



Universidad Politécnica  
de Madrid



**Escuela Técnica Superior de  
Ingenieros Informáticos**

Grado en Ingeniería Informática

Trabajo Fin de Grado

**Análisis de Usabilidad y Accesibilidad en  
Aplicaciones de Transporte y su  
Posterior Rediseño desde un Enfoque  
Técnico**

Autor: Jaime Rosendo García

Tutor(a): Angélica de Antonio Jiménez

Madrid, Febrero 2024

Este Trabajo Fin de Grado se ha depositado en la ETSI Informáticos de la Universidad Politécnica de Madrid para su defensa.

*Trabajo Fin de Grado*

*Grado en Ingeniería Informática*

*Título:* Repercusión Económica y Social de la Usabilidad y Accesibilidad  
Deficientes en las Apps de transporte

Febrero 2024

*Autor:* Jaime Rosendo García

*Tutor:*

Angélica de Antonio Jiménez

LENGUAJES Y SISTEMAS INFORMÁTICOS E INGENIERÍA DE  
SOFTWARE

ETSI Informáticos

Universidad Politécnica de Madrid

## **Agradecimientos**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han contribuido al desarrollo de este trabajo de fin de grado.

En primer lugar, agradezco profundamente a mi tutora, Angélica de Antonio, por su constante guía, apoyo y valiosos consejos durante todo el proceso. Su experiencia y dedicación han sido fundamentales para la realización de este proyecto.

A mis profesores y profesoras del departamento, quienes me han brindado una educación de calidad y me han inspirado a lo largo de mi carrera académica. En especial a Ricardo Imbert, el cual gracias a su conocimiento y entusiasmo por la asignatura de Interacción Persona-Ordenador, despertaron en mí una fuerte admiración a la experiencia de usuario.

A mi familia, por su amor incondicional, paciencia y comprensión. Su apoyo emocional ha sido un pilar fundamental en este camino. En especial, quiero agradecer a mis padres María Victoria y Fernando, cuya ayuda tanto material como emocional y cuyo aliento han sido inestimables.

A mis compañeros y compañeras de clase, por su apoyo, consejos y las fructíferas discusiones que han enriquecido mi perspectiva. Su colaboración ha sido invaluable.

Finalmente, a mis amigos y amigas, por estar siempre ahí, brindándome su apoyo y comprensión en los momentos de mayor desafío. Sus palabras de ánimo y su compañía y sus planes para desconectar han sido cruciales para mantenerme enfocado y motivado.

A todos ustedes, muchas gracias. Este logro no habría sido posible sin su contribución y apoyo.

## **Resumen**

Este documento presenta la especificación, planificación e implementación del proyecto de Trabajo de Fin de Grado (TFG) realizado por Jaime Rosendo García en el contexto de las aplicaciones móviles de transporte, con un enfoque específico en Renfe. El objetivo principal del proyecto es analizar la usabilidad y accesibilidad de estas aplicaciones, proponiendo estrategias de rediseño técnico para mejorar la experiencia del usuario.

A través de una serie de objetivos específicos, se lleva a cabo una evaluación exhaustiva de la aplicación móvil de Renfe, incluyendo pruebas de usuario y análisis heurístico para identificar áreas de mejora en la navegación, búsqueda de información, proceso de reserva y otras funcionalidades clave. Además, se analiza la accesibilidad de la aplicación para personas con discapacidades, evaluando su cumplimiento con las pautas de accesibilidad.

El proyecto también incluye la propuesta y la implementación de un plan de rediseño técnico, que abarca recomendaciones para mejorar la usabilidad y accesibilidad, como la optimización de la interfaz de usuario y la implementación de tecnologías de asistencia. Finalmente, se evalúa el impacto del rediseño en la experiencia del usuario y se presentan conclusiones y recomendaciones basadas en los resultados obtenidos.

Este resumen sirve como una introducción concisa y completa al TFG, ofreciendo una visión general de los objetivos, métodos y resultados del proyecto.

Palabras clave:

Renfe, usabilidad, accesibilidad

## **Abstract**

This document presents the specification, planning, and implementation of the Bachelor's Thesis Project (BTP) conducted by Jaime Rosendo García in the context of mobile transportation applications, with a specific focus on Renfe. The main objective of the project is to analyse the usability and accessibility of these applications, proposing technical redesign strategies to enhance user experience.

Through a series of specific objectives, a comprehensive evaluation of the Renfe mobile application is carried out, including user testing and heuristic analysis to identify areas for improvement in navigation, information retrieval, booking process, and other key functionalities. Additionally, the accessibility of the application for people with disabilities is analysed, assessing its compliance with accessibility guidelines.

The project also includes the proposal and implementation of a technical redesign plan, encompassing recommendations to enhance usability and accessibility, such as interface optimization and the implementation of assistive technologies. Finally, the impact of the redesign on user experience is evaluated, and conclusions and recommendations based on the results are presented.

This summary serves as a concise and comprehensive introduction to the BTP, providing an overview of the objectives, methods, and outcomes of the project.

Keywords:

Renfe, usability, accessibility

# Índice de Contenido

<b>1. Introducción</b>	8
1.1 Contextualización del problema de investigación	8
1.2 Justificación de la relevancia del estudio	8
1.3 Objetivos generales y específicos	8
1.4 Alcance y estructura del trabajo	9
<b>2. Estado de la cuestión</b>	10
2.1 Concepto de usabilidad	10
2.2 Teorías y modelos relacionados con la experiencia del usuario	11
<b>3. Metodología</b>	14
3.1 Descripción detallada de los métodos de investigación utilizados	14
3.2 Explicación de la selección de la muestra y los criterios de inclusión	16
3.3 Proceso de recolección y análisis de datos	17
<b>4. Análisis de la Usabilidad en la Aplicación de Renfe</b>	18
4.1 Pruebas de Usabilidad	18
4.1.1 Resultados de las pruebas	18
4.1.2 Evaluación de la navegación y funcionalidades clave	21
4.2 Análisis Heurístico	22
4.2.1 Identificación de problemas de usabilidad	22
4.2.2 Comparativa con estándares y buenas prácticas	38
4.3 Accesibilidad	42
4.3.1 Evaluación del cumplimiento con pautas de accesibilidad WCAG	42
4.3.2 Pruebas con usuarios con discapacidades	48
<b>5. Rediseño de la Aplicación de Renfe</b>	51
5.1 Identificación de áreas de mejora	51
5.2 Propuestas de rediseño técnico	52
5.3 Implementación de mejoras y prototipado	55
<b>6. Evaluación del Impacto del Rediseño</b>	63
6.1 Recopilación y análisis de datos pre y post-rediseño	63
6.2 Evaluación de la efectividad de las mejoras	64

<b>7. Conclusiones</b> .....	65
7.1 Recapitulación de los hallazgos clave.....	65
7.2 Reflexión sobre la importancia del rediseño en la usabilidad .....	66
7.3 Contribuciones del estudio y futuras líneas de trabajo .....	67
<b>8. Bibliografía</b> .....	69
<b>9. Anexos</b> .....	72

## Índice de Ilustraciones y Tablas

Ilustración 1. Representación gráfica de la usabilidad a través de sus tres dimensiones. Fuente: Elaboración propia.....	11
Ilustración 2. Tabla de resultados de las pruebas de usabilidad y accesibilidad a usuarios. Fuente: Elaboración propia.....	20
Ilustración 3. Sección de inicio de la página web de Renfe. Fuente: Renfe (2024) .....	23
Ilustración 4. Sección Inicio de Sesión de la web Renfe. Fuente: (Renfe, 2024) .....	24
Ilustración 5. Ventana emergente de error de Captcha. Fuente: (Renfe, 2024) .....	25
Ilustración 6. Informe de la web de Renfe según un analizador de velocidad online. Fuente: (PageSpeed Insights, 2024) .....	26
Ilustración 7. Un valor adecuado para el LPC es 2.5 o inferior. Fuente: (web.dev, 2024) .....	27
Ilustración 8. Un valor adecuado para el FCP es 1.8 o inferior.....	27
Ilustración 9. Fotografías pesadas con formato .jpg en la web de Renfe. Fuente: Renfe (2024) .....	28
Ilustración 10. Uso de evento unload para la optimización de la página. Fuente: Renfe (2024).....	29
Ilustración 11. Uso de evento unload para la optimización de la página. Fuente: Renfe (2024).....	29
Ilustración 12.. Uso de evento unload para la optimización de la página. Fuente: Renfe (2024).....	29
Ilustración 13. Página de inicio de la web de Renfe. Fuente: Renfe (2024) .....	31
Ilustración 14. Código de error de Renfe. Fuente: Renfe (2024).....	32
Ilustración 15. Resumen detallado del viaje seleccionado de Renfe. Fuente: Renfe (2024).....	32
Ilustración 16. Apartado de descuentos en la pantalla de resumen del viaje de Renfe. Fuente: <a href="http://www.renfe.com">www.renfe.com</a> .....	33
Ilustración 17. Fase de selección de origen, destino y fecha y fase de elegir tren de ida. Fuente: Renfe App (2024) .....	34
Ilustración 18. Opciones de personalización de viaje en la aplicación de Renfe. Fuente: Renfe App (2024) .....	35
Ilustración 19. Mensaje de error de insuficientes plazas en la aplicación de Renfe. Fuente: Renfe App (2024) .....	35
Ilustración 20. Ventana emergente de selección de pasajeros en la app de Renfe. Fuente: Renfe App (2024) .....	36
Ilustración 21. Comparativa de dos botones en la app de Renfe, uno seleccionable y otro no. Fuente: Renfe App (2024).....	37
Ilustración 22. Aplicación móvil de Airbnb. Fuente: (Airbnb Newsroom, 2024) .....	38



Ilustración 23. Aplicación móvil de Google Maps. Fuente: (Motorpasionmoto, 2022) .....	39
Ilustración 24. Ejemplo de mapa de navegación de Netflix. Fuente: (Behance, 2021) .....	39
Ilustración 25. Prototipo de aplicación móvil de Be My Eyes. Fuente: (Vonage, 2024) .....	40
Ilustración 26. Prototipo de aplicación móvil de Trainline. Fuente: (Capture Expenses, 2022).....	40
Ilustración 27. Prototipo de aplicación móvil de Medium. Fuente: (Xataka Android, 2015).....	41
Ilustración 28. Resultados de Renfe tras el Validador Oficial de W3C. Fuente: W3C (2022).....	43
Ilustración 29. Etiqueta onLoad escrita incorrectamente en el HTML de Renfe. Fuente: Renfe (2024).....	44
Ilustración 30. Código XHTML de la función Buscador de la web de Renfe. Fuente: Renfe (2024).....	44
Ilustración 31. Etiquetas input escritas en mayúsculas en el código Html de la web de Renfe. Fuente: Renfe (2024).....	45
Ilustración 32. Sección de Inicio en la página web de inicio versión 2019. Fuente: Renfe (2024).....	45
Ilustración 33. Código html de la página "Redes Sociales" de la web de Renfe. Fuente: Renfe (2024).....	46
Ilustración 34. Resultados de TAW, herramienta de evaluación de accesibilidad. Fuente: taw (2022) .....	46
Ilustración 35. Página de selección de origen y destino en la web de Renfe. Fuente: Renfe (2024).....	47
Ilustración 36. Página de selección de origen y destino en la web de Renfe. Fuente: Renfe (2024).....	47
Ilustración 37. Esquema de tipos de discapacidad. ....	49
Ilustración 38. Tabla de identificación de áreas de mejora y recomendaciones de soluciones en la aplicación de Renfe. Fuente: Elaboración propia.....	51
Ilustración 39. Esquema del mapa de navegación de la app actual de Renfe. Fuente: Elaboración propia.....	54
Ilustración 40. Esquema del mapa de navegación del rediseño de la app de Renfe. Fuente: Elaboración propia .....	54
Ilustración 41. Paleta de colores utilizada en el rediseño. #59588c y degradados hasta #ffffff. Fuente: Elaboración propia.....	55
Ilustración 42. Iconos utilizados en el prototipo. Fuente: Flaticon.....	56
Ilustración 43. Prototipo de baja fidelidad para el rediseño de Renfe. Fuente: Elaboración propia mediante ProCreate .....	57
Ilustración 44. Diseño del fondo del prototipo de alta fidelidad. Fuente: Elaboración propia mediante Figma .....	58
Ilustración 45. Flujo de atención de usuario en forma Z. Fuente: (Medium, 2020) .....	59
Ilustración 46. Ejemplo de navegación vertical aplicado en mi rediseño de Renfe. Fuente: Elaboración propia mediante Figma.....	59

Ilustración 47. Distribución de la forma en la que los usuarios utilizan el teléfono. Fuente: (UXmatters, 2013) .....	60
Ilustración 48. Validación de identidad por SMS. Fuente: Elaboración propia mediante Figma .....	60
Ilustración 49. Servicio de asistencia integrado en la app de Renfe. Fuente: Elaboración propia mediante Figma .....	61
Ilustración 50. Funcionalidad "Fechas flexibles" y "Explora cualquier lugar". Fuente: Elaboración propia mediante Figma .....	62
Ilustración 51. Tabla comparativa de resultados de las pruebas a usuarios antes y después del rediseño de la app. Fuente: Elaboración Propia .....	63

# **1. Introducción**

## **1.1 Contextualización del problema de investigación**

El contexto actual ha presenciado un aumento significativo en la dependencia de las aplicaciones móviles de transporte para facilitar la movilidad y la planificación de viajes de manera eficiente. Sin embargo, esta conveniencia puede verse obstaculizada por desafíos relacionados con la usabilidad y la accesibilidad de estas aplicaciones, particularmente en el caso de la app de Renfe. Es crucial comprender en profundidad los problemas que enfrentan los usuarios al interactuar con estas plataformas digitales para identificar áreas de mejora y promover una experiencia más satisfactoria.

