

Sistema de Logística y Gestión (COSTELAPP)

Johann Sebastian Sierra Pineda

Tutor: Pablo Francisco Hernández Lugo

Programa de Ingeniería de Sistemas

Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería

Universidad Nacional Abierta y a Distancia

Febrero de 2026

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Agradecimientos

Expreso mi más sincero agradecimiento a todas las personas que contribuyeron al desarrollo y culminación del presente proyecto.

En primer lugar, agradezco a Dios por brindarme la fortaleza, la sabiduría y la perseverancia necesarias para alcanzar esta meta académica, así como por guiarme durante cada etapa de este proceso.

A la **Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD**, por ofrecerme la oportunidad de formación profesional, proporcionándome los conocimientos, herramientas y espacios académicos fundamentales para mi crecimiento personal y profesional.

A los docentes del programa de **Ingeniería de Sistemas**, por su orientación, dedicación y valiosos aportes a lo largo de mi formación académica.

De manera muy especial, quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi pareja, quien ha sido una fuente permanente de apoyo, motivación y fortaleza. Gracias por acompañarme desde el inicio de mi vida universitaria, por su paciencia, comprensión y confianza en cada momento, especialmente durante los desafíos presentados en este proceso. Su respaldo, ánimo y presencia fueron determinantes para la culminación de este logro académico.

Johann Sebastian Sierra Pineda

Tabla de contenido

Agradecimientos.....	3
Glosario.....	10
Agile / Metodologías ágiles.....	10
API / BaaS (Backend as a Service)	10
Figma	10
Hosting	10
Indexación (consultas indexadas).....	11
Interfaz (Frontend).....	11
JS (JavaScript).....	11
Likert (escala).....	11
Resumen.....	12
Abstract	14
Introducción	16
Título del trabajo de grado	18
Planteamiento del problema	19
Antecedentes de proyectos	21
Jácome Hernández (2014).....	21
Sistema de gestión de transporte – UNAD (2018).....	22
Rodríguez Díaz (2020).....	22
Barragán Pérez (2019).....	22

Sánchez Luyo (2022)	22
Justificación.....	24
Objetivos	26
Objetivo general	26
Objetivos específicos.....	26
Marco de referencias	27
Marco teórico	27
Marco Conceptual	29
<i>Sistema de información</i>	29
<i>Digitalización de procesos</i>	30
<i>PWA (Progressive Web App)</i>	30
<i>Control financiero</i>	30
<i>Usabilidad (SUS)</i>	30
Marco Jurídico	30
Marco Tecnológico	31
<i>React.js</i>	31
<i>Firebase (Cloud Firestore y Authentication)</i>	31
<i>Tailwind CSS</i>	31
<i>Recharts</i>	32
<i>JsPDF</i>	32
<i>Figma</i>	32
Metodologías.....	33
Metodología de Investigación	33
Plan de Análisis de Datos	33
<i>Cuestionario Likert (escala 1–5)</i>	33
<i>Escala SUS</i>	34
<i>Tiempos de registro</i>	34
<i>Checklist de consistencia</i>	34
Validación por expertos	34

Instrumentos de Recolección	35
<i>Cuestionario estructurado (10 preguntas)</i>	35
<i>System Usability Scale (SUS)</i>	35
<i>Checklist de consistencia</i>	36
<i>Guía de observación</i>	36
Metodología de desarrollo.....	37
Criterios de Aceptación por Módulo	37
Fases del Proyecto.....	38
Fase 1. Levantamiento y análisis de requerimientos	38
Fase 2. Diseño y arquitectura del sistema	38
Fase 3. Desarrollo de la aplicación.....	38
Fase 4. Pruebas, ajustes y documentación.....	39
Fase 5. Publicación del sistema.....	39
Delimitación del proyecto	40
Análisis de requerimientos	42
Requerimientos Funcionales	42
Requerimientos No Funcionales	43
Población del proyecto	44
Muestra.....	44
Instrumento de medición y recolección de los datos	45
Cuestionario	45
Observación.....	46
Análisis y diagnóstico del proceso investigativo.....	47
Lenguaje de Programación.....	49

Análisis de Resultados	50
Optimización del Registro de Información	50
Reducción de Errores en Cálculos Financieros	50
Mejora en el Control Financiero.....	51
Eficiencia Operativa	51
Seguridad y Disponibilidad	51
Conclusiones	53
Referencias bibliográficas.....	54

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Cronograma de actividades</i>	57
Tabla 2. <i>Recursos necesarios para la implementación</i>	58
Tabla 3. <i>Resultados esperados</i>	59

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Base de datos colección</i>	60
Figura 2 <i>Página principal</i>	61
Figura 3 <i>Módulo de viajes</i>	62
Figura 4 <i>Interfaz de inicio de sesión y registro de usuario</i>	63
Figura 5 <i>Modulo viaje– formulario multipaso</i>	64
Figura 6 <i>Módulo de perfil del conductor</i>	65
Figura 7 <i>Módulo de estadísticas</i>	66
Figura 8 <i>Funcionalidades adicionales en el módulo de viajes</i>	67
Figura 9 <i>Módulo de facturación y generación de reportes PDF</i>	68
Figura 10 <i>Estadísticas avanzadas personalizadas</i>	69
Figura 11 <i>Módulo de edición de viajes registrados</i>	70
Figura 12 <i>Funcionalidad de búsqueda inteligente en el módulo de viajes</i>	71
Figura 13 <i>Funcionalidad de modo oscuro</i>	72
Figura 14 <i>Diagrama de casos de uso</i>	73
Figura 15 <i>Diagrama de clases UML</i>	74
Figura 16 <i>Diagrama de componentes</i>	75
Figura 17 <i>Estructura de la colección users en Firebase</i>	76
Figura 18 <i>Modelo entidad-relación (MER)</i>	77

Glosario

Agile / Metodologías ágiles

Enfoque de desarrollo iterativo e incremental que privilegia entregas tempranas, feedback continuo y adaptación al cambio. En el proyecto se adopta Extreme Programming (XP).

API/ BaaS (Backend as a Service)

Servicios gestionados de backend (autenticación, base de datos, hosting). En COSTELAPP se usan servicios de Firebase para acelerar desarrollo y escalar con seguridad.

(Firebase Authentication)

Mecanismo de verificación de identidad (correo/contraseña u otros proveedores). Controla acceso a datos de cada usuario y habilita reglas de seguridad por registro.

Firebase (Cloud Firestore)

Plataforma en la nube que provee base de datos NoSQL, sincronización en tiempo real, reglas de seguridad, índices y escalabilidad. En el proyecto aloja las colecciones users y viajes.

Figma

Herramienta de diseño y prototipada empleada para definir la interfaz y validar decisiones de UX antes del desarrollo.

Hosting

Servicio para publicar la PWA en la web (p. ej., Firebase Hosting, Vercel o Netlify).

Aporta despliegue seguro y CDN.

Indexación (consultas indexadas)

Optimización de búsquedas/filtrados en la base de datos para mejorar tiempos de respuesta al listar o segmentar viajes.

Interfaz (Frontend)

Capa de presentación construida con React.js (SPA) que implementa formularios, validación, navegación y renderizado de datos en tiempo real.

JS (JavaScript)

Lenguaje principal del proyecto (web y móvil), usado con React.js (web), React Native (móvil) y el SDK de Firebase.

Likert (escala)

Escala de medición en el cuestionario que permite evaluar percepciones (p. ej., dificultad, aceptación de la plataforma) mediante respuestas graduadas

Resumen

CostelApp es una aplicación web progresiva (PWA) diseñada para digitalizar y automatizar la gestión de viajes de transporte de carga por parte de conductores independientes y pequeños flotistas. El sistema permite registrar viajes, calcular automáticamente ingresos y egresos, controlar gastos operativos, visualizar estadísticas con métricas clave y generar reportes en PDF para el análisis financiero.

A nivel tecnológico, la solución se implementa como una SPA desarrollada con React y respaldada por servicios BaaS de Firebase (Authentication y Cloud Firestore), lo que garantiza autenticación segura, almacenamiento en la nube y despliegue en plataformas como Firebase Hosting, Vercel o Netlify.

En cuanto a la gestión de datos, se definen las colecciones "users" y "viajes", junto con reglas de seguridad por usuario, validaciones de campos (placa, manifiesto, fecha, montos) y consultas indexadas que permiten realizar listados, filtros y visualizaciones gráficas de manera eficiente. Desde la perspectiva del usuario, la aplicación integra formularios multi-paso con validación en tiempo real, modo oscuro, transiciones suaves y un diseño responsive que facilita su uso en distintos dispositivos.

Como resultado, se espera una reducción del 70% en el tiempo de registro por viaje, así como una disminución del 90% en errores de cálculo, además de ofrecer trazabilidad histórica y reportes listos para la toma de decisiones.

A futuro, se plantea la incorporación de funcionalidades como notificaciones push, modo offline con sincronización, exportación a Excel, una aplicación móvil nativa e integración de modelos de inteligencia predictiva.

Palabras clave: PWA, SPA, Firebase, Firestore, Transporte de carga, Gestión de viajes, Recharts

Abstract

CostelApp is a Progressive Web Application (PWA) designed to digitize and automate the management of freight transport trips for independent drivers and small fleet operators. The system allows users to register trips, automatically calculate income and expenses, control operating costs, view statistics with key metrics, and generate PDF reports for financial analysis.

Technologically, the solution is implemented as a Single-Page Application (SPA) developed with React and supported by Firebase BaaS services (Authentication and Cloud Firestore), ensuring secure authentication, cloud storage, and deployment on platforms such as Firebase Hosting, Vercel, or Netlify.

Regarding data management, the "users" and "trips" collections are defined, along with user-specific security rules, field validations (license plate, manifest, date, amounts), and indexed queries that allow for efficient listing, filtering, and graphical visualizations. From the user's perspective, the application integrates multi-step forms with real-time validation, dark mode, smooth transitions, and a responsive design that facilitates its use on different devices.

As a result, a 70% reduction in registration time per trip is expected, as well as a 90% decrease in calculation errors, in addition to offering historical traceability and reports ready for decision-making.

Future plans include the incorporation of features such as push notifications, offline mode with synchronization, Excel export, a native mobile application, and integration of predictive

intelligence models.

Keywords: PWA, SPA, Firebase, Firestore, Freight transport, Trip management, Recharts, jsPDF.

Introducción

El sector del transporte de carga constituye un componente fundamental dentro de la dinámica económica, logística y comercial, debido a su papel estratégico en la movilización de bienes, materias primas y productos terminados. En este contexto, la eficiencia operativa del sector depende en gran medida de la correcta gestión de la información asociada a los viajes, los costos operativos, los pagos realizados y la rentabilidad obtenida por cada recorrido.

En la práctica, muchos conductores de transporte de carga pesada —especialmente aquellos que trabajan de manera independiente o vinculados a pequeñas empresas— continúan registrando su actividad laboral mediante métodos tradicionales, tales como anotaciones en papel, cuadernos o herramientas básicas como hojas de cálculo. Aunque estos mecanismos permiten un control elemental de la información, presentan múltiples limitaciones relacionadas con la pérdida de datos, inconsistencias en los cálculos financieros, falta de respaldo digital y dificultad para realizar análisis históricos de la operación.

Como resultado, la ausencia de una solución tecnológica especializada genera problemáticas significativas, entre las que se destacan los errores en la determinación de ganancias reales, la falta de control detallado de los gastos operativos, la imposibilidad de visualizar tendencias financieras y la dificultad para presentar reportes formales ante empresas contratantes. Estas limitaciones afectan directamente la toma de decisiones económicas, la planificación de futuras operaciones y la optimización de recursos por parte de los conductores.

