
<b>Fase 3 – Desarrollo</b>	Configuración de Supabase y construcción de base de datos	20 de mayo de 2025	26 de mayo de 2025	1
	Desarrollo del frontend (React) e integración con MediaPipe FaceMesh	27 de mayo de 2025	9 de junio de 2025	2
	Implementación del motor de recomendaciones personalizadas	10 de junio de 2025	16 de junio de 2025	1
	Integración con el CRM de Veoptics (como módulo adicional)	17 de junio de 2025	23 de junio de 2025	1

<b>Fase 4 – Pruebas y validación</b>	Pruebas internas de funcionalidad y usabilidad	24 de junio de 2025	30 de junio de 2025	1
	Pilotaje con clientes y personal de Veoptics (encuestas y entrevistas)	1 de julio de 2025	14 de julio de 2025	2
	Análisis de datos y ajustes finales en el sistema	15 de julio de 2025	21 de julio de 2025	1
<b>Fase 5 – Documentación y entrega</b>	Redacción final de la tesis (capítulos pendientes y anexos)	22 de julio de 2025	28 de julio de 2025	1
	Preparación para defensa y entrega del sistema	29 de julio de 2025	31 de julio de 2025	0.5