## **1.2 Justificación de la relevancia del estudio**

La relevancia de este estudio radica en la importancia creciente de las aplicaciones móviles de transporte en la vida cotidiana de las personas y en el impacto significativo que la usabilidad y accesibilidad de estas aplicaciones pueden tener en la experiencia del usuario y en la percepción pública de las empresas. En particular, el enfoque en Renfe responde a la necesidad de mejorar la experiencia de los usuarios de una de las principales empresas de transporte, lo que podría traducirse en beneficios económicos y sociales sustanciales.

## **1.3 Objetivos generales y específicos**

### **Objetivo general**

El objetivo general de este trabajo es analizar la usabilidad y accesibilidad de las aplicaciones móviles de transporte, con un enfoque específico en Renfe y Ryanair, y proponer estrategias de rediseño desde una perspectiva técnica para mejorar la experiencia del usuario.

### **Objetivos específicos**

1. Evaluar la usabilidad de la aplicación móvil de Renfe mediante pruebas de usuario y análisis heurístico, identificando áreas de mejora en la navegación, la búsqueda de información, el proceso de reserva y otras funcionalidades clave.

2. Analizar la accesibilidad de la aplicación de Renfe para personas con discapacidades, evaluando su cumplimiento con las pautas de accesibilidad e identificando posibles barreras que impidan el acceso equitativo a los servicios de transporte.
3. Proponer un plan de rediseño técnico para la aplicación móvil de Renfe, que incluya recomendaciones específicas para mejorar la usabilidad y accesibilidad, como la optimización de la interfaz de usuario, la implementación de tecnologías de asistencia y la mejora de la compatibilidad con lectores de pantalla y dispositivos de asistencia.
4. Implementar las mejoras propuestas en la aplicación de Renfe y realizar pruebas de validación para evaluar su efectividad en la mejora de la experiencia del usuario y la accesibilidad.
5. Evaluar el impacto del rediseño en la experiencia del usuario y la percepción pública de la aplicación de Renfe, mediante la recopilación de datos de usuarios y análisis de reseñas y opiniones en línea.
6. Presentar conclusiones y recomendaciones basadas en los resultados del análisis de usabilidad y accesibilidad, destacando las lecciones aprendidas y las mejores prácticas para el diseño de aplicaciones de transporte inclusivas y fáciles de usar.

## **1.4 Alcance y estructura del trabajo**

El alcance de este trabajo se limita a la evaluación de la usabilidad y accesibilidad de la aplicación móvil de Renfe, así como al diseño e implementación de mejoras para abordar las deficiencias identificadas. Se excluye el análisis de otras aplicaciones de transporte, como la de Ryanair, para centrar los recursos en un solo caso de estudio y garantizar un análisis exhaustivo.

La estructura del trabajo consta de una introducción seguida de una revisión del estado de la cuestión, donde se abordan conceptos relevantes sobre usabilidad en aplicaciones móviles. Luego se detalla la metodología utilizada, seguida de un análisis de la usabilidad en la aplicación de Renfe y el proceso de rediseño de la misma. Posteriormente, se evalúa el impacto del rediseño y se presentan las conclusiones del estudio, seguidas de una bibliografía y anexos complementarios.

## 2. Estado de la cuestión

### 2.1 Concepto de usabilidad

La usabilidad es un elemento esencial en el diseño y desarrollo de aplicaciones y sitios web. Este concepto se refiere a la facilidad con la que los usuarios pueden interactuar con un sistema, entendiendo su funcionamiento y logrando sus objetivos de manera eficiente y satisfactoria. La noción de usabilidad en el ámbito tecnológico comenzó a ganar prominencia en la década de 1970, cuando Harlan Crowder, un ingeniero de IBM, subrayó la importancia de que los sistemas informáticos fueran accesibles y comprensibles para los usuarios. Este enfoque se reflejó en el término "*user-friendly*" (amigable para el usuario), que se utilizó para describir la capacidad de los sistemas para interactuar de manera intuitiva con las personas.

Inicialmente, compañías pioneras como Apple, Microsoft y Xerox adoptaron el concepto de "*user-friendly*" en sus productos, promoviendo interfaces más accesibles y comprensibles. Sin embargo, con el tiempo, el término se volvió subjetivo y carecía de una definición precisa y estandarizada, lo que llevó a la comunidad de ergonomía del software a desarrollar el concepto más riguroso de usabilidad en los años 80.

A principios de los años 80, la expresión "*user-friendly*" comenzó a carecer de precisión, lo que llevó al ámbito de la ergonomía del software a acuñar el concepto de usabilidad. Sin embargo, durante las décadas de los 80 y 90, surgieron diversas perspectivas para entender y medir la usabilidad:

- I. Perspectiva centrada en el producto, que considera las características ergonómicas del producto.
- II. Perspectiva centrada en el usuario, que evalúa el esfuerzo mental y las actitudes del usuario.
- III. Perspectiva centrada en la ejecución, que analiza el resultado del uso del producto.
- IV. Perspectiva centrada en el contexto de uso, que reconoce que la usabilidad puede variar según las condiciones específicas de los usuarios, las tareas y los entornos.

Esta diversidad de perspectivas dificultó la discusión entre expertos y obstaculizó el trabajo de los profesionales, lo que llevó a esfuerzos por reconciliar estas orientaciones y establecer una definición formal de usabilidad.

En las últimas décadas cobra una vital importancia el rol de Jakob Nielsen, un destacado experto en el campo, que ha formulado principios heurísticos que guían el diseño y evaluación de interfaces.

Además de los mencionados Jakob Nielsen, cuyos principios serán la base en este estudio, y Crowder, otros pioneros en el campo de la usabilidad incluyen

a Don Norman, quien introdujo el concepto de "diseño centrado en el usuario" y es autor del influyente libro "The Design of Everyday Things". Ben Shneiderman, conocido por su trabajo en interfaces de usuario directas y el desarrollo de principios de diseño de interfaces, también ha contribuido significativamente al campo.

La norma internacional ISO 9241-210 sobre diseño centrado en las personas ofrece la definición más aceptada en la actualidad:

"Grado en el que un sistema, producto o servicio puede ser usado por usuarios específicos para conseguir metas específicas con eficacia, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso específico."

## 2.2 Teorías y modelos relacionados con la experiencia del usuario.

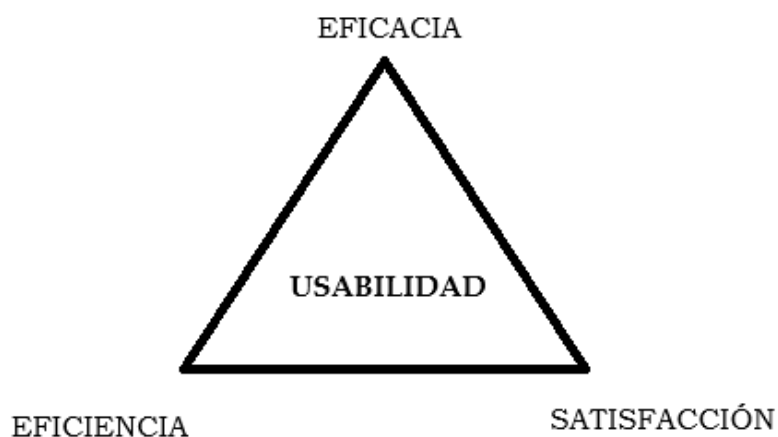
La definición anterior resalta tres dimensiones que contribuyen a la usabilidad:

**Eficacia:** se refiere al grado de cumplimiento y precisión con el que los usuarios alcanzan sus metas específicas.

**Eficiencia:** implica el equilibrio entre los recursos utilizados y los resultados obtenidos.

**Satisfacción:** indica en qué medida las respuestas físicas, cognitivas y emocionales del usuario satisfacen sus necesidades y expectativas.

Estas dimensiones configuran el espacio tridimensional de la usabilidad, donde el espacio contenido está determinado por la interacción de estos tres elementos (Madrid, 2020).



*Ilustración 1. Representación gráfica de la usabilidad a través de sus tres dimensiones. Fuente: Elaboración propia*

## **Principios de usabilidad de Jacob Nielsen**

Jacob Nielsen es un experto en usabilidad y un pionero en el campo del diseño centrado en el usuario. Es conocido por desarrollar una serie de heurísticas de usabilidad que ayudan a identificar problemas comunes en el diseño de interfaces y proporcionar pautas para mejorar la experiencia del usuario. Algunos de los principios clave de Nielsen incluyen:

1. **Visibilidad del estado del sistema:** Los usuarios siempre deben estar informados sobre qué está sucediendo en el sistema a través de retroalimentación adecuada en tiempo real.
2. **Coincidencia entre el sistema y el mundo real:** El lenguaje, los conceptos y las acciones dentro del sistema deben reflejar el mundo real para facilitar la comprensión y la interacción.
3. **Control del usuario y libertad:** Los usuarios deben tener la libertad de deshacer acciones no deseadas y navegar fácilmente por el sistema sin sentirse atrapados.
4. **Consistencia y estándares:** El diseño de la interfaz debe seguir convenciones y estándares establecidos para garantizar que los usuarios se sientan cómodos y familiarizados con el sistema.
5. **Prevención de errores:** Se deben tomar medidas para evitar que los usuarios cometan errores graves, proporcionando confirmaciones y protecciones contra acciones inadvertidas.
6. **Reconocimiento en lugar de recordar:** Se debe minimizar la carga de memoria del usuario, presentando información y opciones de manera clara y visible en lugar de requerir que los usuarios recuerden información específica.
7. **Flexibilidad y eficiencia de uso:** El sistema debe adaptarse a diferentes niveles de experiencia y permitir a los usuarios realizar tareas de manera eficiente una vez que se familiarizan con él.

Nielsen también es conocido por su metodología de evaluación de la usabilidad, que incluye técnicas como pruebas de usabilidad, inspecciones heurísticas y análisis de datos de comportamiento del usuario. Estas metodologías se utilizan para identificar problemas de usabilidad y mejorar el diseño de productos y sistemas (Arenzana, 2022).

Para evaluar la usabilidad de un sistema, se utilizan diversas métricas que permiten medir su efectividad, eficiencia y satisfacción. Algunas de las métricas más comunes incluyen la tasa de éxito de la tarea, el tiempo de tarea, la tasa de error, la de error, la de abandono, la de retención, la satisfacción del usuario o el número de clics (Moran, 2023).