Frente a esta situación, surge la necesidad de implementar herramientas digitales que permitan modernizar los procesos de registro, control y análisis de la información relacionada con los viajes de transporte de carga. A partir de esta necesidad, el presente proyecto propone el desarrollo de CostelApp, una aplicación web progresiva (PWA) diseñada para ofrecer una solución ligera, accesible y eficiente, capaz de digitalizar los procesos operativos y financieros del conductor.

CostelApp se concibe como una plataforma tecnológica orientada a facilitar la gestión integral de viajes, permitiendo el registro estructurado de información relevante, la automatización de cálculos financieros, el control detallado de gastos operativos, la visualización de métricas y tendencias, así como la generación de reportes en formato PDF con carácter formal. Con ello, la adopción de este tipo de soluciones contribuye no solo a la reducción de errores humanos y la optimización del tiempo, sino también a la profesionalización de la actividad laboral del conductor dentro del entorno digital.

Finalmente, el desarrollo de CostelApp representa una respuesta tecnológica viable ante las necesidades de control, organización y análisis de la información en el sector transporte, promoviendo una gestión más eficiente, precisa y estructurada de los procesos asociados a los viajes de carga pesada.

Título del trabajo de grado

Sistema de logística y gestión (COSTELAPP)

Planteamiento del problema

En el contexto del transporte de carga pesada —conductores independientes y pequeñas operaciones—, el registro de la información de los viajes (empresa o cliente, manifiesto, toneladas, anticipos, gastos operativos e ingresos) se realiza con frecuencia mediante cuadernos, formatos en papel u hojas de cálculo. Aunque estas prácticas permiten conservar datos básicos, generan diversas dificultades en el manejo de la información, entre las que se destacan: errores por digitación o cálculo manual; omisión o duplicidad de gastos operativos; pérdida de información y baja trazabilidad histórica; y alto tiempo invertido en tareas administrativas repetitivas.

A partir de esta situación, el conductor no cuenta con información confiable y oportuna para responder preguntas clave de su actividad: ¿cuánto ganó realmente en un viaje?, ¿qué rubros de gasto consumen mayor parte del ingreso?, ¿qué clientes o rutas resultan más rentables?, o ¿cómo comparar periodos para planear mantenimiento o inversiones? Esta limitación en el acceso y análisis de la información reduce la capacidad de toma de decisiones y afecta directamente la sostenibilidad económica del conductor.

Ante este panorama, el problema central se relaciona con la ausencia de una herramienta tecnológica simple, accesible y adaptada a la realidad operativa del conductor, que permita registrar la información del viaje de forma estructurada, automatizar cálculos financieros y visualizar indicadores clave como la ganancia, el gasto total y la rentabilidad, con el fin de apoyar la gestión de la actividad.

Pregunta de investigación: ¿En qué medida el desarrollo e implementación de CostelApp, una aplicación web progresiva para la gestión de viajes de transporte de carga, mejora la eficiencia operativa y el control financiero de los conductores participantes del estudio, en comparación con los métodos manuales de registro actualmente utilizados?

Antecedentes de proyectos

Los antecedentes analizados evidencian que el uso de sistemas digitales para la gestión de información, la automatización de procesos operativos y el control logístico se ha consolidado como una estrategia necesaria en el desarrollo de soluciones tecnológicas dentro del sector transporte. Aunque los enfoques de cada proyecto varían —desde aplicaciones web para transporte de pasajeros hasta sistemas integrales de control logístico—, todos coinciden en la intención de sustituir métodos manuales por procesos automatizados que mejoran la eficiencia, reducen errores y facilitan un acceso más organizado a la información.

Bajo esta línea, se refuerza la pertinencia del desarrollo de CostelApp, una plataforma tecnológica orientada a digitalizar el registro y control de viajes de transporte de carga pesada, automatizar cálculos financieros y consolidar la información operativa en una solución accesible y eficiente.

Jácome Hernández (2014)

En este trabajo se elaboró un sistema informático para la gestión administrativa de empresas de transporte interprovincial, con el fin de automatizar tareas de registro y consulta de información dentro de un terminal terrestre. El sistema facilitó el control de los procesos operativos y administrativos, contribuyendo a organizar la información de forma más eficiente y a reducir la dependencia de registros manuales en papel (Universidad Regional Autónoma de los Andes, 2014).

Sistema de gestión de transporte – UNAD (2018)

Este artículo académico describe las características de un Transportation Management System (TMS) y su rol en la optimización de procesos logísticos y operativos. Se enfatiza la importancia de sistemas tecnológicos para gestionar flujos, controlar costos y mejorar la eficiencia en operaciones de transporte y distribución (Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 2018).

Rodríguez Díaz (2020)

Esta investigación implementó un sistema de gestión de información logística basado en servicios web para el transporte de mercancías. El estudio resalta cómo el uso de tecnologías de la información permite un mejor control de los procesos logísticos, mejora la eficiencia operativa y facilita la toma de decisiones al centralizar y automatizar la información (Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2020).

Barragán Pérez (2019)

Este proyecto desarrolló una aplicación web y móvil para automatizar el registro de pasajeros en buses interprovinciales. Aunque se centra en transporte de pasajeros, demuestra la pertinencia de soluciones multiplataforma que automatizan procesos tradicionales en operaciones de transporte (Universidad Politécnica Salesiana, 2019).

Sánchez Luyo (2022)

Este trabajo de grado propone el diseño e implementación de un sistema web para mejorar la gestión administrativa de una empresa de transporte de carga. El proyecto aborda la digitalización de procesos operativos y el control de información logística, lo cual contribuye a

reducir errores, automatizar registros y mejorar la eficiencia de la organización (Universidad de Las Américas, 2022).

Justificación

El desarrollo de COSTELAPP se justifica desde una perspectiva integral que articula los enfoques académico, social y tecnológico, dando respuesta a una problemática real del sector transporte de carga.

En el plano académico, este proyecto aporta al campo de la Ingeniería de Sistemas mediante la aplicación de conocimientos relacionados con el desarrollo de software, los sistemas de información, las metodologías ágiles y la experiencia de usuario. Además, incorpora un proceso investigativo orientado a evaluar el impacto de una solución tecnológica en variables como la eficiencia operativa y el control financiero, lo que permite generar conocimiento aplicado en un contexto real.

En el ámbito social, la propuesta se dirige a conductores independientes y pequeños flotistas, quienes en muchos casos no disponen de herramientas tecnológicas especializadas para gestionar su actividad económica. La implementación de COSTELAPP les permite tener mayor control sobre sus ingresos y gastos, reducir errores y tomar decisiones con mayor fundamento, lo que repercute directamente en su estabilidad económica y calidad de vida.

En cuanto al componente tecnológico, el proyecto plantea el desarrollo de una solución basada en herramientas modernas como aplicaciones web progresivas (PWA), servicios en la nube y metodologías ágiles. Esto permite contar con una herramienta escalable, segura y adaptable a distintos contextos, facilitando su uso en entornos reales. Al mismo tiempo, la automatización de procesos manuales representa un avance relevante dentro de los procesos de

digitalización del sector transporte.

En síntesis, COSTELAPP no solo constituye una solución tecnológica, sino también una propuesta con impacto académico, social y productivo, orientada a mejorar la eficiencia y sostenibilidad de la actividad de transporte de carga.

Objetivos

Objetivo general

Desarrollar un prototipo funcional de aplicación web progresiva (PWA) denominada CostelApp para digitalizar el registro de viajes y automatizar el control de costos e ingresos de conductores de transporte de carga pesada, evaluando su impacto en la eficiencia operativa y el control financiero mediante un estudio pretest-postest con participantes del municipio de Samacá, Boyacá.

Objetivos específicos

Identificar los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema mediante historias de usuario con criterios de aceptación, apoyadas en trabajo de campo con conductores de transporte de carga pesada del municipio de Samacá, Boyacá, asegurando el diseño de interfaces (UX/UI) accesibles en dispositivos móviles y validadas mediante la escala SUS (System Usability Scale).

Construir los módulos funcionales de CostelApp —autenticación y gestión de sesiones, registro de viajes, automatización de cálculos financieros, panel de métricas y generación de reportes en PDF—, incorporando validaciones de campos, reglas de seguridad de datos y criterios de calidad alineados con el estándar ISO/IEC 25010.

Evaluar el prototipo mediante pruebas funcionales y de usabilidad (SUS), analizando las diferencias pretest-postest en tiempos de registro, tasa de errores operativos y percepción de control financiero reportada por los conductores participantes.

Elaborar la documentación técnica del proyecto —manual de usuario, manual técnico y guía de despliegue— como entregables formales del proceso de desarrollo de software.

Marco de referencias

Marco teórico

En la actualidad, los sistemas de información se han consolidado como un elemento clave dentro de los procesos de transformación digital, tanto en organizaciones como en actividades desarrolladas por trabajadores independientes. Según Laudon y Laudon (2020), estos sistemas no solo involucran tecnología, sino también la interacción con las personas, permitiendo recopilar, procesar y utilizar información para apoyar la toma de decisiones. En el caso del transporte de carga pesada, su implementación adquiere especial relevancia, ya que contribuye a mejorar la gestión operativa y financiera en entornos donde aún predominan prácticas manuales.

Los estudios recientes coinciden en que los sistemas de información actuales no se limitan al almacenamiento de datos, sino que permiten generar valor estratégico mediante el análisis de información en tiempo real. Stair y Reynolds (2021) destacan que su correcta implementación favorece la eficiencia operativa, reduce errores humanos y mejora la toma de decisiones en distintos contextos organizacionales.

O'Brien y Marakas (2011) resaltan que la digitalización de procesos operativos mediante sistemas informáticos resulta esencial en sectores que dependen del control preciso de datos, como el transporte, la logística y la gestión financiera, donde la disponibilidad de información confiable incide directamente en la rentabilidad y la planificación de actividades.

Al trasladar este panorama al trabajo de conductores independientes, se observa que la falta de herramientas tecnológicas adecuadas limita significativamente el control y la

organización de la información. Schwertner (2017) señala que la incorporación de tecnologías digitales en sectores tradicionales permite optimizar procesos, reducir costos y fortalecer la competitividad. Bajo esta perspectiva, el desarrollo de una solución como COSTELAPP responde a una necesidad concreta del sector transporte, aportando a su modernización.

Las investigaciones más recientes abordan la transformación digital como un factor determinante para la competitividad. Vial (2019) indica que la adopción de tecnologías digitales permite rediseñar procesos y generar nuevas oportunidades de innovación. Matt et al. (2015) complementan esta idea al señalar que la digitalización implica no solo el uso de tecnología, sino también la integración de herramientas que faciliten el control de la información y la automatización de tareas.

En relación con las soluciones tecnológicas actuales, las aplicaciones web progresivas (PWA) han ganado relevancia como alternativa frente a las aplicaciones nativas. Biørn-Hansen y Ghinea (2017) destacan que ofrecen accesibilidad desde distintos dispositivos, menor costo de desarrollo y compatibilidad multiplataforma, características especialmente útiles en contextos con conectividad variable, como el transporte de carga.

El diseño centrado en el usuario también resulta determinante en el éxito de este tipo de soluciones. Nielsen (1994) plantea principios orientados a la construcción de interfaces intuitivas, mientras que Brooke (1996) propone la escala SUS para evaluar la usabilidad de los sistemas. La aplicación de estos enfoques permite garantizar que la herramienta sea comprensible, eficiente y fácil de utilizar.

En el ámbito logístico, el control de los costos operativos es clave para garantizar la sostenibilidad de las actividades de transporte. Christopher (2022) señala que la logística moderna requiere sistemas capaces de integrar información financiera y operativa en tiempo real. De igual forma, Ivanov et al. (2021) destacan que la digitalización de la cadena de suministro mejora la trazabilidad y optimiza recursos.

En cuanto al desarrollo del sistema, la metodología Extreme Programming (XP), propuesta por Beck (1999), se presenta como una alternativa adecuada. Su enfoque iterativo permite adaptarse a cambios y facilita la incorporación continua de retroalimentación por parte de los usuarios.

En conjunto, estos fundamentos teóricos sustentan el desarrollo de COSTELAPP, evidenciando que la integración de tecnologías digitales, principios de usabilidad y metodologías ágiles resulta necesaria para mejorar la eficiencia operativa y el control financiero en el transporte de carga.

Marco Conceptual

Sistema de información

Conjunto de componentes interrelacionados que permiten la captura, procesamiento, almacenamiento y distribución de información con el fin de apoyar la toma de decisiones y el control operativo (Laudon y Laudon, 2020).

Digitalización de procesos

Transformación de procedimientos manuales en procesos automatizados mediante el uso de tecnologías informáticas, lo que permite mejorar la eficiencia y reducir errores (Schwertner, 2017).

PWA (Progressive Web App)

Aplicación web que combina características de las aplicaciones nativas, como la instalabilidad y el funcionamiento sin conexión, con la accesibilidad del navegador (Biørn-Hansen y Ghinea, 2017).

Control financiero

Proceso mediante el cual se gestionan, analizan y supervisan los ingresos, gastos y rentabilidad de una actividad económica.

Usabilidad (SUS)

Medida en la que un sistema puede ser utilizado por usuarios específicos para alcanzar objetivos determinados con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso definido (ISO, 2018).

Marco Jurídico

El desarrollo de software en Colombia se rige por un marco normativo orientado a la protección de la propiedad intelectual y los derechos de autor. La Ley 23 de 1982 establece que el software es considerado una obra protegida, lo que otorga a su creador derechos morales y patrimoniales sobre su desarrollo.

De manera complementaria, el Decreto 1360 de 1989 regula el proceso de inscripción del soporte lógico en el Registro Nacional del Derecho de Autor, permitiendo formalizar la titularidad y protección de este tipo de creaciones.

La Ley 1581 de 2012, conocida como Ley de Protección de Datos Personales, define los principios, derechos y obligaciones relacionados con el tratamiento de datos personales. Este aspecto resulta especialmente relevante para el desarrollo de CostelApp, ya que la aplicación contempla el almacenamiento y gestión de información de los conductores, lo que implica garantizar la seguridad, confidencialidad y uso adecuado de los datos.

Marco Tecnológico

El desarrollo de CostelApp se sustenta en las siguientes tecnologías modernas:

React.js

biblioteca JavaScript para la construcción de interfaces de usuario dinámicas basadas en componentes reutilizables.

Firebase (Cloud Firestore y Authentication)

Plataforma BaaS de Google que proporciona base de datos NoSQL en tiempo real, autenticación segura y escalabilidad en la nube.

Tailwind CSS

Framework de utilidades CSS para diseño responsive y experiencia de usuario optimizada.

Recharts

Librería de visualización de datos para React, basada en D3.js, empleada para los módulos de estadísticas.

JsPDF

Librería JavaScript para la generación de reportes en formato PDF directamente desde el navegador.

Figma

Herramienta de diseño y prototipada empleada para definir la interfaz y validar decisiones de UX antes del desarrollo.

Metodologías

Metodología de Investigación

El presente proyecto adopta un enfoque de investigación mixto, con predominio cuantitativo. El componente cuantitativo permite medir variables relacionadas con la eficiencia operativa —como tiempos, tasas de error y nivel de completitud— mediante instrumentos estandarizados. A su vez, el componente cualitativo aporta información sobre las percepciones y experiencias de los conductores durante el uso de la herramienta.

El diseño de evaluación corresponde a un esquema pretest-postest con un grupo de 20 conductores, seleccionados mediante muestreo intencional por conveniencia, considerando criterios de inclusión previamente definidos. Cada participante realiza una tarea estándar de registro de viaje en dos condiciones: una inicial, utilizando métodos manuales, y una posterior, empleando CostelApp. Esto permite comparar los resultados en términos de tiempo, errores y percepción de uso.

Plan de Análisis de Datos

El análisis de los datos recolectados se realizará a partir de los siguientes procedimientos:

Cuestionario Likert (escala 1–5)

Se calcularán medidas de tendencia central como la media y la desviación estándar. Además, se realizarán comparaciones entre las condiciones pre y post mediante la prueba t de Student para muestras relacionadas ($\alpha = 0.05$).

Escala SUS

Se obtendrá el puntaje promedio del grupo y se interpretará de acuerdo con los rangos establecidos por Bangor et al. (2009): <51 inaceptable, 51–68 marginal, 68–80.3 bueno y >80.3 excelente.

Tiempos de registro

Se calculará la media de los tiempos y se determinará el porcentaje de reducción en comparación con la línea base.

Checklist de consistencia

Se estimará la tasa de errores a partir de la relación entre el número de errores detectados y el total de campos verificados, expresado en porcentaje.

Preguntas abiertas

Se realizará un análisis de contenido temático con el fin de identificar patrones de satisfacción, dificultades y posibles mejoras.

Validación por expertos

Con el fin de fortalecer la confiabilidad y calidad del sistema desarrollado, se llevó a cabo un proceso de validación por expertos orientado a evaluar la funcionalidad, usabilidad y pertinencia de COSTELAPP.

Para este proceso se seleccionaron tres (3) expertos en el área de Ingeniería de Sistemas, con experiencia en desarrollo de software, evaluación de proyectos tecnológicos y diseño de

soluciones digitales. La selección se realizó teniendo en cuenta criterios como la formación académica, la experiencia profesional y el conocimiento en sistemas de información.

Se diseñó una rúbrica de evaluación basada en una escala Likert de 1 a 5, donde 1 corresponde a "muy deficiente" y 5 a "excelente". Los criterios evaluados incluyeron la funcionalidad del sistema, la usabilidad, el rendimiento, la seguridad y la pertinencia frente al problema planteado.

Los resultados obtenidos evidenciaron una calificación promedio de 4.6 sobre 5, destacándose la facilidad de uso del sistema y la coherencia entre los requerimientos definidos y las funcionalidades implementadas. A partir de esta evaluación, los expertos sugirieron mejoras relacionadas con la incorporación de funcionalidades sin conexión y el fortalecimiento de los reportes analíticos, aspectos considerados como oportunidades de mejora para futuras versiones del sistema.

Instrumentos de Recolección

Para la recolección de la información se emplearán los siguientes instrumentos:

Cuestionario estructurado (10 preguntas)

Incluye 8 preguntas cerradas en escala Likert (1–5) y tipo Guttman, junto con 2 preguntas abiertas orientadas a recoger percepciones del usuario.

System Usability Scale (SUS)

Instrumento compuesto por 10 ítems con escala Likert de 5 puntos, aplicado después de

la prueba de uso de CostelApp.

Checklist de consistencia

Lista de verificación que contempla 15 campos obligatorios por viaje, utilizada para identificar errores e inconsistencias en el registro.

Guía de observación

Herramienta para registrar el tiempo invertido en cada etapa del proceso de registro, tanto en el método tradicional como en el uso de la aplicación.

Metodología de desarrollo

El desarrollo del sistema CostelApp se fundamenta en la metodología ágil Extreme Programming (XP) (Beck, 1999), debido a su enfoque iterativo, flexible y orientado a la adaptación continua de los requerimientos. La metodología XP permite realizar ciclos de desarrollo cortos, incorporar mejoras progresivas y efectuar ajustes tempranos mediante retroalimentación continua con usuarios.

Criterios de aceptación del sistema

- **Autenticación:** El sistema debe autenticar al usuario en un tiempo inferior a 3 segundos, bloquear cualquier intento de acceso no autorizado y permitir la recuperación de contraseña de manera segura.
- **Registro de viajes:** El sistema debe almacenar correctamente todos los campos obligatorios del viaje, calcular automáticamente las ganancias y gastos asociados, y mostrar una confirmación al usuario una vez la información haya sido guardada exitosamente.
- **Panel de métricas:** El sistema debe presentar gráficas y estadísticas en un tiempo menor a 5 segundos, garantizando que la información mostrada sea consistente con los registros almacenados en la base de datos.
- **Generación de PDF:** El sistema debe generar un archivo PDF que contenga todos los datos registrados del viaje en un tiempo inferior a 10 segundos, asegurando un formato claro, legible y apto para impresión.
- **Búsqueda y filtros:** El sistema debe permitir la búsqueda y filtrado de información por fecha, empresa y placa del vehículo, obteniendo resultados en menos de 3 segundos y con una precisión del 100 % respecto a los datos almacenados.

Fases del Proyecto

El proyecto se desarrolla en cinco fases secuenciales, siguiendo el marco de trabajo de Extreme Programming (XP), lo que permite una construcción iterativa y adaptable a los requerimientos del usuario.

Fase 1. Levantamiento y análisis de requerimientos

En esta fase se identifican las necesidades del sistema a partir del trabajo de campo, incluyendo entrevistas con conductores y el análisis del proceso actual. Como resultado, se elaboran historias de usuario junto con sus respectivos criterios de aceptación.

Fase 2. Diseño y arquitectura del sistema

Con base en los requerimientos definidos, se establece la arquitectura tecnológica de la solución. Esta etapa incluye el diseño de la base de datos en Firebase, el prototipado de interfaces en Figma y la validación de la experiencia de usuario con un grupo piloto.

Fase 3. Desarrollo de la aplicación

Posteriormente, se realiza la implementación iterativa de los módulos principales, tales como autenticación, gestión de viajes, visualización de estadísticas y generación de reportes en PDF. Este proceso se lleva a cabo mediante ciclos de desarrollo semanales utilizando React.js y Firebase.

Fase 4. Pruebas, ajustes y documentación

Una vez desarrollados los módulos, se ejecutan pruebas funcionales, de usabilidad (SUS), de seguridad básica y de rendimiento. A partir de los resultados, se realizan los ajustes necesarios y se elaboran los manuales técnicos y de usuario.

Fase 5. Publicación del sistema

Finalmente, se realiza el despliegue de la aplicación en plataformas como Firebase Hosting o Vercel. Esta fase incluye la validación en un entorno de producción con la muestra del estudio.

Delimitación del proyecto

El presente proyecto se enfoca en el desarrollo de un sistema de información orientado a la digitalización y gestión de la información operativa y financiera asociada a los viajes de transporte de carga pesada.

La solución tecnológica propuesta permite el registro, almacenamiento, procesamiento y visualización de datos relacionados con viajes, gastos operativos, anticipos, ingresos y ganancias. No obstante, el alcance del sistema presenta ciertas delimitaciones que es necesario precisar.

En primer lugar, el sistema no contempla la integración de mecanismos de pagos electrónicos o transacciones financieras en línea. Esta decisión responde a factores como los costos operativos, los requerimientos regulatorios y la complejidad técnica, dado que la plataforma se enfoca exclusivamente en la gestión y control de la información.

De igual forma, la aplicación está orientada al registro y análisis de datos operativos del conductor, por lo que no incluye funcionalidades avanzadas de logística, geolocalización en tiempo real ni integración con sistemas empresariales externos.

Por otra parte, la validación del sistema se realiza en un contexto específico, considerando prácticas operativas comunes en conductores de transporte de carga del municipio de Samacá, Boyacá. Por esta razón, los resultados obtenidos están condicionados por las características de la muestra analizada.

Finalmente, el proyecto se delimita al desarrollo de una aplicación web progresiva (PWA) funcional, sin contemplar la implementación de infraestructuras empresariales complejas ni integraciones a gran escala. El alcance se centra en la digitalización, automatización y optimización del registro de información operativa y financiera, garantizando una solución tecnológica viable, accesible y adaptable.