## 3. Metodología

### 3.1 Descripción detallada de los métodos de investigación utilizados

La metodología para abordar los objetivos específicos de este Trabajo de Fin de Grado se puede estructurar de la siguiente manera:

#### 1. Evaluación de Usabilidad:

- Realizar pruebas de usuario con usuarios representativos para evaluar la experiencia de uso de la aplicación móvil de Renfe , aplicando baremos cuantitativos como tasa de éxito, tasa de error, tiempo para completar la tarea, satisfacción del cliente (CSAT), Net Promoter Score (NPS) y la Puntuación del esfuerzo del cliente (CES).
- Realizar un análisis heurístico utilizando pautas de usabilidad reconocidas para identificar problemas de navegación, búsqueda de información, proceso de reserva y otras funcionalidades clave.
- Utilizar herramientas de seguimiento de acciones de usuario para recopilar datos sobre el comportamiento de los usuarios dentro de las aplicaciones y analizar los puntos de fricción.

#### 2. Análisis de Accesibilidad:

- Realizar una evaluación de la accesibilidad de la aplicación móvil de Renfe según las pautas de accesibilidad WCAG (Web Content Accessibility Guidelines).
- Realizar pruebas con usuarios con discapacidades para identificar barreras de accesibilidad y evaluar la efectividad de las soluciones propuestas.
- Utilizar herramientas de validación de accesibilidad para identificar problemas de diseño y desarrollo que afecten la accesibilidad de las aplicaciones.

#### 3. Propuesta de Rediseño Técnico:

- Desarrollar un plan de rediseño centrado en el usuario, siguiendo el Estándar ISO 9241-210:2010 con el fin de ir comprendiendo los problemas a medida que se va avanzando hacia la solución por medio de un sistema software.
- Utilizar la herramienta Balsamiq para el prototipado de baja fidelidad, puesto que se trata de una herramienta de iteración rápida y permite agregar interactividad a los *wireframes*, que facilita la visualización del flujo de navegación y la funcionalidad de la aplicación

- Implementar tecnologías de asistencia como lectores de pantalla, compatibilidad con teclados y otras herramientas de apoyo para mejorar la accesibilidad.

#### **4. Implementación y Pruebas de Validación:**

- Implementar una mejora en la propuesta en la aplicación de Renfe a través de herramientas de prototipado de alta fidelidad, siguiendo las prácticas de desarrollo ágil y realizando iteraciones basadas en retroalimentación de usuarios.
- Realizar pruebas de validación para evaluar la efectividad de las mejoras en la experiencia del usuario y la accesibilidad.
- Recopilar datos cuantitativos y cualitativos durante las pruebas de validación para medir el impacto del rediseño en la experiencia del usuario y la accesibilidad.

#### **5. Evaluación del Impacto:**

- Encuestas y Cuestionarios: Diseño de encuestas y cuestionarios dirigidos a usuarios de la aplicación de Renfe para recopilar datos sobre su experiencia y percepción de la usabilidad y accesibilidad. Preguntas específicas sobre cómo la usabilidad afecta su satisfacción y si han experimentado dificultades debido a la falta de accesibilidad. Análisis de los resultados para evaluar el impacto percibido.
- Entrevistas en Profundidad: Estarán implicados los usuarios seleccionados y partes interesadas clave, como gerentes de producto y diseñadores de experiencia de usuario. Exploración de sus experiencias con la usabilidad y accesibilidad, y cómo perciben los cambios realizados en las aplicaciones.

#### **6. Presentación de Conclusiones y Recomendaciones:**

- Presentación de informes detallados y visuales, como gráficos, tablas y diagramas.
- Implementación de sesiones de retroalimentación y propuestas de acciones futuras

## **3.2 Explicación de la selección de la muestra y los criterios de inclusión**

Para abordar las pruebas de usabilidad relacionadas con este Trabajo de Fin de Grado sobre la usabilidad y el rediseño de la aplicación de Renfe, hemos seleccionado cuidadosamente varios perfiles de usuarios y expertos que nos proporcionarán una visión completa y detallada del proceso.

**Usuarios Frecuentes de la App de Renfe:** Este grupo está compuesto por personas que utilizan la aplicación de Renfe de manera regular para planificar y gestionar sus viajes en tren. Son usuarios experimentados que están familiarizados con todas las características y funcionalidades de la aplicación. Su participación nos permitirá obtener valiosos comentarios sobre la usabilidad actual de la aplicación, así como identificar áreas que pueden beneficiarse de mejoras o ajustes según sus necesidades y preferencias.

**Usuarios Ocasionales de la App de Renfe:** Este grupo incluye a personas que utilizan la aplicación de Renfe de forma esporádica o ocasional para realizar reservas de tren. Pueden tener menos experiencia con la aplicación y pueden enfrentar desafíos adicionales al navegar por ella. Su participación nos ayudará a identificar posibles barreras de entrada o dificultades de uso que pueden surgir para aquellos que no están tan familiarizados con la aplicación.

**Usuarios con Necesidades Especiales:** En este grupo se encuentran personas con discapacidades visuales, motoras o cognitivas, así como personas mayores que pueden enfrentar desafíos adicionales al utilizar la aplicación de Renfe. Es fundamental asegurarnos de que la aplicación sea accesible para todos, por lo que su participación nos permitirá evaluar la accesibilidad de la aplicación y proponer mejoras específicas para hacerla más inclusiva y fácil de usar para este grupo de usuarios.

**Expertos en Usabilidad y Diseño de Interfaces:** Además de los usuarios, contaremos con la participación de profesionales con experiencia en usabilidad y diseño de interfaces. Estos expertos aportarán una evaluación experta de la aplicación de Renfe, identificando problemas de usabilidad y proporcionando recomendaciones específicas para mejorar la experiencia del usuario. Su conocimiento técnico será fundamental para comprender los principios fundamentales de la usabilidad y aplicarlos de manera efectiva al rediseñar la aplicación de Renfe.

Al incluir estos diferentes perfiles de usuarios y expertos en nuestras pruebas de usabilidad, podremos obtener una comprensión completa de las necesidades y expectativas de los usuarios con respecto a la aplicación de Renfe. Esto nos permitirá identificar áreas de mejora clave y desarrollar recomendaciones específicas para optimizar la usabilidad y el diseño de la aplicación, asegurando así una experiencia positiva para todos los usuarios.

### 3.3 Proceso de recolección y análisis de datos

Para evaluar la usabilidad y accesibilidad de la aplicación móvil de Renfe, se ha diseñado un conjunto de actividades que abordan diversos aspectos cruciales para los usuarios. A continuación, se detalla una propuesta de actividades que los usuarios pueden realizar durante el análisis. Todas ellas se realizarán mediante un iPhone 7 Plus IOS 15.8.2.

**Registro y configuración inicial:** Se propone que los usuarios se registren como nuevos usuarios en la aplicación. El objetivo es evaluar la facilidad y claridad del proceso de registro y configuración de la cuenta. Esto implica descargar la aplicación desde la tienda correspondiente, completar el formulario de registro y configurar preferencias de cuenta.

**Búsqueda de viajes:** Los usuarios deberán buscar un viaje específico utilizando la aplicación. El propósito de esta actividad es evaluar la facilidad de uso y eficacia de la función de búsqueda. Incluye ingresar origen y destino del viaje, seleccionar fecha y horario, y explorar las opciones disponibles. En este caso, el usuario tendrá que coger el próximo tren con origen Madrid – Chamartin – Clara Campoamor y con destino Valdepeñas

**Compra de billetes:** La actividad consiste en comprar un billete para un viaje seleccionado. Se busca evaluar el proceso de compra y la claridad de la información proporcionada. Los usuarios deberán seleccionar el viaje deseado, ingresar la información de pago y pasajero, y confirmar la compra. En este caso el usuario tendrá que confirmar el tren anterior y deberá realizar la compra sin confirmarla posteriormente.

**Gestión de reservas:** Los usuarios tendrán que gestionar una reserva existente, más concretamente cambiando la hora del viaje. El objetivo es evaluar la facilidad de gestionar reservas y realizar cambios. Esto implica acceder a la sección de "Mis Reservas", seleccionar la reserva deseada y realizar los cambios necesarios. El usuario tendrá que cambiar el billete que les va a aparecer en "Mis reservas", modificando la fecha del 12/05 a 19/05, dejando la misma hora.

**Navegación y uso general:** Los usuarios explorarán la aplicación y sus diferentes secciones para evaluar la estructura de navegación y accesibilidad. Se les solicitará probar la funcionalidad de búsqueda sobre la política de compensación en caso de retraso del tren por una duración de 2h, acceder a la sección de ayuda y evaluar la facilidad de encontrar información relevante.

**Pruebas de accesibilidad:** Los usuarios utilizarán la aplicación con funciones de accesibilidad activadas para evaluar su accesibilidad para personas con discapacidades. Esto incluye activar funciones como VoiceOver o TalkBack, navegar por la aplicación y evaluar la facilidad de uso.

## 4. Análisis de la Usabilidad en la Aplicación de Renfe

### 4.1 Pruebas de Usabilidad

#### 4.1.1 Resultados de las pruebas

Para evaluar el derivado de la deficiente usabilidad de la aplicación de Renfe, se obtuvieron los resultados que se aprecian en la siguiente tabla. Estas pruebas se realizaron a un grupo diverso de 25 usuarios, todos utilizando un iPhone 7 Plus. De estos usuarios, el 48% (12) eran jóvenes con conocimientos y experiencia en el uso de aplicaciones, el 20% (5) eran personas mayores, el 4% (1) era un niño, el 4% (1) era un experto en UX, y el 24% (6) tenían discapacidades motoras. A continuación, se presentan los resultados detallados de estas pruebas, organizados por actividad:

Actividad	Acierto	Duración (min)	<sup>1</sup> CSAT	<sup>2</sup> CES	Observaciones
Registro y configuración	90%	2.5	4.1	2.3	Los usuarios encontraron dificultades al completar el formulario de registro, especialmente con la validación de campos y la elección de preferencias de cuenta.
Búsqueda de viajes	75%	4	3.1	5.7	Varios usuarios confundieron el origen con el destino. Algunos de ellos clicaron varias veces en la opción de continuar sin estar esta con el color que permite avanzar de fase.
Compra de billetes	55%	7	2.1	6.2	Varios usuarios esperan que al seleccionar el método de pago “Nueva tarjeta de

<sup>1</sup> CSAT = Customer Satisfaction Score (Puntuación de Satisfacción del Cliente). Puntuación con rango 1-5

<sup>2</sup> CES = Customer Effort Score (Puntuación del Esfuerzo del Cliente). Puntuación con rango 1-7

Actividad	Acierto	Duración (min)	<sup>1</sup> CSAT	<sup>2</sup> CES	Observaciones
					crédito” se le redirija directamente al proveedor Redsys para pagar, y no identifican el pequeño tic verde que da paso a seleccionar el botón “aceptar términos de uso” y posteriormente “Pagar”.
Gestión de reservas	85%	5	3.2	3.6	Aunque la mayoría de los usuarios pudieron gestionar sus reservas, algunos encontraron confuso el proceso de modificación o cancelación de estas. Además, hubo dificultades al buscar información sobre cambios de itinerario y tarifas aplicables.
Navegación y uso general	63%	6	3.4	3.8	Varios usuarios seleccionan el botón de solicitar indemnización puesto que hay una barra de aplicaciones que tapa la funcionalidad “Reclamaciones”. Algunos usuarios se ven distraídos por tantas funcionalidades y afirman preferir llamar al teléfono de atención al cliente.
Pruebas de accesibilidad	45%	7	2	5.4	Las pruebas de accesibilidad revelaron que muchos elementos no tienen etiquetas descriptivas (etiquetas ARIA) para lectores de pantalla. Los contrastes de color son insuficientes y los botones pequeños dificultan la

Actividad	Acierto	Duración (min)	<sup>1</sup> CSAT	<sup>2</sup> CES	Observaciones
					interacción para usuarios con discapacidades motoras.