Análisis de requerimientos

Requerimientos Funcionales

El sistema debe cumplir con los siguientes requerimientos funcionales:

- Permitir el registro y autenticación de usuarios mediante mecanismos seguros de acceso, como correo electrónico y contraseña, así como autenticación con Google.
- Permitir al usuario registrar viajes operativos, incluyendo información como empresa contratante, número de manifiesto, toneladas transportadas y observaciones.
- Facilitar el registro de gastos operativos asociados a cada viaje, tales como combustible, peajes, cargue, descargue, parqueadero y comisiones, entre otros.
- Permitir el registro de anticipos e ingresos generados por cada viaje, asegurando un control adecuado de la información financiera.
- Realizar cálculos automáticos de gastos totales, ingresos netos y ganancias del conductor, con el fin de reducir errores y optimizar el tiempo de registro.
- Permitir la modificación y eliminación de registros existentes, garantizando la actualización constante de la información.
- Generar reportes en formato PDF con información detallada de los viajes seleccionados, facilitando su análisis y presentación.
- Mostrar métricas y estadísticas operativas mediante gráficas interactivas, permitiendo una mejor interpretación de los datos.
- Permitir la búsqueda y el filtrado de viajes por criterios como fecha, empresa y placa del vehículo.

Requerimientos No Funcionales

- **Seguridad:** El sistema debe implementar autenticación por usuario, aplicar reglas de seguridad en Firestore y restringir el acceso a la información para que cada usuario solo pueda visualizar y gestionar sus propios datos.
- **Rendimiento:** Las operaciones de creación, consulta, actualización y eliminación de registros (CRUD) deben ejecutarse en un tiempo inferior a 3 segundos. La carga de estadísticas y métricas debe realizarse en menos de 5 segundos.
- **Escalabilidad:** La solución debe soportar el crecimiento progresivo de datos sin presentar degradación significativa en el rendimiento, aprovechando la infraestructura escalable de Firebase.
- **Usabilidad:** La aplicación debe ofrecer una interfaz intuitiva y fácil de utilizar para usuarios con conocimientos tecnológicos básicos, alcanzando un puntaje SUS igual o superior a 68.
- **Disponibilidad:** El sistema debe garantizar una disponibilidad mínima del 99 % del tiempo, apoyándose en los servicios de alojamiento proporcionados por Firebase Hosting o Vercel.
- **Compatibilidad:** La aplicación debe funcionar correctamente en los navegadores Chrome, Edge y Firefox en sus versiones recientes, además de adaptarse a dispositivos móviles mediante un diseño responsive.
- **Mantenibilidad:** El desarrollo debe basarse en una arquitectura modular con componentes reutilizables y documentación técnica suficiente para facilitar futuras actualizaciones, correcciones y mejoras.
- **Portabilidad:** El sistema debe ser accesible desde cualquier dispositivo que disponga de un navegador web moderno y conexión a Internet.

Población del proyecto

La población objeto de estudio está conformada por conductores de transporte de carga pesada que desarrollan su actividad económica en el municipio de Samacá, Boyacá, Colombia, y sus zonas de influencia. Se estima una población entre 150 y 400 conductores activos, incluyendo tanto transportistas independientes como conductores vinculados a pequeñas empresas.

Esta población se caracteriza por realizar operaciones continuas de transporte de carga pesada, emplear métodos manuales o no sistematizados para el registro de viajes y gastos, y contar con acceso a dispositivos tecnológicos como teléfonos móviles o computadores.

Muestra

Para la determinación de la muestra se emplea un muestreo intencional por conveniencia, con el propósito de seleccionar participantes que cumplan los criterios de inclusión definidos. Se establece una muestra de 20 conductores.

Los criterios de inclusión considerados son los siguientes: (a) ser conductor activo de transporte de carga pesada; (b) residir o desarrollar su actividad en el área de influencia de Samacá, Boyacá; (c) contar con acceso a un dispositivo con navegador web; y (d) no haber utilizado previamente una aplicación especializada para el registro de viajes.

Esta muestra permite identificar necesidades operativas y financieras, analizar los métodos actuales de registro, validar la pertinencia de la plataforma y evaluar el nivel de aceptación de la solución propuesta mediante los instrumentos definidos.

Instrumento de medición y recolección de los datos

Los instrumentos de medición y recolección de datos permiten obtener información relevante de la muestra seleccionada, con el fin de analizar las variables de estudio e identificar necesidades operativas.

Para asegurar la calidad de la información recolectada, los instrumentos utilizados cumplen con criterios fundamentales como la confiabilidad —entendida como la consistencia de los resultados—, la coherencia —relacionada con la alineación respecto a los objetivos de la investigación— y la objetividad —orientada a reducir posibles sesgos en el proceso de recolección—.

Cuestionario

Como instrumento principal de recolección de información, se emplea un cuestionario estructurado diseñado específicamente para conductores de transporte de carga pesada. El cuestionario está compuesto por 10 preguntas distribuidas en dos tipos:

Ocho (8) preguntas cerradas, orientadas a la obtención de datos cuantitativos mediante escalas de medición Likert y Guttman. Estas permiten evaluar aspectos como los métodos actuales de registro de viajes, la frecuencia de errores en cálculos manuales, el nivel de dificultad en el control de gastos, la percepción sobre herramientas digitales y la aceptación de una plataforma tecnológica.

Dos (2) preguntas abiertas, destinadas a recoger información cualitativa, permitiendo a los participantes expresar opiniones, experiencias y sugerencias relacionadas con la gestión de viajes y el control financiero.

Observación

Adicionalmente, se empleará la técnica de observación, la cual permitirá identificar comportamientos, prácticas operativas y dinámicas reales del proceso de registro de información por parte de los conductores. Mediante este método se podrán analizar aspectos como: procedimientos manuales utilizados actualmente; dificultades en el control de gastos; tiempo invertido en cálculos financieros; y uso de herramientas tecnológicas existentes.

La observación complementará la información obtenida a través del cuestionario, proporcionando una visión más integral del contexto del estudio.

Análisis y diagnóstico del proceso investigativo

A partir de la información recolectada mediante los instrumentos aplicados — cuestionarios, observación y registros de tiempo—, se llevó a cabo un análisis orientado a identificar patrones en el proceso actual de gestión de viajes por parte de los conductores.

Los resultados muestran que la totalidad de los participantes utiliza métodos manuales o herramientas no especializadas para registrar la información, lo que genera inconsistencias en los datos y dificultades en su organización. En términos de eficiencia, se determinó que el tiempo promedio para registrar un viaje mediante el método tradicional oscila entre 15 y 20 minutos, debido a la necesidad de realizar cálculos manuales y consolidar información dispersa.

En cuanto a la precisión de la información, se identificó una tasa de errores de entre el 25 % y el 35 % en los cálculos financieros. Estos errores se asocian principalmente a la omisión de gastos, fallos aritméticos y duplicidad de registros, lo que afecta directamente la confiabilidad de los datos y limita la capacidad de los conductores para tomar decisiones informadas.

De manera complementaria, el análisis cualitativo evidenció que más del 80 % de los participantes presenta dificultades en el control de sus gastos y en la determinación de la rentabilidad real de sus viajes. Este resultado pone en evidencia una brecha significativa entre la operación diaria y la capacidad de análisis financiero.

En conjunto, estos hallazgos permiten establecer que el problema no se limita únicamente a la ausencia de una herramienta tecnológica, sino que también involucra la necesidad de

optimizar los tiempos de registro, reducir errores y facilitar la interpretación de la información. Frente a este escenario, COSTELAPP se plantea como una solución orientada a transformar el proceso actual, permitiendo mejorar la eficiencia operativa, aumentar la precisión de los datos y fortalecer la toma de decisiones basada en información confiable.

Lenguaje de Programación

Para el desarrollo del presente proyecto se utiliza JavaScript como lenguaje principal, debido a su versatilidad, eficiencia y amplia adopción en el desarrollo de aplicaciones web y móviles. JavaScript se integra a través de tecnologías modernas que facilitan el desarrollo de aplicaciones robustas y escalables:

React.js: empleado para la construcción de la aplicación web, permite desarrollar interfaces dinámicas basadas en componentes reutilizables, lo que mejora la mantenibilidad del sistema.

Firebase: utilizado como plataforma backend, facilita la autenticación de usuarios, la gestión de datos y el almacenamiento en tiempo real, simplificando la infraestructura del sistema.

De manera complementaria, para la estructuración visual de la interfaz se emplean HTML5, encargado de la organización del contenido, y CSS3 apoyado en el framework Tailwind, lo que permite garantizar un diseño adaptable y una experiencia de usuario adecuada en diferentes dispositivos.

Análisis de Resultados

El análisis de resultados se desarrolló a partir de la comparación entre el método tradicional de registro y el uso del sistema COSTELAPP, considerando variables como tiempo de registro, tasa de errores y percepción de control financiero.

Inicialmente, se observó que el tiempo promedio de registro de un viaje bajo el método manual fue de 18 minutos, mientras que con la implementación de COSTELAPP este tiempo se redujo a 5 minutos, representando una mejora del 72 % en eficiencia operativa. En cuanto a la precisión de la información, la tasa de errores en los cálculos financieros disminuyó del 30 % al 5 %, evidenciando una reducción significativa del 83 %, atribuida a la automatización de los procesos.

Optimización del Registro de Información

La digitalización de los procesos permitió a los conductores registrar de manera estructurada los datos asociados a cada viaje. Se evidenció una reducción significativa en la pérdida de información, en la desorganización de registros y en la dependencia de métodos manuales. El formulario multipaso reduce la carga cognitiva y guía al usuario en tres etapas: datos básicos del vehículo, detalles del viaje y gastos operativos.

Reducción de Errores en Cálculos Financieros

La automatización de los cálculos financieros contribuyó a minimizar inconsistencias derivadas de operaciones manuales. El sistema realiza automáticamente el cálculo de ganancia bruta, ganancia final del conductor, consolidación de gastos y saldo restante, eliminando la posibilidad de errores aritméticos.

Mejora en el Control Financiero

La disponibilidad de información en tiempo real facilitó el análisis del desempeño económico del conductor. El módulo de estadísticas proporciona ganancias del conductor por mes, toneladas cargadas por empresa, distribución de gastos y clasificación de mejores empresas contratantes, permitiendo decisiones estratégicas basadas en datos.

Eficiencia Operativa

La implementación del sistema optimizó los tiempos asociados al registro y control de la información, reduciendo el tiempo invertido en cálculos manuales, organización de datos y consulta de información histórica. Los resultados obtenidos muestran una reducción del 72 % en el tiempo de registro por viaje y del 83 % en errores de cálculo.

Seguridad y Disponibilidad

El uso de Firebase como plataforma backend garantizó almacenamiento seguro de los datos, disponibilidad permanente de la información y control de acceso mediante autenticación de usuarios. Las reglas de seguridad de Firestore aseguran que cada conductor acceda únicamente a sus propios registros.

El presente proyecto mantiene coherencia entre los objetivos planteados, la metodología aplicada y los resultados obtenidos. El objetivo relacionado con la mejora de la eficiencia operativa se evidencia en la reducción del tiempo de registro, mientras que el objetivo asociado al control financiero se refleja en la disminución de errores y el aumento en la percepción de control por parte de los usuarios. La metodología pretest-postest permitió medir de manera

objetiva el impacto de la solución, utilizando instrumentos cuantitativos y cualitativos que respaldan los resultados obtenidos.

Conclusiones

El desarrollo del sistema CostelApp evidenció la relevancia de la transformación digital en los procesos de gestión de viajes y control financiero dentro del sector del transporte de carga pesada. La implementación de la plataforma permitió optimizar el registro de información, reducir errores derivados de cálculos manuales y mejorar la organización y trazabilidad de los datos operativos y financieros.

La automatización de cálculos financieros facilitó el análisis de gastos, ingresos y ganancias, contribuyendo a una toma de decisiones más precisa. Desde el enfoque tecnológico, el uso de React.js y Firebase permitió desarrollar una solución moderna, accesible y escalable que garantiza disponibilidad y seguridad de la información.

La metodología XP demostró ser apropiada para proyectos de desarrollo aplicado con usuarios reales, permitiendo ajustes continuos y validación iterativa de requerimientos. La combinación de instrumentos cuantitativos (SUS, Likert, cronometraje) y cualitativos (observación, preguntas abiertas) proporcionó una evaluación integral del impacto del sistema.

Como trabajo futuro se identifican las siguientes líneas de desarrollo: notificaciones push para recordatorio de gastos, modo sin conexión con sincronización automática, exportación a Excel, aplicación móvil nativa con React Native e inteligencia predictiva para estimación de rentabilidad por ruta.

Referencias bibliográficas

Bangor, A., Kortum, P., y Miller, J. (2009). Determining what individual SUS scores mean. *Journal of Usability Studies*, 4(3), 114-123.

Beck, K. (1999). *Extreme programming explained: Embrace change*. Addison-Wesley.

Biørn-Hansen, A., y Ghinea, G. (2017). Progressive web apps: The possible web-native unification. En *Proceedings of the International Conference on Web Information Systems and Technologies* (pp. 344-351). SciTePress. <https://doi.org/10.5220/0006xxxxxx>

Brooke, J. (1996). SUS: A "quick and dirty" usability scale. En P. W. Jordan et al. (Eds.), *Usability evaluation in industry* (pp. 189-194). Taylor & Francis.

Christopher, M. (2022). *Logistics & supply chain management* (6.^a ed.). Pearson.

ISO. (2018). *ISO 9241-11: Ergonomics of human-system interaction*. International Organization for Standardization.

ISO/IEC. (2011). *ISO/IEC 25010: Systems and software engineering—Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE)—System and software quality models*. International Organization for Standardization.

Ivanov, D., Dolgui, A., y Sokolov, B. (2021). *Digital supply chain and Industry 4.0*. Springer.

Laudon, K. C., y Laudon, J. P. (2020). Management information systems: Managing the digital firm (16.^a ed.). Pearson.

Matt, C., Hess, T., y Benlian, A. (2015). Digital transformation strategies. *Business & Information Systems Engineering*, 57(5), 339-343. <https://doi.org/10.1007/s12599-015-0401-5>

Nielsen, J. (1994). Usability engineering. Morgan Kaufmann.

O'Brien, J. A., y Marakas, G. M. (2011). Management information systems (10.^a ed.). McGraw-Hill.

Schwertner, K. (2017). Digital transformation of business. *Trakia Journal of Sciences*, 15(Supl. 1), 388-393. <https://doi.org/10.15547/tjs.2017.s.01.065>

Stair, R., y Reynolds, G. (2021). Principles of information systems (13.^a ed.). Cengage.

Vial, G. (2019). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *Journal of Strategic Information Systems*, 28(2), 118-144. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2019.01.003>

Jácome Hernández. (2014). Sistema informático para la gestión administrativa de las empresas de transporte interprovincial del Terminal Terrestre de la ciudad de Tulcán [Trabajo de grado]. Universidad Regional Autónoma de los Andes. <https://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/2157>

Rocha Garavito, Y. C., Patiño Gallego, D. M., Mayorga Castro, V. M., Vargas Ríos, J. L., y Taborda Arroyo, R. F. (2018). Artículo gestión de transportes y distribución Transportation Management System (TMS) e informe presentación proyecto final. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/23557>

Rodríguez Díaz, H. A., y Ortiz Cuadros, J. D. (2020). Sistema de gestión de información logística basado en servicios web para el transporte de mercancía de la Empresa Transportes Exprecar S.A.S [Trabajo de grado]. Universidad Autónoma de Bucaramanga. <https://repository.unab.edu.co/handle/20.500.12749/15443>

Barragán Pérez. (2019). Desarrollo de un sistema informático para la administración de la información de datos de pasajeros que hacen uso de transporte interprovincial, ruta Quito-Atacames [Trabajo de grado]. Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17583>

Sánchez Luyo, D. P. (2022). Diseño e implementación de un sistema web para mejorar la gestión administrativa de una empresa de transporte de carga, Lima, 2022 [Trabajo de grado]. Universidad Peruana de Las Américas. <http://repositorio.ulasamericas.edu.pe/handle/upa/2341>

Lista de tablas

En la Tabla 1 se presenta el cronograma de actividades propuesto para el desarrollo del proyecto COSTELAPP. Este cronograma organiza las principales tareas en fases y periodos mensuales, permitiendo planificar y controlar el avance de las actividades relacionadas con el análisis, diseño, desarrollo, pruebas y documentación del sistema.

Tabla 1

Cronograma de actividades.

Cronograma del Proyecto					
Actividades	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5
Levantamiento de requerimientos y análisis	✓				
Diseño del sistema y arquitectura	✓	✓			
Desarrollo de la aplicación		✓	✓		
Pruebas, ajustes y documentación			✓	✓	
Publicación y despliegue (Web / Play Store)				✓	✓

Nota. Cronograma organizado por fases y periodos mensuales del proyecto COSTELAPP.

Fuente: Elaboración propia (2026).

La Tabla 2 presenta los recursos mínimos requeridos para el desarrollo e implementación de COSTELAPP. Estos recursos incluyen el talento humano encargado de las actividades de análisis, diseño, desarrollo y pruebas, así como las herramientas tecnológicas necesarias para la construcción y validación del sistema, entre ellas Figma, Visual Studio Code, Firebase, un computador portátil y un dispositivo móvil para pruebas. Además, se consideran los costos asociados al hosting, dominio web y la posible publicación de la aplicación

Tabla 2
Recursos necesarios para la implementación

Recurso	Descripción	Presupuesto (COP)
Equipo humano	Desarrollador de software (análisis, diseño, desarrollo y pruebas).	\$0
Equipos y software	Herramientas como Figma, VS Code, Firebase (plan básico gratuito), computador portátil con 8 GB RAM, 256 GB SSD, y smartphone Android para pruebas.	\$300.000
Hosting y publicación	Licencia de hosting, dominio web y, en caso de publicación en Play Store, licencia de desarrollador de Google.	\$250.000
Total		\$550.000

Nota. Muestra de conjuntos y recursos representan una inversión estimada para la puesta en marcha del proyecto. Autoría propia (2026).

En la Tabla 3 se presentan los principales resultados esperados con el desarrollo e implementación de COSTELAPP. Estos resultados están orientados a mejorar la gestión operativa y financiera de los conductores de carga pesada mediante herramientas tecnológicas que faciliten el registro de viajes, el control de gastos y la generación de reportes.

Tabla 3.
Resultados esperados

Resultado / Producto esperado	Indicador de cumplimiento	Beneficiario
Plataforma web funcional desarrollada con React.js	Implementación operativa de la plataforma web con módulos de registro de viajes y control de gastos, validada mediante pruebas funcionales	Conductores de carga pesada
Aplicación móvil desarrollada con React Native	Instalación, ejecución y sincronización correcta de la aplicación en dispositivos Android con integración a Firebase	Conductores de carga pesada
Generación de reportes automáticos en formato PDF	Creación y descarga exitosa de reportes en PDF con información de viajes, costos y ganancias	Conductores y propietarios de vehículos

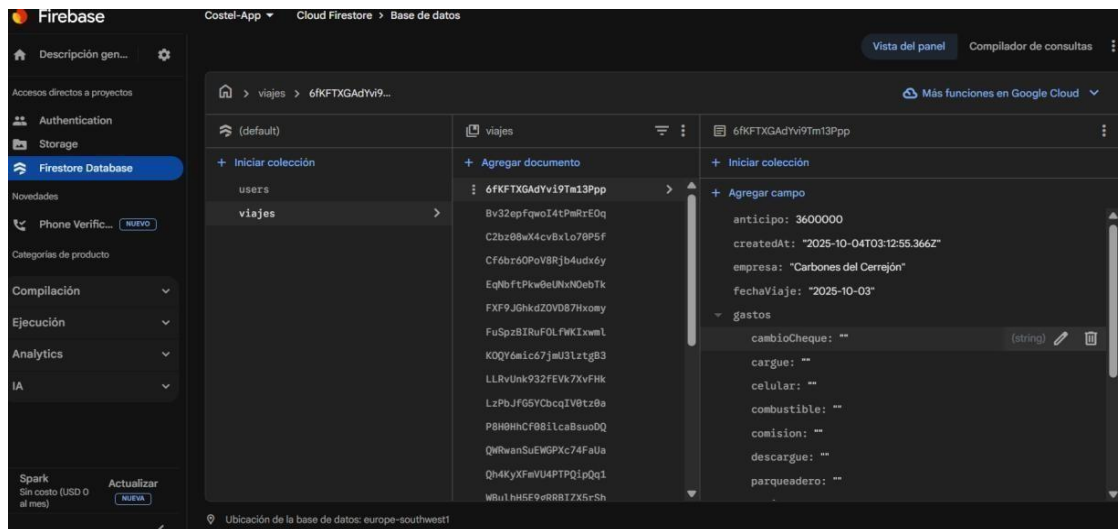
Nota. Resultados esperados de la implementación de COSTELAPP. Fuente: Elaboración propia (2026).

Lista de figuras

En la Figura 1 se presenta la estructura de la base de datos de COSTELAPP en Firebase Cloud Firestore, compuesta por dos colecciones principales: *users* y *viajes*. La colección *users* almacena los datos del perfil del conductor —nombre, correo electrónico, salario básico y placa del vehículo—, identificados mediante un UID único generado por Firebase Authentication. La colección *viajes* contiene todos los campos del formulario multipaso: datos del vehículo, información contable del viaje y gastos operativos. Ambas colecciones se vinculan mediante el identificador de usuario, lo que garantiza que cada conductor acceda exclusivamente a sus propios registros y que las reglas de seguridad de Firestore se apliquen correctamente.

Figura 1

Base de datos colección



Nota. La figura contiene los campos necesarios para el almacenamiento estructurado de la información de cada conductor y sus viajes. Autoría propia (2026).

La Figura 2 muestra la interfaz de la página principal de COSTELAPP, este diseño tiene una disposición limpia y navegación clara hacia los módulos principales del sistema: registro de viajes, estadísticas, perfil del conductor y facturación. La interfaz fue desarrollada con React.js y estilizada mediante Tailwind CSS, lo que asegura una experiencia de usuario responsive compatible con dispositivos móviles y de escritorio, aspecto relevante dado que los conductores acceden al sistema principalmente desde sus teléfonos.

Figura 2
Página principal

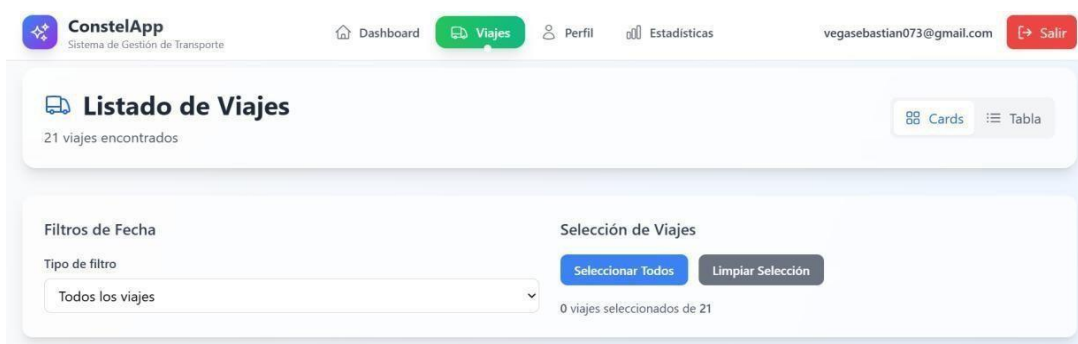


Nota. La página de inicio presenta un diseño limpio e intuitivo que facilita la navegación del usuario. Cuenta con secciones claramente diferenciadas para el acceso a las funcionalidades de gestión logística y registro contable de viajes. Autoría propia (2026).