*Ilustración 2. Tabla de resultados de las pruebas de usabilidad y accesibilidad a usuarios. Fuente: Elaboración propia*

#### **4.1.2 Evaluación de la navegación y funcionalidades clave**

Tras el análisis de los datos obtenidos, se puede observar lo siguiente:

En cuanto al proceso de registro y configuración, se logró un nivel de acierto elevado del 90%. Sin embargo, se registró una ligera discrepancia en la duración promedio, que fue ligeramente más alta de lo esperado, con 2,5 minutos en comparación con el objetivo de 2,3 minutos. Las observaciones revelaron que los usuarios encontraron dificultades al completar el formulario de registro, especialmente en lo que respecta a la validación de campos y la elección de preferencias de cuenta, señalando así un área de mejora crucial para optimizar la eficiencia del proceso.

En la fase de búsqueda de viajes, a pesar de alcanzar un nivel de acierto del 75%, se registró una duración promedio mayor a la prevista, con 4 minutos en lugar del objetivo de 3,1 minutos. Los usuarios enfrentaron problemas para discernir entre el origen y el destino, lo que resultó en confusión y clics adicionales. Esta observación subraya la necesidad de mejorar la claridad y la usabilidad de esta función para una experiencia más fluida.

Durante el proceso de compra de billetes, se registró un nivel de acierto del 55%, y la duración promedio superó el objetivo establecido, con 8 minutos en lugar de 6,2 minutos. Los usuarios expresaron confusión al seleccionar el método de pago "Nueva tarjeta de crédito", resaltando la necesidad de hacer más visible el proceso de pago y los pasos a seguir para una experiencia de compra más intuitiva<sup>3</sup>

En lo que respecta a la gestión de reservas, se alcanzó un nivel de acierto satisfactorio del 85%. No obstante, la duración promedio estuvo ligeramente por encima del objetivo, con 5 minutos en lugar de 3,6 minutos. Algunos usuarios encontraron confuso el proceso de modificación o cancelación de reservas, indicando así la necesidad de mejorar la claridad de estas funciones para una experiencia más eficiente.

En cuanto a la navegación y el uso general de la aplicación, se registró un nivel de acierto del 63%, mientras que la duración promedio estuvo dentro del objetivo, con 6 minutos. Los usuarios se sintieron abrumados por la cantidad de funcionalidades y algunos prefirieron recurrir al servicio de atención al cliente, destacando así la necesidad de simplificar la interfaz y priorizar las funciones más relevantes para una experiencia más centrada en el usuario.

Finalmente, en las pruebas de accesibilidad, se obtuvo un nivel de acierto del 45%, y la duración promedio estuvo dentro del objetivo, con 7 minutos. Se identificaron problemas significativos de accesibilidad, como la falta de etiquetas descriptivas y contrastes de color insuficientes, lo que resalta la necesidad de mejorar la accesibilidad para usuarios con discapacidades, garantizando así una experiencia inclusiva para todos los usuarios.



## **4.2 Análisis Heurístico**

### **4.2.1 Identificación de problemas de usabilidad**

La evolución de la web y la aplicación móvil de Renfe ha sido significativa en los últimos años, adaptándose a los avances tecnológicos y a las demandas cambiantes de los usuarios. Inicialmente, la plataforma en línea permitía a los usuarios comprar billetes de tren de forma más conveniente que en las estaciones físicas, aunque con algunas limitaciones en términos de usabilidad y funcionalidad. A medida que la tecnología avanzaba, Renfe realizó mejoras importantes para hacer que su plataforma fuera más fácil de usar y más accesible para los usuarios.

En 2015, la introducción de la aplicación móvil de Renfe marcó un hito importante en su evolución digital, ofreciendo a los usuarios la posibilidad de acceder a los servicios de Renfe desde sus dispositivos móviles. Aunque la aplicación ha mejorado en términos de funcionalidad y velocidad, aún existen áreas en las que la usabilidad puede mejorar significativamente. Los usuarios a menudo enfrentan dificultades al buscar horarios, reservar asientos y realizar otras acciones básicas dentro de la aplicación.

A continuación, se procederá a analizar las últimas versiones de la página web de Renfe y, posteriormente, la aplicación móvil.

#### **4.2.1.1 Página web de Renfe**

En primer lugar, analizaremos su página de inicio, en la que se identifican funcionalidades deficientes desde la perspectiva de la experiencia del usuario.

La excesiva presencia de contenido promocional puede saturar a los usuarios, llevándolos a pasar por alto información importante o incluso a abandonar el proceso de reserva.

La falta de organización en la presentación de la información dificulta la distinción entre lo principal y lo secundario, lo que puede frustrar a los usuarios al intentar encontrar detalles específicos.

Es posible que los usuarios no perciban de manera inmediata la duración limitada de las ofertas, lo que podría provocar decepción si se dan cuenta tarde en el proceso de reserva.

Las tácticas de marketing agresivas pueden dañar la credibilidad del sitio, generando dudas sobre la autenticidad de las ofertas.

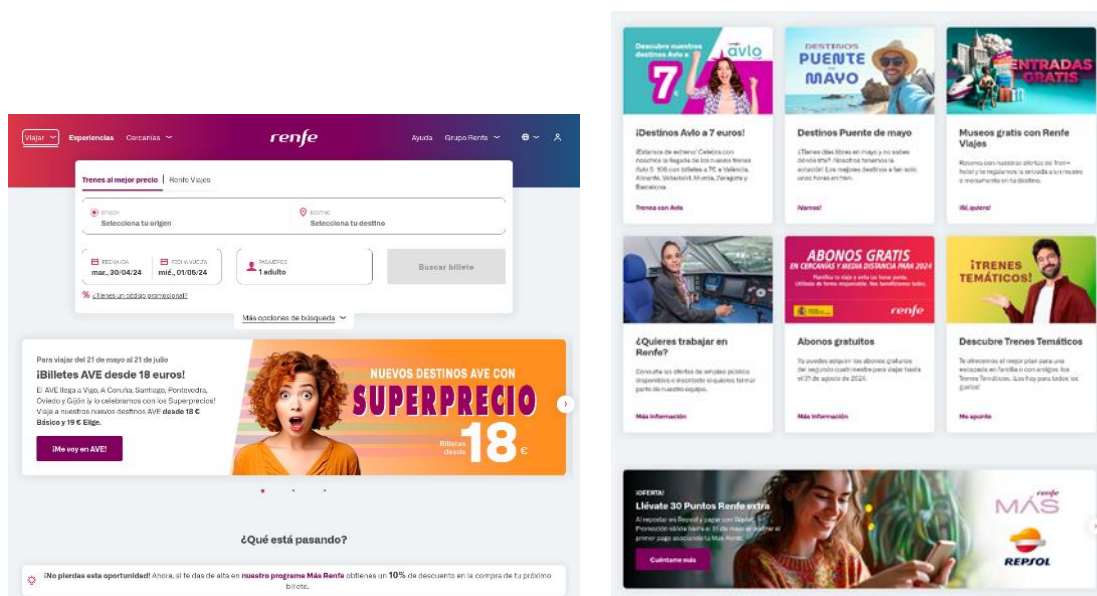


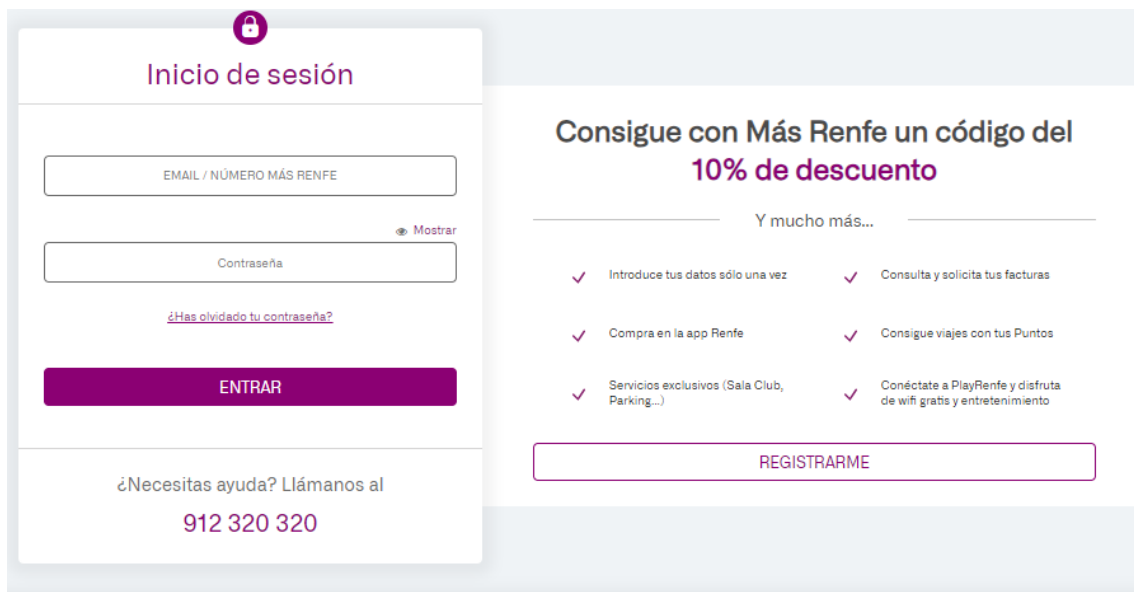
Ilustración 3. Sección de inicio de la página web de Renfe. Fuente: Renfe (2024)

A continuación, se muestran unas recomendaciones que en mi opinión facilitarían la navegación del usuario:

- Se podría introducir una función que permitiría a los usuarios filtrar los tipos de ofertas y promociones que les interesan directamente en la página de inicio. Esto proporcionaría una experiencia más personalizada al permitir a los usuarios ver sólo ofertas relevantes, reduciendo así el desorden visual y alineando el contenido con las preferencias del usuario.
- Sería beneficioso combinar ofertas y promociones de viajes similares en una sección promocional integral con navegación con pestañas accesible desde la página de inicio. Esto facilitaría a los usuarios la comparación de promociones sin un desplazamiento extenso, lo que podría mejorar la interfaz de usuario y reducir la fatiga por tomar decisiones.
- Se podría designar un área específica de la página, como un carrusel o una pestaña de 'Ofertas', que consolidaría todas las ofertas especiales en una ubicación centralizada. Centralizar las promociones ayudaría a los usuarios interesados en ofertas a encontrarlas fácilmente, mientras que los usuarios centrados en la reserva de billetes podrían evitarlas, satisfaciendo así las diferentes necesidades de los usuarios sin crear desorden.
- Sería útil agregar una información sobre herramientas o un icono de información junto a los precios promocionales que, al pasar el cursor sobre ellos, mostraría un resumen de los términos y condiciones, lo que mejoraría la transparencia de los precios. Esta función generaría confianza al abordar las preocupaciones de los usuarios potenciales sobre los costos ocultos y garantizaría que los usuarios se sintieran informados antes de aceptar una oferta.

- Se podrían simplificar el pie de página agrupando enlaces similares y utilizando menús desplegables para disminuir la complejidad visual general en la parte inferior de la página. Reducir la cantidad de enlaces visibles en el pie de página mejoraría la jerarquía visual, lo que facilitaría a los usuarios encontrar la información que necesitan sin sentirse abrumados.

A continuación, se analizará otra de las páginas más transitadas de la página web, la página de Inicio de Sesión.



Grupo Renfe	Cercanías	Ayuda	Nuestras apps	Agencias
Grupo Renfe	Asturias	Cambiar billete	Renfe	Renfe Agencias
Transporte sostenible	Bilbao	Anular billete	Renfe Cercanías	
Comunicación	Cádiz	Cercanías	Renfe horarios	

Ilustración 4. Sección Inicio de Sesión de la web Renfe. Fuente: (Renfe, 2024)

La visibilidad de una opción de autoservicio para la recuperación de contraseñas no es inmediata, lo que podría generar frustración entre los usuarios que esperan una rápida resolución de problemas. Además, los usuarios podrían experimentar una sobrecarga debido a la amplia gama de opciones y secciones, lo que podría complicar la experiencia de navegación.