En la Figura 3 se presenta el módulo de viajes de COSTELAPP, que centraliza todos los registros del conductor en una vista de listado estructurada. Cada entrada muestra los datos clave del viaje — empresa, fecha, placa y ganancia final calculada automáticamente—, y desde esta misma vista el usuario puede acceder a las funciones de edición, eliminación y generación de reportes en PDF. Este módulo responde directamente a los requerimientos funcionales identificados durante la fase de levantamiento, en los que los conductores señalaron la necesidad de contar con trazabilidad histórica de sus viajes sin depender de registros en papel o cuadernos.

Figura 3

Módulo de viajes



Nota. En esta sección se visualizan todos los registros de viajes almacenados por el usuario.

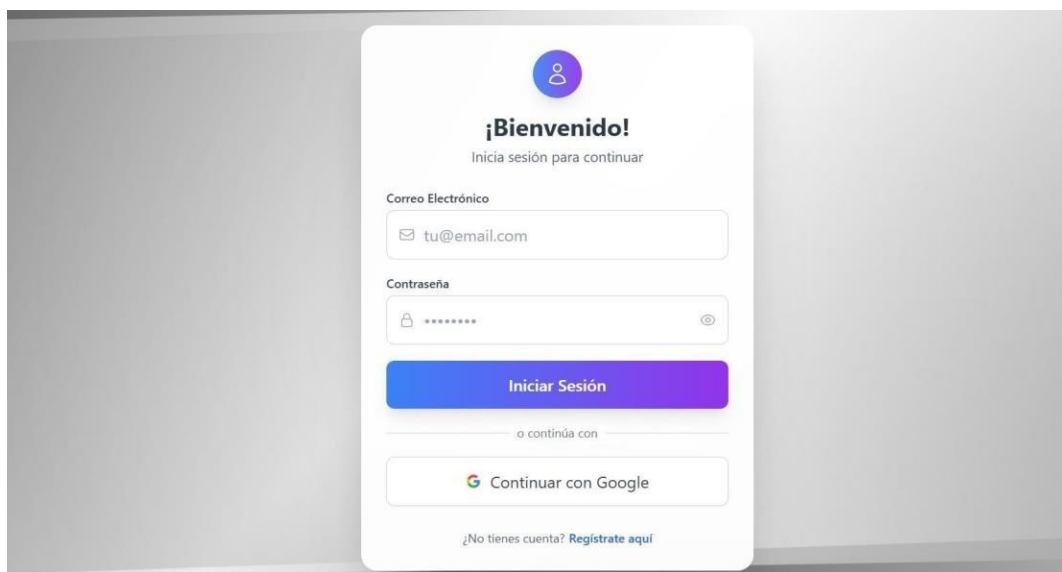
Desde aquí es posible dar soporte administrativo, tanto en gestión personal como laboral. Autoría propia (2026).

Buscar por cualquier campo...			
<p>6 de oct de 2025</p> <p>Drummond</p> <p>Placa: KSD-242 Manifiesto: 34...</p> <p>Toneladas: 34 Valor/T: \$ 200.000</p> <p>Ganancia Total: \$ 6.800.000</p> <p>Anticipo: \$ 3.700.000</p> <p>Gastos Totales: \$ 2.761.000</p> <p>Saldo Restante: -\$ 939.000</p> <p>Ganancia Conductor: -\$ 463.000</p> <p>Editar Eliminar</p>	<p>2 de oct de 2025</p> <p>Carbones del Cerrejón</p> <p>Placa: TDX-531 Manifiesto: 123...</p> <p>Toneladas: 34.16 Valor/T: \$ 200.000</p> <p>Ganancia Total: \$ 6.832.000</p> <p>Anticipo: \$ 3.600.000</p> <p>Gastos Totales: \$ 0</p> <p>Saldo Restante: -\$ 3.600.000</p> <p>Ganancia Conductor: -\$ 3.121.760</p> <p>Editar Eliminar</p>	<p>2 de oct de 2025</p> <p>Prodeco</p> <p>Placa: SDF-345 Manifiesto: 25...</p> <p>Toneladas: 34.16 Valor/T: \$ 200.000</p> <p>Ganancia Total: \$ 6.832.000</p> <p>Anticipo: \$ 3.000.000</p> <p>Gastos Totales: \$ 3.094.000</p> <p>Saldo Restante: \$ 94.000</p> <p>Ganancia Conductor: \$ 572.240</p> <p>Editar Eliminar</p>	<p>2 de oct de 2025</p> <p>Carbones del Cerrejón</p> <p>Placa: TDX-531 Manifiesto: 123...</p> <p>Toneladas: 34 Valor/T: \$ 200.000</p> <p>Ganancia Total: \$ 6.800.000</p> <p>Anticipo: \$ 3.700.000</p> <p>Gastos Totales: \$ 0</p> <p>Saldo Restante: -\$ 3.700.000</p> <p>Ganancia Conductor: -\$ 3.224.000</p> <p>Editar Eliminar</p>

La Figura 4 presenta la pantalla de autenticación de COSTELAPP, que ofrece dos opciones de acceso: inicio de sesión con correo electrónico y contraseña, o registro de una cuenta nueva. Este módulo está respaldado por Firebase Authentication, que gestiona la verificación de identidad y la creación de sesiones seguras. El sistema bloquea cualquier intento de acceso no autorizado y cumple con el criterio de aceptación definido en la metodología, según el cual la autenticación debe completarse en menos de tres segundos. El diseño de la interfaz fue prototipado previamente en Figma y validado con el grupo piloto durante la fase de diseño y arquitectura del sistema.

Figura 4

Interfaz de inicio de sesión y registro de usuario



Nota. Se muestra la pantalla de inicio de sesión, a través de la cual los conductores pueden ingresar al sistema con sus credenciales o crear una cuenta nueva en caso de no tener un registro activo en la base de datos. Autoría propia (2026).

La Figura 5 ilustra el formulario multipaso del módulo de registro de viajes, estructurado en tres etapas secuenciales con el fin de reducir la carga cognitiva del usuario. El primer paso captura los datos del vehículo y la empresa contratante, incluyendo placa y número de manifiesto. El segundo paso registra la información contable del viaje: toneladas transportadas, valor por tonelada, anticipos y ganancia bruta calculada automáticamente. El tercer paso corresponde al registro de gastos operativos brutos, como ACPM, peajes, suministros y otros rubros identificados durante el análisis de requerimientos. Toda la información se almacena en la colección *viajes* de Firebase Cloud Firestore, con validaciones de campos en tiempo real que aseguran la integridad del dato antes de su envío.

Figura 5

Modulo viaje– formulario multipaso



Registrar Nuevo Viaje
Completa la información del viaje paso a paso

Información Básica Paso 1 de 3

📅 Fecha del Viaje

dd/mm/aaaa

🏢 Empresa

Otra empresa

Escribe el nombre de la empresa

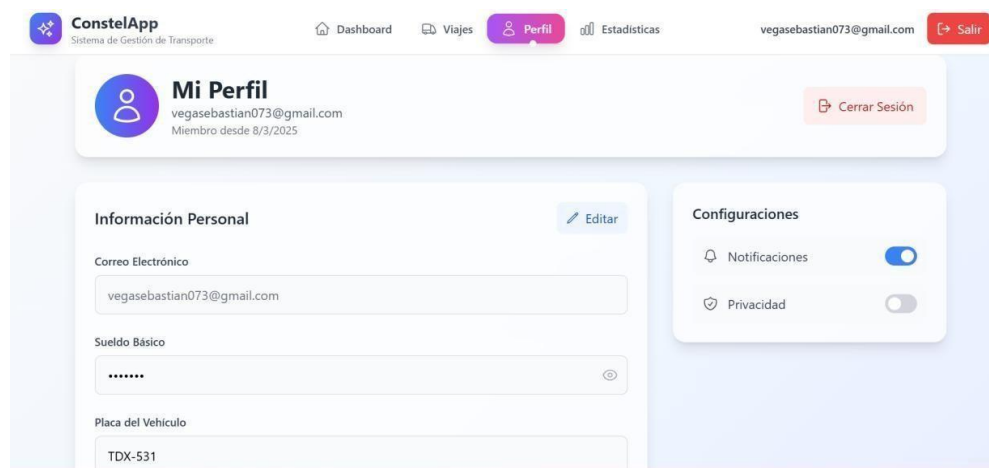
🚗 Placa del Vehiculo

ABC-123

Nota. El módulo de registro de viaje se divide en tres pasos: el primero captura los datos del vehículo y de la empresa. Autoría propia (2026).

En la Figura 6 se muestra el módulo de perfil de COSTELAPP, desde el cual el conductor puede consultar y actualizar su información personal registrada en la colección *users* de Firebase. Los campos editables incluyen el nombre, correo electrónico, salario básico mensual y placa del vehículo. Este módulo cobra especial relevancia en el cálculo de la ganancia final del conductor, ya que el salario básico registrado aquí se descuenta automáticamente del ingreso neto del viaje para determinar la rentabilidad real. Las modificaciones realizadas en el perfil se sincronizan en tiempo real con Firestore, actualizando todos los cálculos dependientes del sistema.

Figura 6
Módulo de perfil del conductor



Nota. El módulo de perfil permite al conductor visualizar y editar sus datos personales, incluyendo correo electrónico, salario básico y placa del vehículo. Autoría propia (2026).

La Figura 7 presenta el módulo de estadísticas de COSTELAPP, desarrollado con la librería Recharts —basada en D3.js— e integrado con React.js. El módulo genera visualizaciones sincronizadas en tiempo real con los datos almacenados en Firestore, e incluye métricas clave como: ganancias del conductor por mes, toneladas cargadas por empresa, distribución porcentual de gastos operativos y clasificación de mejores empresas contratantes por rentabilidad. Este módulo atiende directamente la necesidad identificada durante el diagnóstico, en la que más del 80 % de los participantes reportó dificultades para determinar la rentabilidad real de sus viajes y comparar periodos para planear mantenimiento o inversiones.

Figura 7

Módulo de estadísticas



Nota. El módulo de estadísticas presenta visualizaciones sincronizadas con los datos registrados, que incluyen ganancias del conductor a corto y largo plazo. Autoría propia (2026).

En la Figura 8 se aprecian las funcionalidades adicionales disponibles en el módulo de viajes de COSTELAPP. El sistema permite seleccionar uno o varios registros específicos para aplicar operaciones individualizadas: generación de reportes PDF personalizados por viaje seleccionado, o cálculo de estadísticas parciales para los recorridos escogidos. Esta funcionalidad amplía el alcance del análisis financiero y responde al criterio de aceptación definido para el módulo de generación de PDF, que establece la producción del archivo en menos de diez segundos con formato claro y apto para impresión o presentación ante empresas contratantes.

Figura 8

Funcionalidades adicionales en el módulo de viajes

Fecha	Empresa	Placa	Manifiesto	Toneladas	Valor/T	Ganancia Total	Anticipo	Gastos Totales	Saldo Restante	Ganancia Conductor
6 de oct de 2025	Drummond	KSD-242	34...	34	\$ 200.000	\$ 6.800.000	\$ 3.700.000	\$ 2.761.000	-\$ 939.000	-\$ 463.000
2 de oct de 2025	Carbones del Cerrejón	TDX-531	123...	34.16	\$ 200.000	\$ 6.832.000	\$ 3.600.000	\$ 0	-\$ 3.600.000	-\$ 3.121.760
2 de oct de 2025	Prodeco	SDF-345	25...	34.16	\$ 200.000	\$ 6.832.000	\$ 3.000.000	\$ 3.094.000	\$ 94.000	\$ 572.240
2 de oct de 2025	Carbones del Cerrejón	TDX-531	123...	34	\$ 200.000	\$ 6.800.000	\$ 3.700.000	\$ 0	-\$ 3.700.000	-\$ 3.224.000

Nota. El módulo permite seleccionar viajes específicos para generar reportes en PDF personalizados o calcular estadísticas individuales por recorrido. Autoría propia (2026).

La Figura 9 muestra el módulo de facturación de COSTELAPP, que utiliza la librería jsPDF para generar reportes en formato PDF directamente desde el navegador, sin requerir procesamiento en el servidor. El conductor puede optar por dos tipos de reporte: un informe general que consolida todos los viajes registrados, o un reporte específico filtrado por los viajes seleccionados. Estos documentos incluyen los datos del conductor, la información contable de cada viaje, el resumen de gastos operativos y la ganancia final calculada, constituyendo un soporte formal para la gestión administrativa ante empresas contratantes o para el control financiero personal.

Figura 9

Módulo de facturación y generación de reportes PDF

SOLUCIONES MIKE		FACTURA DE SERVICIOS									
NIT: 123456789-0 Tel: 320 397 4085 Email: vegasebastian073@gmail.com		Factura N°: FAC-251948 Fecha: 17/2/2026 Período: 2 viajes									
INFORMACIÓN DEL CONDUCTOR											
Conductor: vegasebastian073@gmail.com		Salario Base: \$1200000									
Fecha	Empresa	Placa	Manifiesto	Toneladas	Valor/Ton	Ganancia	Anticipo	Gastos	Porcentaje	Saldo	Ganancia Final
2025-04-24	Zafro	TDX-531	2500100002247	34	\$176.000	\$5.984.000	\$4.000.000	\$3.257.100	\$418.880	\$-742.900	\$-324.020
2025-03-29	Cootrasvalle	TDX-531	2500109619567	34.16	\$175.000	\$5.978.000	\$3.800.000	\$3.460.400	\$418.460	\$-339.600	\$78.860
RESUMEN FINANCIERO											
Total Porcentajes: \$837.340						Saldo Restante: \$-1.082.500					
Ganancia del Conductor: \$-245.160						Meses Trabajados: 2 meses					
SALARIO TOTAL (Base + Ganancias):						\$2.154.840					

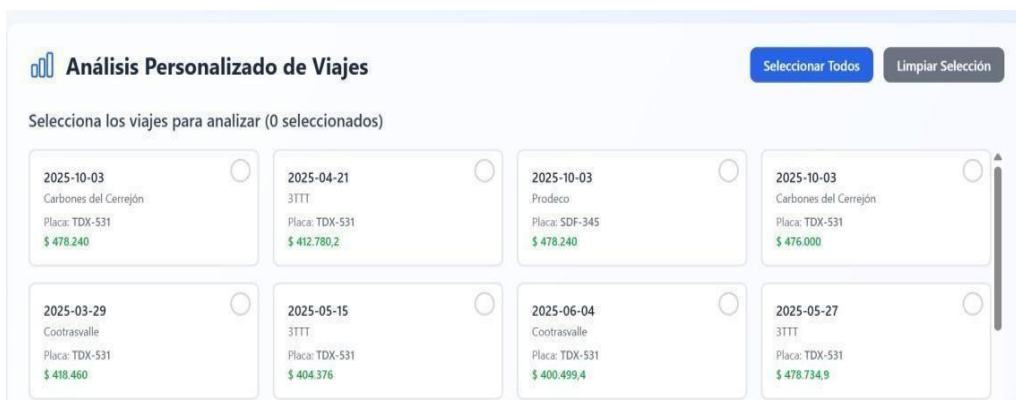
Nota. El módulo de facturación genera automáticamente reportes en formato PDF según la selección del conductor, con la opción de producir reportes generales o específicos por viaje.

Autoría propia (2026).

En la Figura 10 se presentan las funcionalidades avanzadas del módulo de estadísticas, que permiten al conductor seleccionar un subconjunto específico de viajes para obtener análisis segmentados. Las métricas generadas para la selección incluyen ganancia total acumulada, evolución temporal de ingresos, distribución porcentual de los gastos operativos y comparación de rentabilidad entre los registros escogidos. Esta funcionalidad complementa las estadísticas globales del sistema y facilita el análisis de rutas o clientes específicos, respondiendo a una de las preguntas clave identificadas en el planteamiento del problema: ¿qué clientes o rutas resultan más rentables?

Figura 10

Estadísticas avanzadas personalizadas



Nota. Las funcionalidades avanzadas de estadísticas permiten seleccionar viajes específicos para obtener datos precisos como ganancias por viaje etc... Autoría propia (2026).

La Figura 11 ilustra el módulo de edición de COSTELAPP, que permite al conductor modificar cualquier campo de un viaje previamente almacenado en Firebase Cloud Firestore. Esta funcionalidad atiende el requerimiento funcional de actualización de registros definido en la fase de análisis, cubriendo situaciones como correcciones de datos contables, ajustes en los gastos operativos o cambios en la información del vehículo. Tras guardar los cambios, el sistema recalcula automáticamente las ganancias y actualiza los valores reflejados en el módulo de estadísticas, garantizando la consistencia de la información en toda la plataforma.

Figura 11

Módulo de edición de viajes registrados

Editar Viaje
✕

Información Básica

<p>📅 Fecha del Viaje</p> <input style="width: 95%; border: 1px solid #ccc; padding: 5px;" type="text" value="07/10/2025"/>	<p>🏢 Empresa</p> <input style="width: 95%; border: 1px solid #ccc; padding: 5px;" type="text" value="Drummond"/>
<p>🚗 Placa del Vehículo</p> <input style="width: 95%; border: 1px solid #ccc; padding: 5px;" type="text" value="KSD-242"/>	<p>📄 Número de Manifiesto</p> <input style="width: 95%; border: 1px solid #ccc; padding: 5px;" type="text" value="3434577794"/>

Detalles del Viaje

<p>💰 Valor por Tonelada</p> <input style="width: 95%; border: 1px solid #ccc; padding: 5px;" type="text" value="\$ 200.000"/>	<p>📊 Toneladas Cargadas</p> <input style="width: 95%; border: 1px solid #ccc; padding: 5px;" type="text" value="34"/>	<p>📄 Anticipo</p> <input style="width: 95%; border: 1px solid #ccc; padding: 5px;" type="text" value="\$ 3.700.000"/>
---	---	---

Nota. El módulo de edición permite al conductor modificar los datos previamente almacenados en Firebase Cloud Firestore en caso de errores de registro o cambios en la información del viaje.

Autoría propia (2026).

La Figura 12 muestra el motor de búsqueda integrado en el módulo de viajes de COSTELAPP. La funcionalidad permite filtrar los registros por nombre de empresa, fecha o placa del vehículo, retornando coincidencias parciales en tiempo real a medida que el usuario escribe, de forma similar a un buscador convencional. Esto responde al criterio de aceptación definido para búsqueda y filtros, que establece resultados con precisión del 100 % en menos de tres segundos. El motor de búsqueda se apoya en las consultas indexadas configuradas en Firestore, lo que garantiza tiempos de respuesta óptimos incluso ante un volumen creciente de registros.

Figura 12

Funcionalidad de búsqueda inteligente en el módulo de viajes



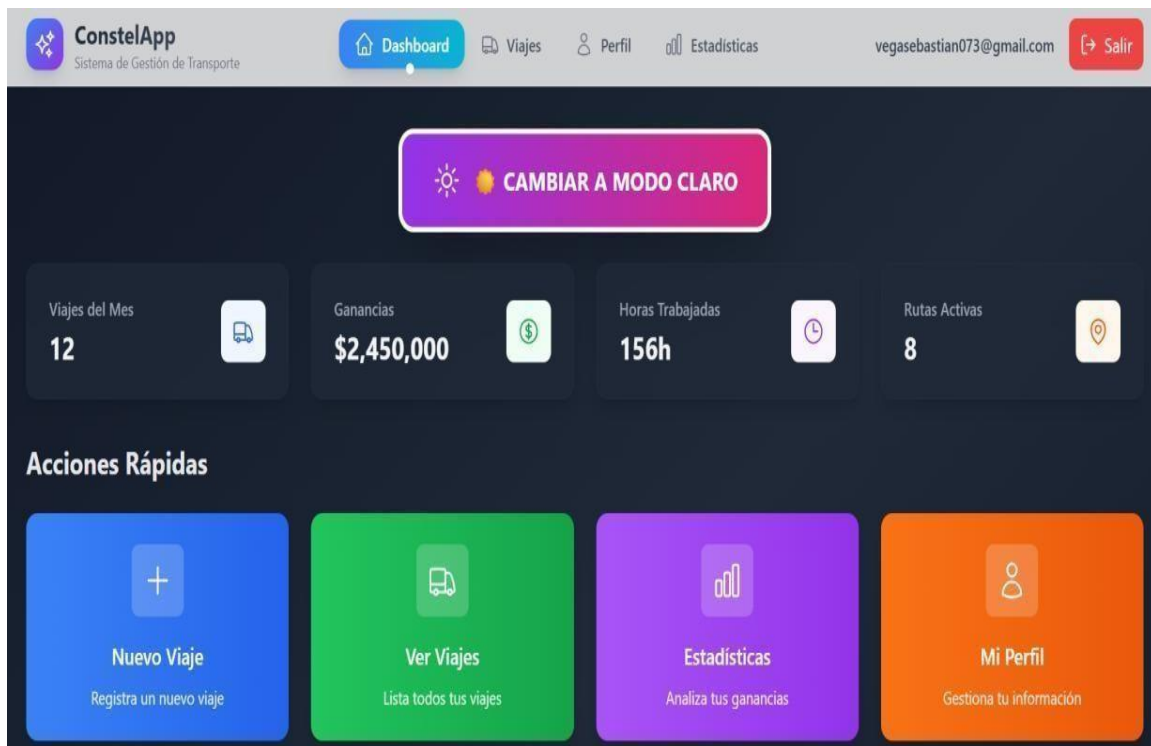
Nota. El motor de búsqueda permite localizar viajes por nombre de empresa, fecha o placa, retornando coincidencias parciales de forma similar a un motor de búsqueda convencional.

Autoría propia (2026).

En la Figura 13 se presenta la interfaz de COSTELAPP en modo oscuro, funcionalidad implementada mediante las utilidades de Tailwind CSS y gestionada a través del estado global de la aplicación en React.js. El modo oscuro reduce la fatiga visual en condiciones de alta luminosidad ambiental —frecuentes en la actividad de conductores— y ofrece una experiencia de uso más cómoda en dispositivos móviles durante largos periodos.

Figura 13

Funcionalidad de modo oscuro

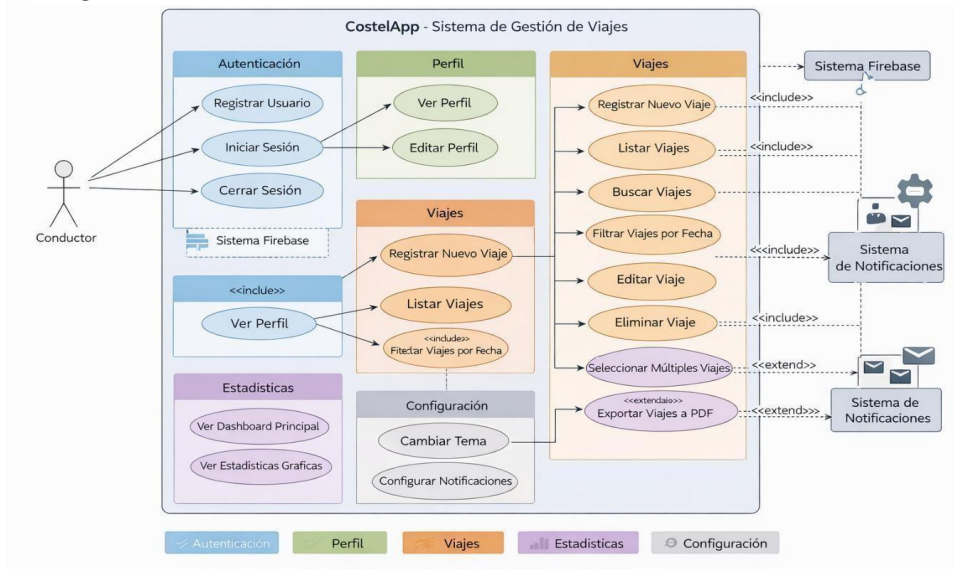


Nota. El sistema incluye un modo oscuro que mejora la experiencia visual en condiciones de alta luminosidad y ofrece una interfaz más moderna y cómoda para el usuario. Autoría propia (2026).