Por otra parte, la llamada a la acción para registrarse no está suficientemente enfatizada, lo que podría afectar su efectividad para convertir el interés en acción del usuario. Asimismo, sin ejemplos detallados de precios situacionales, la rentabilidad del programa de fidelización podría no percibirse claramente, afectando la evaluación de valor del usuario. Por último, el *feedback* esperado de los usuarios sugiere una necesidad de prueba social

visible, como testimonios de clientes, que pueden fortalecer la confianza y autenticidad percibidas por los nuevos usuarios.

Aquí se muestran las recomendaciones

- Cambio del color del botón 'REGISTRARME' por uno más vibrante y distinto que no se esté utilizando actualmente en otras partes de la página.
- Agregación de iconografía visualmente distintiva junto al enlace '¿Has olvidado tu contraseña?', como un símbolo de llave o candado, para resaltar la opción de recuperación de contraseña de manera más clara.
- Inclusión una barra lateral o navegación de migas de pan para los nuevos usuarios, que delinee claramente el contenido y las acciones destinadas a ellos, como guías paso a paso o información introductoria.
- Inclusión de un resumen conciso de los beneficios y ahorros asociados con el programa de fidelización cerca del botón 'REGISTRARME', incluyendo cualquier recompensa a largo plazo o ventaja exclusiva.

Otra funcionalidad de usabilidad deficiente de la página web de Renfe es la experiencia al autenticar mediante la **confirmación de Captcha**. Cuando un usuario falla al ingresar el código de Captcha, aparece una ventana emergente indicando que el código es incorrecto. Sin embargo, al intentar cerrar esta ventana haciendo clic en la "x", la ventana se bloquea y vuelve a aparecer el mismo mensaje de error, impidiendo al usuario volver a intentar ingresar el código. Este ciclo puede repetirse durante varios minutos, causando frustración en los usuarios.

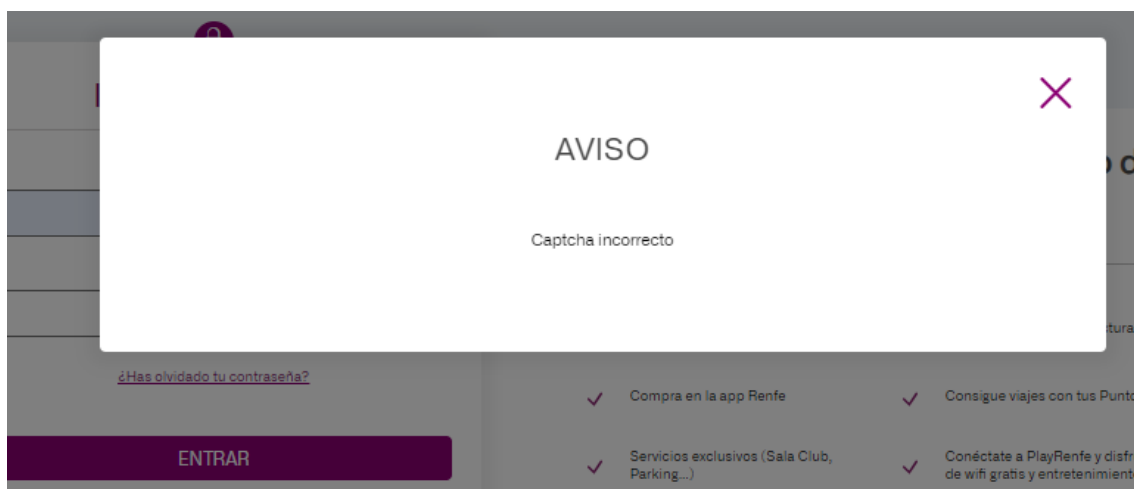


Ilustración 5. Ventana emergente de error de Captcha. Fuente: (Renfe, 2024)

Este problema puede deberse a un error en el diseño de la función de autenticación de Captcha. Es posible que el sistema esté configurado para bloquear temporalmente los intentos de autenticación después de un número determinado de intentos fallidos. Sin embargo, el mensaje de error emergente y el bloqueo de la ventana pueden no estar diseñados correctamente para permitir al usuario volver a intentarlo después de un corto período de tiempo.

Además, es posible que haya un error en el código que controla la interacción de la ventana emergente con el usuario. Es decir, el sistema puede no estar interpretando correctamente la acción de cerrar la ventana emergente, lo que resulta en un bucle continuo de mensajes de error.

Una vez completado el análisis de la parte visual de la página web, procederé a examinar uno de los factores que más influyen en la navegación defectuosa de los usuarios, como se ha señalado en las entrevistas y encuestas, y como he podido verificar de primera mano: la **lentitud de carga**.

Para sacar conclusiones sobre la web de Renfe basándonos en las métricas de LCP (Largest Contentful Paint) y FCP (First Contentful Paint), se pueden analizar los tiempos de carga y su impacto en la experiencia del usuario. A continuación, se presentan las conclusiones derivadas de los valores adecuados de LCP y FCP, así como su influencia en la navegación de los usuarios:

Informe del 31 mar 2024, 13:42:51

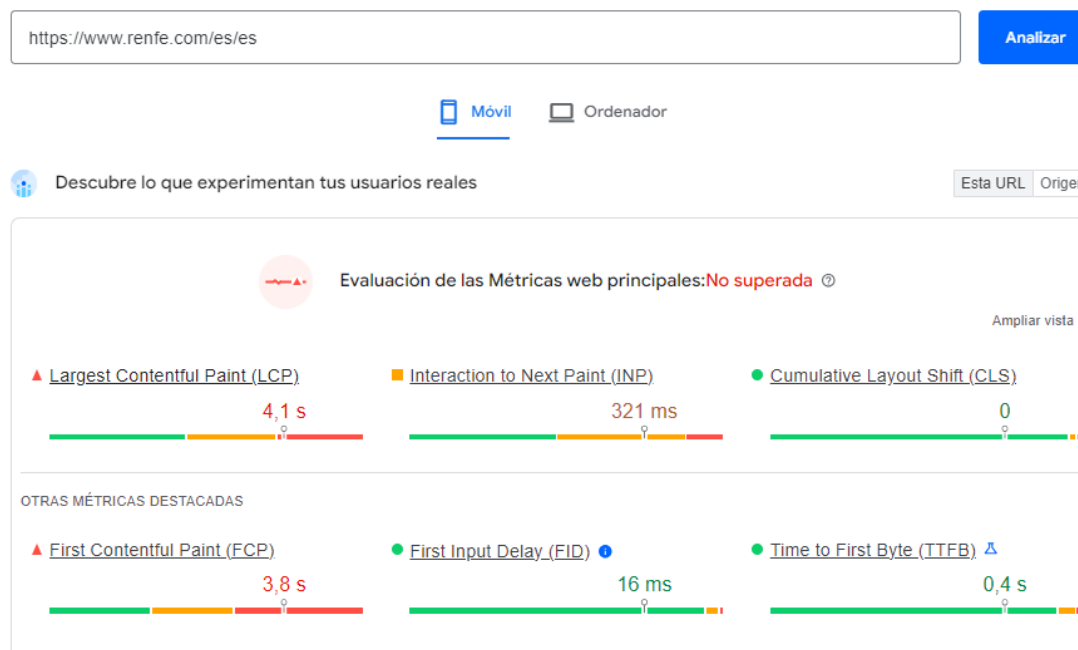


Ilustración 6. Informe de la web de Renfe según un analizador de velocidad online. Fuente: (PageSpeed Insights, 2024)

Pese a que métricas como la *Interaction to Next Paint* (INP), con un valor de 321 milisegundos, y el *First Input Delay* (FID), con 16 milisegundos, se encuentran dentro de los rangos aceptables, reflejando una buena capacidad de respuesta del sitio web a las interacciones del usuario, se encuentran valores fuera de sus rangos adecuados en el LPC y el FCP.

El LCP indica el tiempo necesario para mostrar la imagen o bloque de texto más grande que está visible en la ventana de visualización, desde el momento en que el usuario accedió por primera vez a la página. Este período comprende la carga de la página anterior, el establecimiento de la conexión, el redireccionamiento y el tiempo hasta recibir el primer byte (TTFB). Estos aspectos pueden ser relevantes en mediciones de campo y pueden causar discrepancias entre mediciones de campo y de laboratorio. Este registra un valor de 4,1 segundos actualmente, lo cual supera significativamente la cifra óptima de menos de 2,5 segundos. (Walton P. , web.dev, 2024)



Ilustración 7. Un valor adecuado para el LPC es 2.5 o inferior. Fuente: (web.dev, 2024)

El FCP es una métrica que evalúa el lapso temporal desde que el usuario accede inicialmente a la página hasta que cualquier elemento visible, como texto, imágenes (incluidas las de fondo), o elementos gráficos como `<svg>` o `<canvas>`, se muestra en la pantalla. Este registra un valor de 3,9 segundos. Este valor excede significativamente el umbral recomendado de 2,5 segundos, sugiriendo que los usuarios experimentan tiempos de carga prolongados para los elementos principales de la página, lo cual puede afectar negativamente la percepción y la satisfacción del usuario (Walton P. , 2024).



Ilustración 8. Un valor adecuado para el FCP es 1.8 o inferior. Fuente: (web.dev, 2024)

Otro punto para mejorar sin duda en la usabilidad de la aplicación de Renfe es la gestión de sus fotografías. Los formatos como WebP y AVIF suelen

comprimir mejor las imágenes que los formatos PNG o JPEG, lo que hace que se descarguen más rápido y consuman menos datos. Aquí mostramos algunos ejemplos:



FOTOGRAFÍA	URL	Tamaño del recurso	Ahorro potencial
<div style="background-color: #e0f0e0; padding: 10px;"> <p>div.mdc-card &gt; div.rf-card__container-img &gt; figure.rf-card__figure &gt; img.rf-card__img</p>  <p><b>La flota más moderna</b></p> <p>Una inversión sin precedentes para garantizar la máxima calidad de los servicios públicos.</p> <pre>&lt;img class="rf-card__img sc-rf-card" src="/es/es/_jcr_content/root/responsivegrid/rfcardcontainer_copy/rfcard_2_copy..." alt="" style="object-position: center center;"&gt;</pre> </div>	<p><a href="#">...171.../2-nueva-flota-media-distancia.png</a> (www.renfe.com)</p>	<p>222,2 KiB</p>	<p>209,0 KiB</p>
<div style="background-color: #e0f0ff; padding: 10px;"> <p>div.mdc-card &gt; div.rf-card__container-img &gt; figure.rf-card__figure &gt; img.rf-card__img</p>  <p><b>Murcia</b></p> <p>¡Las Fiestas de la Primavera 2024 al mejor precio!</p> <p>¡Quiero ir!</p> <pre>&lt;img class="rf-card__img sc-rf-card" src="/es/es/_jcr_content/root/responsivegrid/responsivegrid/rfslidercards_copy..." alt="" style="object-position: center center;"&gt;</pre> </div>	<p><a href="#">...171.../c2-murcia-2024.jpeg</a> (www.renfe.com)</p>	<p>153,0 KiB</p>	<p>119,8 KiB</p>

Ilustración 9. Fotografías pesadas con formato .jpg en la web de Renfe. Fuente: Renfe (2024)

Otro problema que he podido encontrar con relación a la lentitud de la página es la obsoleta forma que tiene Renfe de optimizar las páginas en la *bfcache*.

Utiliza eventos de escucha “*unload*”, que antiguamente era una práctica recomendada para maximizar la capacidad del navegador de almacenar en caché la página y obtener mejores tasas de aciertos de caché.

```
href: "NA";if("NA"==o){e=e.parentNode;try{o=e.href}
...}catch(t){o="NA"
...}
}clobs.data.p.dest=o
4:function(t){if(clobs.trace("fx: f4"),clobs.trace("F4(form) lance"),t.srcElement)var e=t.srcElement;else
e=this;clobs.data.p.dest=e.action?e.action: "NA",clobs.data.t.submitform=(new Date).getTime()
5:function(t){clobs.trace("fx: f5"),clobs.trace("F5(unload) lance"),clobs.data.t.unload=(new Date).getTime(),
clobs.sc("tosend",clobs.str(),
null,
```

Ilustración 10. Uso de evento *unload* para la optimización de la página. Fuente: Renfe (2024)

```
... 2100
... ];if(this.i_s(t.unload))return[t.unload,
... 2300
... ]
if(3==e){if(this.i_s(t.domload))return[t.domload,
```

Ilustración 11. Uso de evento *unload* para la optimización de la página. Fuente: Renfe (2024)

```
"/"),this.trace("this.rdmvalidation:",this.rdmvalidation),this.trace("Random Set as variable ...
@!=this.rdmvalidation)}if(this.trace("Random est ok",this.rdmvalidation),typ
un)try{window.addEventListener("load",clobs.f2,!1),window.addEventListener("unload",clobs.f5,!1)
}catch(t){window.attachEvent("onload",clobs.f2),window.attachEvent("onunload",clobs.f5)
}if(typeof rumbiConf.trackObject!==(clobs.o.un)try{rumbiConf.intervalHandler=setInterval(this.f6,
... 1e3)
```

Ilustración 12.. Uso de evento *unload* para la optimización de la página. Fuente: Renfe (2024)

El problema con el uso del evento *unload* para registrar un procesador es que no se activa de manera confiable en todos los navegadores y situaciones. Este evento se dispara cuando el documento está siendo descargado o cerrado, lo que indica que el usuario está abandonando la página. Sin embargo, algunos navegadores pueden no manejarlo de manera consistente, lo que puede causar que tu procesador no se registre correctamente o que se pierdan datos importantes.

Además, esperar a que se active el evento *unload* puede impedir que el navegador realice optimizaciones importantes, como el almacenamiento en caché de páginas completas. Esto significa que la experiencia del usuario puede verse afectada negativamente, ya que las páginas podrían cargarse más lentamente en futuras visitas.

En lugar de utilizar el evento *unload*, considero que se deberían utilizar eventos alternativos como *pagehide* o *visibilitychange*, ya que son más confiables y permiten que tu código se ejecute de manera más consistente sin interferir con las optimizaciones del navegador

En ordenadores de sobremesa, la presencia de objetos de escucha para el evento '*unload*' en Chrome y Firefox conlleva a la incompatibilidad con la *bfcache*. Esto no solo reduce riesgos, sino que también resulta en la no



conservación en caché de muchas páginas, lo que se traduce en un tiempo de recarga más prolongado (Walton & Pollard, 2023).

Una buena práctica podría ser:

```
document.addEventListener('visibilitychange', (event) {  
    if (document.visibilityState === 'hidden') {  
        // El usuario ha dejado la página  
    }  
});
```

### **Caso “Verano Joven. Código promocional”**

El pasado 15 de junio, el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana lanzó el programa Verano Joven, una iniciativa dirigida a jóvenes de 18 a 30 años para facilitarles viajes por España y Europa durante el verano con importantes descuentos en trenes y autobuses.

Las rebajas se aplicaron en los billetes simples y de ida y vuelta de los servicios ferroviarios y de autobuses de titularidad estatal, así como en los pases Interrail.

Se implementaron diversas reducciones en los servicios de transporte. Por un lado, se ofreció un descuento del 50% en los trenes Avant y en los servicios de alta velocidad y comerciales de todos los operadores ferroviarios, con un límite máximo de 30 euros por billete. Además, los servicios ferroviarios de media distancia convencional y de ancho métrico recibieron una rebaja del 90%. También se aplicó un descuento del 90% en los servicios de autobús regular de competencia estatal. Adicionalmente, si se realizaba una compra a través de Renfe, uno de los pases de Interrail más utilizados como es el de viajar 10 días en 2 meses se benefició de una reducción del 50%. (Ministerio de Transporte y Movilidad Sostenible, 2023).

Pese a la comodidad que esto suponía, fueron muchos los usuarios que no consiguieron aprovecharse de estos descuentos porque no sabían cómo aplicarlos en la web de Renfe. La falta de usabilidad por parte de la compañía ferroviaria provocó que muchos de sus usuarios se confundieran y llegaran a desesperarse. A continuación, se explicará por qué:



Ilustración 13. Página de inicio de la web de Renfe. Fuente: Renfe (2024)

Al ingresar a la página de inicio de la web de Renfe se aprecia un cuadro de código promocional que parece ser un desplegable con más opciones pero que en realidad es simplemente un cuadro donde escribir un código sin previa especificación.

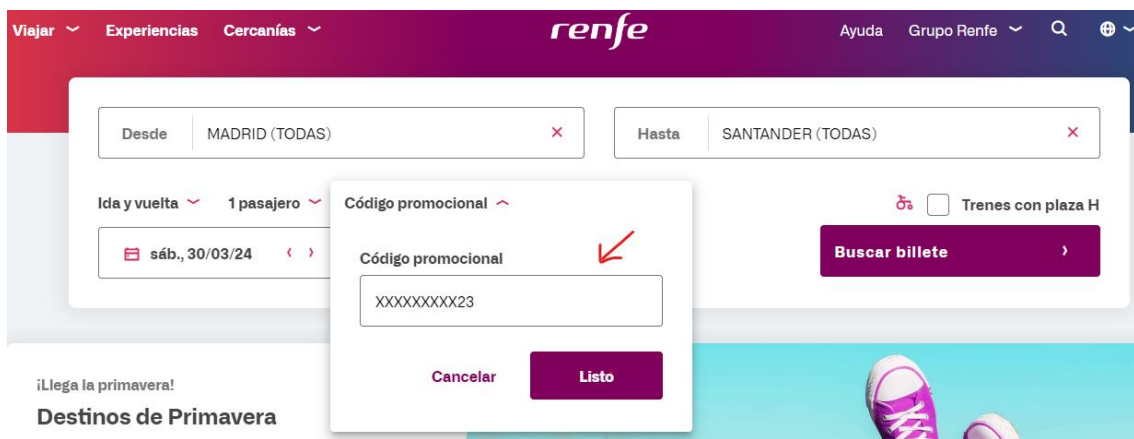


Ilustración XX. ventana emergente de código promocional en la pantalla de inicio de Renfe. Fuente: www.renfe.com

Pues bien, el resultado de escribir el código de Registro de Mitma en este cuadro es el siguiente:



Ilustración 14. Código de error de Renfe. Fuente: Renfe (2024)

Un error común de usabilidad en sitios web, según los principios de Nielsen, es la presentación de códigos de error no traducidos al idioma local, en este caso, al castellano. Este problema es particularmente relevante en el contexto de la plataforma de Renfe.

La falta de claridad en el sistema de descuentos de Renfe, generado por el MITMA, plantea dudas: ¿Acaso el código proporcionado no ofrece un descuento para el usuario? ¿No se trata de una promoción? A pesar de las dificultades y la confusión inicial, algunos usuarios lograron aplicar el descuento del programa "Verano Joven". Sin embargo, esto solo fue posible después de invertir considerable tiempo y esfuerzo, y muchos compartieron sus experiencias y soluciones en foros y vídeos en línea. Lamentablemente, Renfe no emitió ningún comunicado oficial para facilitar este proceso a los usuarios.

Al ingresar al sitio web de Renfe, los usuarios debían configurar la adquisición de sus billetes seleccionando los destinos y fechas dentro del período de la promoción, así como el tren preferido. Posteriormente, avanzaban al siguiente paso para elegir los billetes deseados.



Ilustración 15. Resumen detallado del viaje seleccionado de Renfe. Fuente: Renfe (2024)

Ya en el penúltimo paso, durante el proceso de ingreso de tus datos y selección del método de pago, el usuario se ve obligado a desplazarse hacia abajo para visualizar la sección de “Descuentos”. Dentro de esta sección, el usuario debía seleccionar el descuento correspondiente al Verano Joven. A continuación, aparecía un campo donde se podía introducir el código de registro proporcionado por el Mitma, obtenido previamente en el portal web del Ministerio.

Tarjeta Más Renfe  
Introduce una tarjeta Más Renfe

Número Tarjeta

Descuentos, servicio de asistencia y códigos promocionales

Trayecto de ida  
Básico Verano Joven: 73,10 €

Descuento  
Verano Joven

¿Dispone de tarjeta de Familia Numerosa?

Código de Registro del Mitma  
Código de Registro del Mitma

Solicita asistencia

Trayecto de vuelta  
Básico : 73,15 €

Descuento  
Seleccione un descuento

¿Dispone de tarjeta de Familia Numerosa?

¿Dispones de un vale descuento?  
Vale descuento

Solicita asistencia

Ilustración 16. Apartado de descuentos en la pantalla de resumen del viaje de Renfe. Fuente: [www.renfe.com](http://www.renfe.com)

Una vez se ingresaba tu código de Registro del Mitma, el precio de los billetes se reducía en el porcentaje que antes se mencionaba.

#### 4.2.1.2 App de Renfe

Una de las primeras funcionalidades que generan una usabilidad deficiente en los usuarios de la aplicación móvil es la **falta de actualización de los asientos**.

Durante el proceso de reserva de billetes en la web y la aplicación móvil de Renfe, los usuarios pueden enfrentarse a un problema de falta de

actualización de los asientos. Este problema surge después de seleccionar un destino y una fecha específica, y proceder a la reserva del billete.

### 1. Selección del destino y fecha:

El usuario ingresa al sitio web o la aplicación de Renfe y elige el origen y destino del viaje, así como la fecha en la que desea viajar.

### 2. Visualización de la disponibilidad de plazas:

Una vez seleccionado el tren deseado, los usuarios pueden ver la disponibilidad de plazas en ese tren para la fecha seleccionada.

En este punto, la aplicación muestra un esquema del tren con los asientos disponibles y ocupados marcados con colores diferentes.

Los usuarios pueden ver qué asientos están disponibles y seleccionar los que deseen reservar.

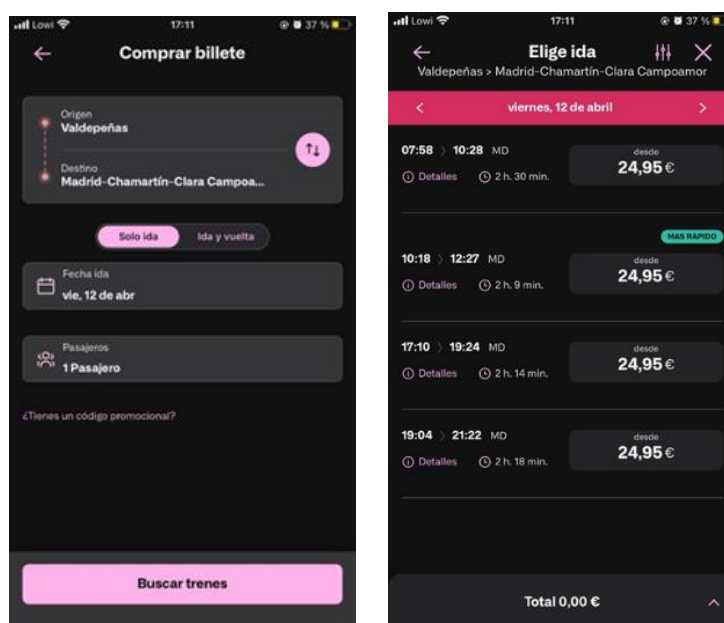


Ilustración 17. Fase de selección de origen, destino y fecha y fase de elegir tren de ida. Fuente: Renfe App (2024)

### 3. Personalización del viaje y selección de asientos:

Después de seleccionar los billetes, los usuarios pueden proceder a la personalización de su viaje. Durante este paso, se les ofrece la opción de seleccionar asientos específicos en el tren.

Los usuarios pueden ver una representación visual del tren y elegir los asientos deseados de acuerdo con sus preferencias y necesidades.