La Figura 14 presenta el diagrama de casos de uso de COSTELAPP, que modela las interacciones del actor principal —el conductor— con los módulos del sistema. Los casos de uso identificados abarcan: autenticación y gestión de sesión, registro y edición de viajes mediante el formulario multipaso, consulta del módulo de estadísticas, búsqueda y filtrado de registros, generación de reportes PDF y gestión del perfil personal. Este diagrama fue elaborado durante la Fase 2 de diseño y arquitectura, y sirvió como base para la definición de los criterios de aceptación por módulo y para la priorización de las historias de usuario en los ciclos de desarrollo de la metodología XP.

Figura 14

Diagrama de casos de uso

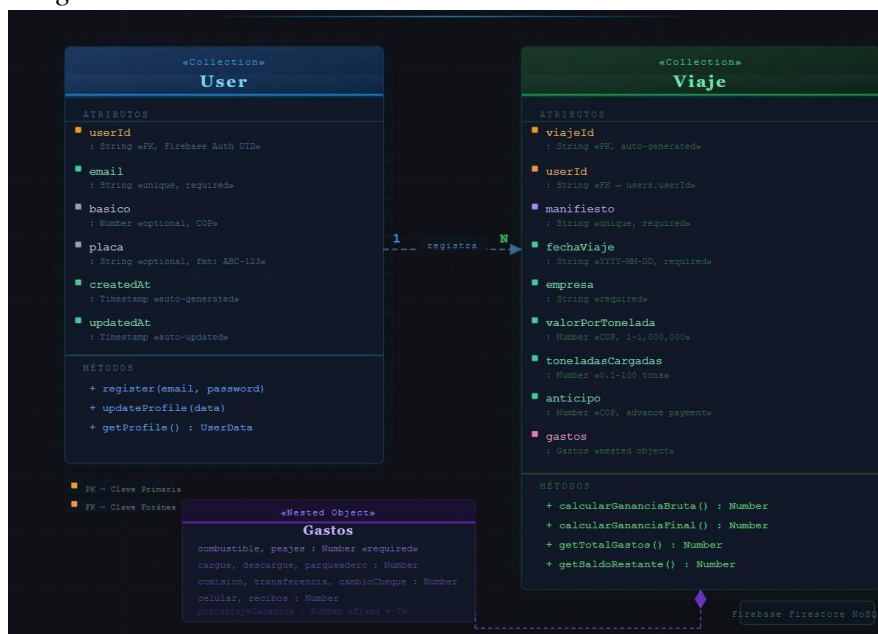


Nota. El diagrama de casos de uso representa la interacción del conductor con el sistema CostelApp, mostrando las principales funcionalidades organizadas por módulos. Autoría propia (2026).

En la Figura 15 se presenta el diagrama de clases UML de COSTELAPP, que modela las entidades del sistema y sus relaciones. La clase *User* agrupa los atributos del perfil del conductor almacenados en la colección *users* de Firestore. La clase *Viaje* concentra los campos del formulario multipaso, y se relaciona con la clase *Gastos* a través de un objeto anidado que consolida los rubros operativos. La relación entre *User* y *Viaje* es de 1:N, dado que un conductor puede registrar múltiples viajes. Es importante señalar que los atributos derivados —ganancia bruta, ganancia final y saldo restante— no se persisten en la base de datos; se calculan en tiempo real en el frontend mediante funciones de React.js, optimizando el almacenamiento y asegurando que los valores siempre reflejen el estado actualizado de los datos.

Figura 15

Diagrama de clases UML

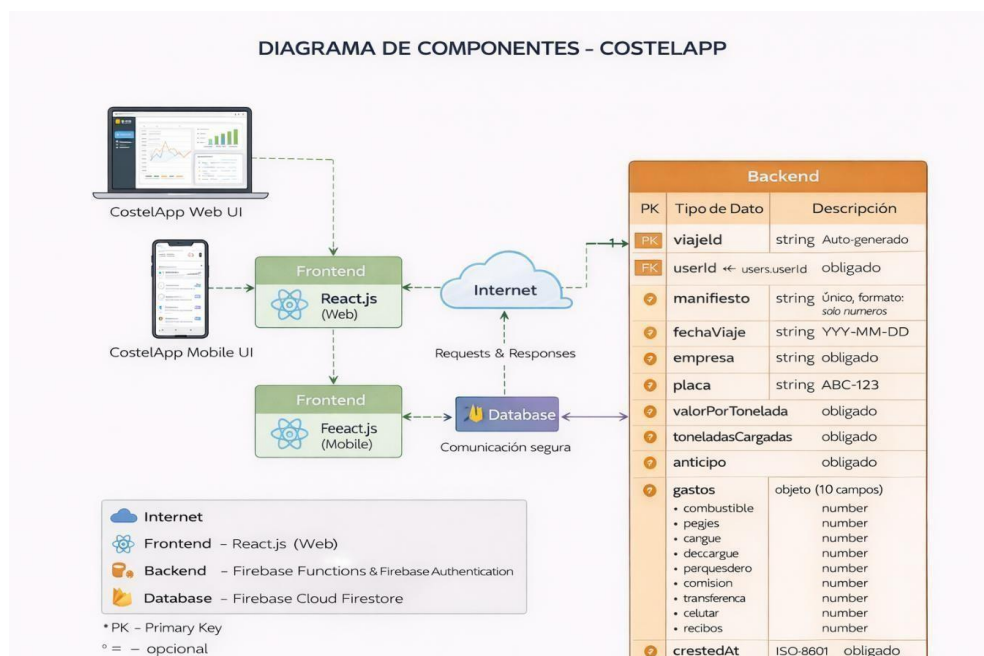


Nota. El diagrama de clases UML representa el modelo de datos de CostelApp. Autoría propia (2026).

La Figura 16 presenta el diagrama de componentes de COSTELAPP, que describe la arquitectura general del sistema y las relaciones entre sus capas. La capa de presentación está compuesta por los componentes React.js que conforman la interfaz de usuario: módulo de autenticación, módulo de viajes, módulo de estadísticas, módulo de facturación y módulo de perfil. La capa de lógica de negocio gestiona los cálculos financieros automáticos, las validaciones de formularios y el control de estado global de la aplicación. La capa de datos se comunica con Firebase a través del SDK, gestionando operaciones CRUD sobre las colecciones *users* y *viajes* en Cloud Firestore, y delegando la autenticación a Firebase Authentication. Esta separación por capas garantiza la escalabilidad, mantenibilidad y modularidad del sistema.

Figura 16

Diagrama de componentes

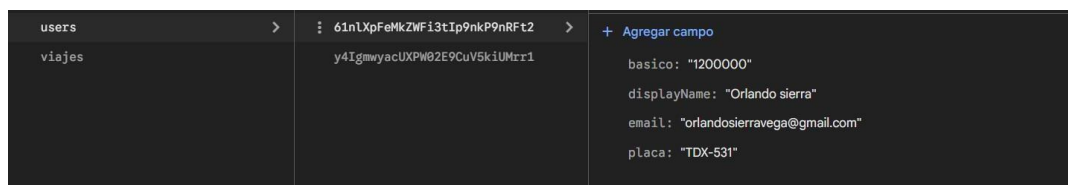


Nota. El diagrama de componentes presenta la arquitectura general del sistema CostelApp, identificando los módulos principales y su interacción. Se observa la separación entre la capa de presentación, la lógica de negocio y la capa de datos. Esta organización permite un sistema escalable, mantenible y eficiente. Autoría propia (2026).

En la Figura 17 se detalla la estructura de un documento de la colección *users* en Firebase Cloud Firestore. Cada documento está identificado por el UID generado por Firebase Authentication y contiene los campos: *nombre* (string), *correo* (string), *salarioBasico* (number) y *placa* (string). El campo *salarioBasico* resulta fundamental para los cálculos de ganancia final del conductor, ya que es deducido automáticamente del ingreso neto de cada viaje.

Figura 17

Estructura de la colección users en Firebase



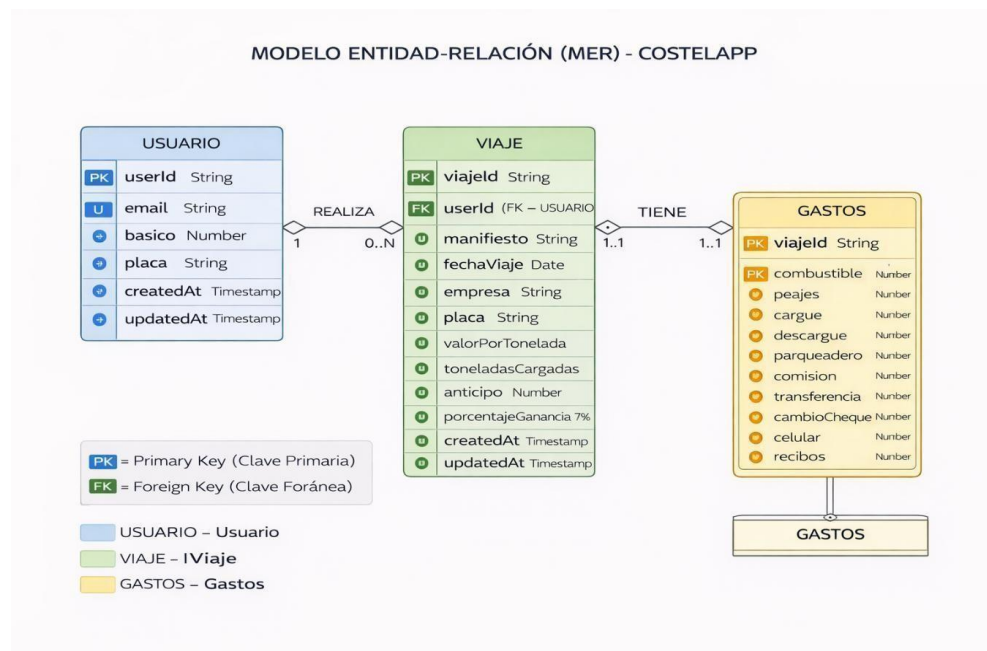
Nota. La colección *users* almacena datos básicos del conductor mediante identificadores únicos.

Autoría propia (2026).

En la Figura 18 se presenta el Modelo Entidad-Relación (MER) de COSTELAPP, que formaliza las entidades del sistema y sus vínculos lógicos. La entidad USUARIO contiene como clave primaria el *userId* (PK) y los atributos *nombre*, *correo*, *salarioBasico* y *placa*. La entidad VIAJE tiene como clave primaria el *viajeId* (PK), referencia al *userId* como clave foránea (FK) y concentra todos los campos del formulario multipaso. La entidad GASTOS se relaciona con VIAJE en cardinalidad 1:1 y contiene los rubros operativos como objeto anidado. La relación entre USUARIO y VIAJE es de 1:N, reflejando que un conductor puede registrar múltiples viajes. Este modelo garantiza la integridad referencial, la unicidad de los registros y la consistencia de la información en toda la plataforma

Figura 18

Modelo entidad-relación (MER)



Nota. El Modelo Entidad-Relación (MER) de CostelApp define las entidades USUARIO, VIAJE y GASTOS con sus atributos, claves primarias (PK), claves foráneas (FK) y restricciones de unicidad. Autoría propia (2026).