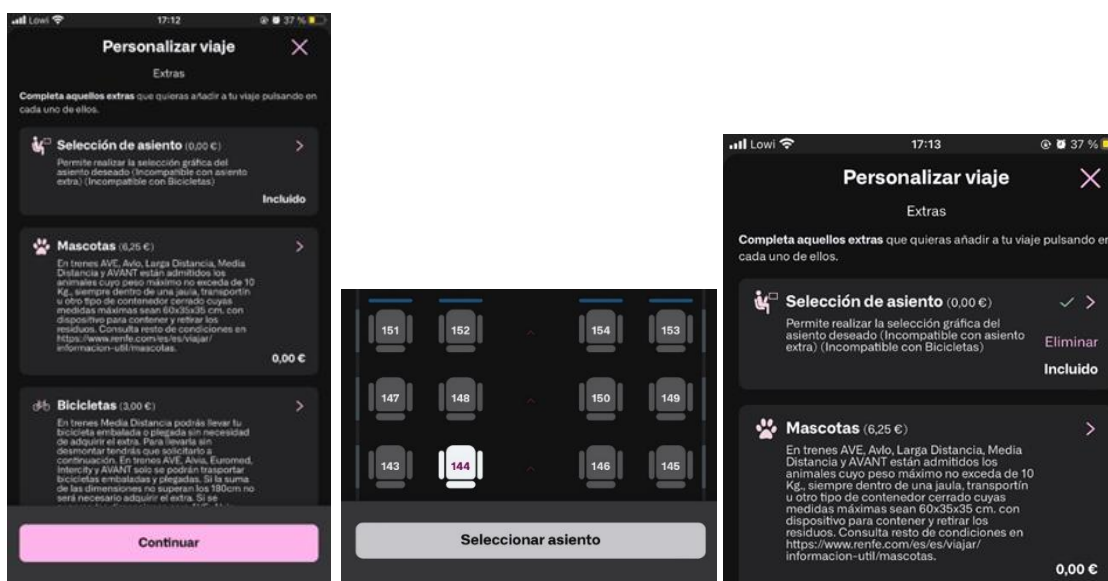


Ilustración 18. Opciones de personalización de viaje en la aplicación de Renfe. Fuente: Renfe App (2024)

#### 4. Pago y confirmación de la reserva:

Una vez completada la selección de asientos, los usuarios proceden al pago de los billetes.

Después de realizar el pago y confirmar la compra, se espera que los asientos seleccionados queden reservados para el usuario.

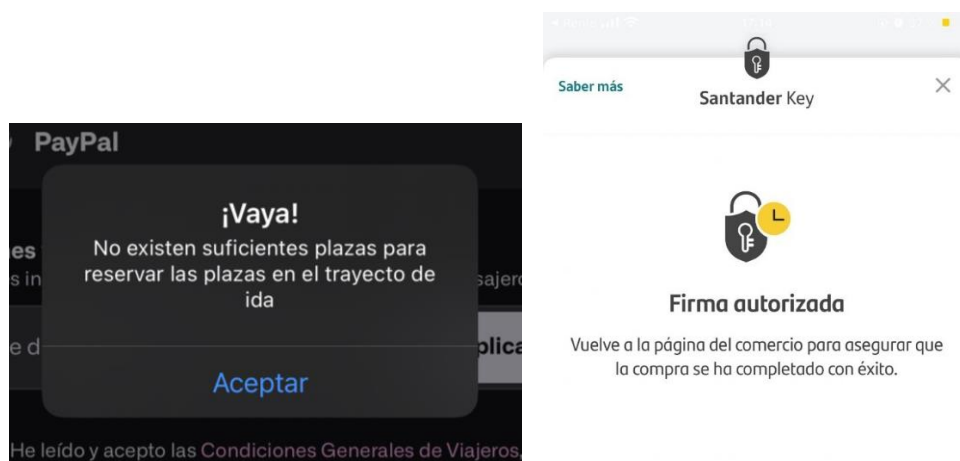


Ilustración 19. Mensaje de error de insuficientes plazas en la aplicación de Renfe. Fuente: Renfe App (2024)

Sin embargo, tras realizar el pago y confirmar la compra, surge un mensaje que indica: "¡Vaya! No existen plazas para reservar en el trayecto de ida".

Este mensaje puede generar confusión y frustración en los usuarios, ya que no queda claro si el billete ha sido reservado correctamente o no. La falta de actualización de los asientos puede llevar a situaciones en las que los usuarios creen haber completado la compra con éxito, pero luego descubren que no hay plazas disponibles para el trayecto seleccionado.

Una posible explicación técnica de este problema radica en el hecho de que Renfe no bloquea los asientos de manera efectiva mientras un usuario está en el proceso de compra. Cuando un usuario elige un billete y procede al pago, los asientos disponibles no se actualizan en tiempo real en el sistema. Esto puede deberse a un fallo en la sincronización entre el sistema de reserva de asientos y el proceso de compra, lo que lleva a que los asientos reservados por otros usuarios no se reflejen de inmediato en la interfaz de compra.

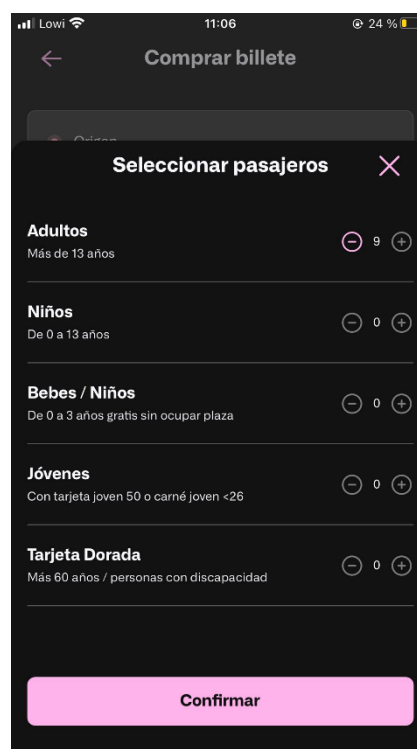
Esta falta de actualización de los asientos puede provocar un colapso en los servicios de atención al cliente de Renfe, ya que los usuarios afectados suelen llamar para obtener aclaraciones sobre el estado de su reserva. Además, puede generar una percepción negativa sobre la fiabilidad del sistema de reserva de Renfe y afectar la reputación de la empresa.

Otro problema recurrente que genera frustración en los usuarios es que, cuando se realiza una búsqueda de trenes, es común que los usuarios ingresen el lugar de origen, el destino y las fechas, esperando poder continuar de inmediato con la búsqueda. Sin embargo, la aplicación no permite avanzar hasta que se indique el número de pasajeros.

Esta situación genera una pequeña pero significativa fricción en el proceso de búsqueda. Aunque solo toma un segundo para que los usuarios se percaten de este requisito adicional, esta pequeña interrupción puede resultar molesta y afectar negativamente la experiencia del usuario.

En el marco de mi análisis heurístico sobre la usabilidad de la aplicación de Renfe, se identificó otra funcionalidad que no cumple con las expectativas de los usuarios. Esta es la limitación de la compra de billetes a un máximo de 9 pasajeros. Si bien comprendo que esta restricción puede estar relacionada con políticas internas de Renfe y con la complejidad del proceso de bloqueo de asientos, resulta evidente que esta limitación puede generar confusión entre los usuarios.

Considero que sería beneficioso para la experiencia del usuario implementar un mensaje claro y específico cuando se alcanza el número máximo de pasajeros permitidos en la aplicación.



Un mensaje como "Has alcanzado el número máximo de pasajeros en la app. Para proceder a comprar billetes para más de 9 pasajeros, por favor contacta con nosotros en el siguiente número de teléfono" ayudaría a evitar malentendidos y brindaría una solución clara y directa para los usuarios que deseen comprar más de 9 billetes.

Esta medida no solo mejoraría la usabilidad de la aplicación de Renfe, sino que también contribuiría a una experiencia de usuario más satisfactoria y sin complicaciones.

Por último, se ha encontrado con otro problema de usabilidad en el proceso de selección de **tarifa de billete**. En la última versión de la aplicación (15 de abril de 2024) se presenta un mensaje que destaca los beneficios de cambiar a la tarifa "Elige", un nivel superior de servicio. Este mensaje es seguido por tres botones, de los cuales solo uno aparece coloreado, específicamente el de "¡Cámbialo a Elige!". Esta técnica de marketing, orientada a incrementar los ingresos, puede generar confusión en el usuario, ya que parece implicar la obligatoriedad de seleccionar dicha opción. Esta percepción se ve reforzada por el hecho de que, en otras ventanas, los botones no coloreados no son seleccionables. Por tanto, se estaría incumpliendo de nuevo uno de los principios de la usabilidad de Jacob Nielsen como es "consistencia y estándares" (Nielsen, 2024).

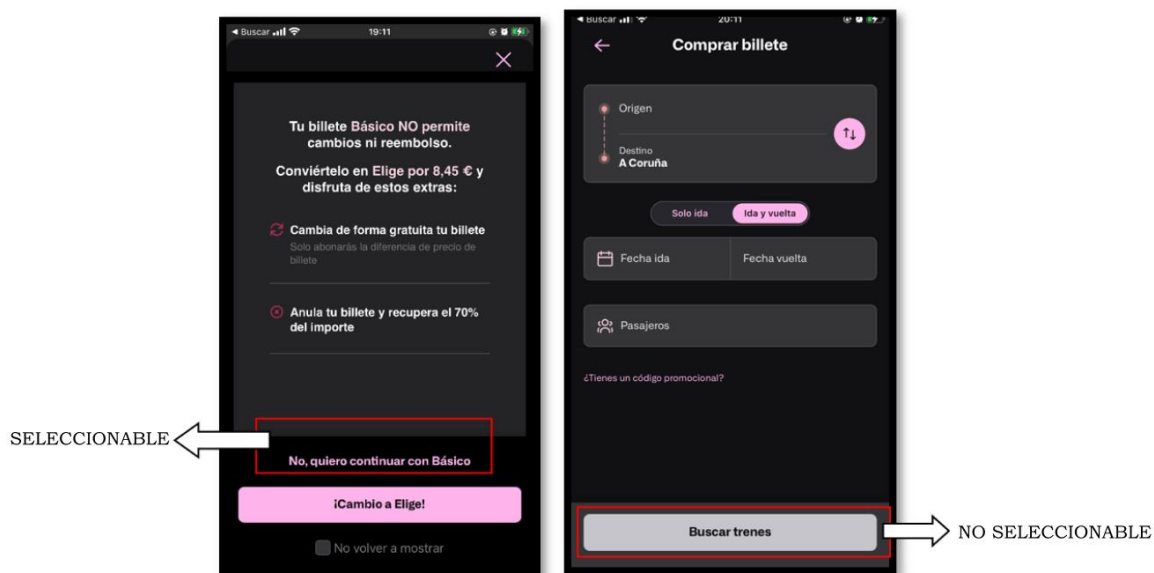


Ilustración 21. Comparativa de dos botones en la app de Renfe, uno seleccionable y otro no. Fuente: Renfe App (2024)



#### 4.2.2 Comparativa con estándares y buenas prácticas

La implementación de un diseño centrado en el usuario en una página web o aplicación ofrece numerosos beneficios, como el aumento del tráfico, la mejora de las tasas de conversión y la satisfacción del usuario. Para lograr esto, es fundamental seguir los principios básicos de la experiencia de usuario (UX) y aplicar las mejores prácticas de usabilidad, según lo propuesto por expertos como Jakob Nielsen. A continuación, se presentan algunas recomendaciones basadas en estos principios, junto con ejemplos de aplicaciones que las cumplen:

**Enfoque en el Usuario:** Es crucial ponerse en el lugar del usuario al diseñar una web o app. Esto implica comprender las necesidades y expectativas del usuario y diseñar la experiencia de usuario en torno a ellas. Utilizar herramientas como mapas de recorrido (más conocidas como *Journey Map*) ayuda a visualizar la experiencia del usuario y garantizar una navegación intuitiva. Un ejemplo de esto es la app **Airbnb**, que utiliza un diseño centrado en el usuario para facilitar la búsqueda y reserva de alojamientos.

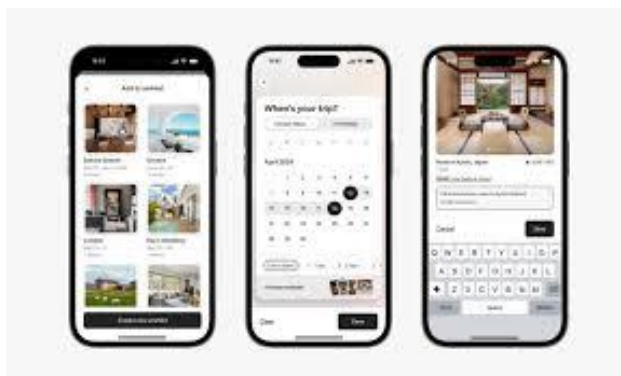


Ilustración 22. Aplicación móvil de Airbnb. Fuente: (Airbnb Newsroom, 2024)

**Diseño Uniforme y Simple:** Mantener un diseño coherente en todas las páginas ayuda a reforzar la identidad de la marca y a facilitar la navegación. Optar por un diseño limpio y sencillo con fondos claros, texto legible y una disposición ordenada de los elementos mejora la comprensión y la experiencia del usuario. Una buena práctica de esta uniformidad se encuentra diariamente en **Google Maps**.



Ilustración 23. Aplicación móvil de Google Maps. Fuente: (Motorpasionmoto, 2022)

**Mapa de Navegación:** Elaborar un mapa de navegación ayuda a organizar el contenido y establecer una jerarquía clara en el sitio web o la aplicación. Esto garantiza que los usuarios puedan encontrar fácilmente lo que están buscando y navegar sin dificultades. Una buena práctica de mapa de navegación es **Netflix**. Esta ofrece un menú de navegación simple, una barra de búsqueda efectiva, recomendaciones personalizadas, navegación por categorías y géneros, y una experiencia coherente en todas las plataformas.

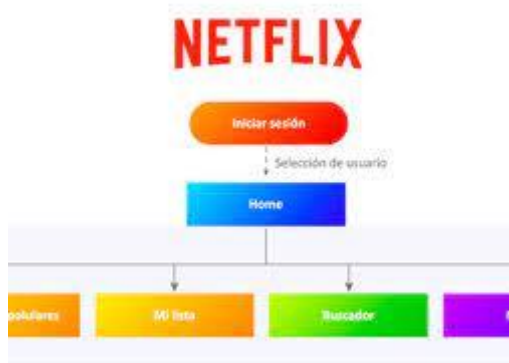


Ilustración 24. Ejemplo de mapa de navegación de Netflix. Fuente: (Behance, 2021)

**Diseño Accesible:** Es importante diseñar pensando en la accesibilidad para todos los usuarios, incluidos aquellos con discapacidades visuales o auditivas. Cumplir con las normas de accesibilidad garantiza que el producto sea usable para todos los usuarios y aumenta la interacción con él. Un ejemplo de esto es la app **Be My Eyes**, que ofrece asistencia visual a personas ciegas o con discapacidad visual.



Ilustración 25. Prototipo de aplicación móvil de Be My Eyes. Fuente: (Vonage, 2024)

**Buena Jerarquía de Contenidos:** Una jerarquía clara en la página facilita la comprensión de la información y mejora la experiencia del usuario. Utilizar encabezados adecuados y organizar el contenido de manera lógica permite a los usuarios acceder rápidamente a la información relevante. Un buen ejemplo de esto es la aplicación de **Trainline**, ya que organiza la información de manera lógica, prioriza los elementos más importantes, utiliza una estructura visual clara, con filtros y ofreciendo una navegación intuitiva



Ilustración 26. Prototipo de aplicación móvil de Trainline. Fuente: (Capture Expenses, 2022)

**Tipografía Adecuada:** Elegir una tipografía legible y fácil de leer es esencial para una buena experiencia de usuario. Evitar tipografías que dificulten la lectura y optar por opciones simples y claras ayuda a mantener la atención del usuario y a mejorar la usabilidad general del producto. Un ejemplo de esto es la app **Medium**, que utiliza una tipografía clara y bien diseñada para mejorar la legibilidad de sus artículos y publicaciones.

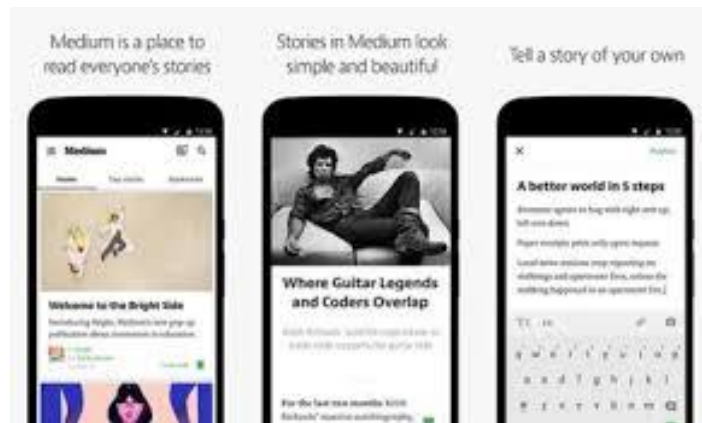


Ilustración 27. Prototipo de aplicación móvil de Medium. Fuente: (Xataka Android, 2015)

## 4.3 Accesibilidad

### 4.3.1 Evaluación del cumplimiento con pautas de accesibilidad WCAG

En este apartado me propongo llevar a cabo un análisis exhaustivo de la accesibilidad de la web de Renfe. Para este fin, utilizaré el estándar de referencia internacional conocido como **Web Content Accessibility Guidelines (WCAG)**. Estas directrices, desarrolladas por el **World Wide Web Consortium (W3C)**, constituyen un marco riguroso para evaluar y mejorar la accesibilidad de los sitios web y aplicaciones, con el objetivo de garantizar que sean utilizables por todas las personas, independientemente de sus capacidades o limitaciones.

La elección de WCAG como base para mi investigación se fundamenta en su amplio reconocimiento y adopción en el ámbito de la accesibilidad digital, así como en su capacidad para identificar y abordar las barreras que puedan dificultar el acceso a la información en línea.

La importancia de WCAG radica en su capacidad para proporcionar un marco estructurado y detallado que permite a los diseñadores, desarrolladores y propietarios de sitios web crear y mantener interfaces digitales que sean accesibles para una amplia gama de usuarios, incluidas aquellas personas con discapacidades visuales, auditivas, motoras, cognitivas o de otro tipo.

La aplicación de WCAG no solo cumple con los requisitos legales y éticos de garantizar la igualdad de acceso a la información en línea, sino que también beneficia a las organizaciones al aumentar la inclusión, la usabilidad y la satisfacción del usuario, así como al ampliar su alcance a una audiencia más diversa.

Los estándares WCAG 2.0 y WCAG 2.1 son pilares sólidos y fiables en el ámbito técnico, sirviendo como guía fundamental. Estas normativas abarcan 12-13 directrices que se organizan en cuatro principios esenciales: perceptibilidad, operabilidad, comprensibilidad y robustez. Dentro de cada directriz, se especifican criterios de cumplimiento, los cuales se clasifican en tres niveles de exigencia: A, AA y AAA, permitiendo así una evaluación precisa y detallada del grado de accesibilidad de un sitio web o aplicación.

1. **Percepción:** Es crucial que la información presentada en la aplicación sea perceptible para cualquier usuario, sin importar sus capacidades tanto cognitivas como sensoriales. Esto implica proporcionar alternativas textuales para elementos no textuales como imágenes, videos o gráficos, así como asegurar un contraste suficiente entre el texto y el fondo para facilitar la lectura.
2. **Operabilidad:** La app de Renfe debe ser fácil de operar para todos los usuarios, incluidos aquellos con discapacidades motoras o cognitivas. Esto implica garantizar que todas las funciones y controles sean

accesibles mediante diferentes métodos de entrada, como el teclado, y que el contenido sea navegable de manera lógica y consistente.

3. **Comprensión:** La información y el funcionamiento de la aplicación deben ser claros y fácilmente entendibles para cualquier usuarios, incluidos aquellos con discapacidades de atención o de aprendizaje. Esto implica utilizar un lenguaje claro y sencillo, proporcionar instrucciones claras y consistentes, y evitar jerga o términos técnicos innecesarios.
4. **Robustez:** La aplicación debe ser robusta y compatible con una variedad de tecnologías de asistencia, navegadores y dispositivos. Esto implica seguir estándares de codificación web actualizados y probar regularmente la accesibilidad con herramientas de evaluación automáticas y pruebas con usuarios reales con discapacidades.

En particular, se examinará los desafíos que enfrentan dos páginas específicas: la página principal y la página que se muestra al ingresar los datos de un viaje y hacer *clíc* en el botón "comprar", de las versiones más deficientes de la app encontradas en la última década,

Se comenzará evaluando la validación del código HTML de la página principal, ya que ambas versiones de las *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) del World Wide Web Consortium (W3C)* lo requieren.

Los resultados obtenidos del validador oficial del W3C han sido sumamente negativos, con 75 errores y 7 advertencias.

Se analizarán los primeros errores para comprender su naturaleza.



Ilustración 28. Resultados de Renfe tras el Validador Oficial de W3C. Fuente: W3C (2022)

Inicialmente, se observa que la página ha definido correctamente el DOCTYPE XHTML 1.0 Strict, lo cual es un aspecto positivo. Sin embargo, se ha identificado un error fundamental: la presencia del atributo "onLoad" con la "L" en mayúscula. Conforme a las normativas de XHTML, los atributos deben escribirse en minúsculas (Javatpoint, 2021).

Además, se encuentran errores en el primer formulario, ya que está escrito directamente dentro de la etiqueta <form>, lo cual no es válido. Esta debe ser reubicada y tiene dos posibilidades, un párrafo <p> o un contenedor <div>. Al colocar los campos del formulario dentro de elementos de bloque, se consigue una organización más clara y semántica del contenido, lo que facilita su

comprensión y manipulación tanto para los desarrolladores como para los navegadores y tecnologías de asistencia.

```
ie7.css" /><![endif]-->
45         <!--[if IE 8]><link rel="stylesheet" type="text/css
ie8.css" /><![endif]-->
46
47
48 <title>Renfe</title>
49
50
51 </head>
52 <!-- BODY -->
53 <body onload="loadEstaciones();"
54
55
56 <!-- CABECERA (.) -->
57
58 <div id="cabecera">
59     <h1 class="oculto">Renfe</h1>
60     <!-- Navegación recurrente -->
61     <h2 class="oculto">Selección de Idiomas</h2>
62     <div id="nav_rec">
```

Ilustración 29. Etiqueta onLoad escrita incorrectamente en el HTML de Renfe. Fuente: Renfe (2024)

La herramienta de evaluación de accesibilidad WAVE identifica 5 errores, todos ellos asociados a la falta de etiquetas <label> correctamente asociadas advertencias. (Institute for Disability Research, Policy & Practice, 2024).

Aunque hay una etiqueta <label> para el campo de texto, no se observa una correcta asociación entre la etiqueta y el campo de entrada (<input>). La etiqueta <label> debería tener un atributo for cuyo valor coincida con el atributo id del campo de entrada. En este caso, for="busqueda" debería coincidir con id="busqueda", lo cual parece estar correcto, pero es necesario verificar que esta asociación se mantenga en todos los campos del formulario.

```
84 </div>
85         <!-- Fin Navegación -->
86 <!-- Buscador -->
87
88     <div id="buscador">
89         <form method="get" action="http://buscador.renfe.com/search" class="formcab">
90             <label for="busqueda" class="hidden">Texto a buscar</label>
91                 <input class="campo" name="q" id="busqueda" type="text">
92             <input class="boton" src="img/maquetacion/bt_buscar.gif" value="Buscar" alt="Buscar"
title="Buscar" type="image">
93             <input type="hidden" name="client" value="default_frontend"/>
94
95             <input type="hidden" name="output" value="xml_no_dtd"/>
96             <input type="hidden" name="proxystylesheet" value="default_frontend"/>
97         </form>
98     </div>
```

Ilustración 30. Código XHTML de la función Buscador de la web de Renfe. Fuente: Renfe (2024)

Además, en la siguiente imagen se observa que se repite de nuevo el uso de etiquetas <input> escritas en mayúsculas. Esto es otro error de validación ya que, como se mencionaba previamente, los nombres de las etiquetas deben



estar escritos en minúsculas. HTML es un lenguaje de marcado que tiene una sintaxis específica y sensible a mayúsculas y minúsculas. Por lo tanto, el uso de mayúsculas en las etiquetas <input> se considera una violación de esta convención y, como tal, no es válido según las normas del lenguaje.

```
<p>
  <INPUT NAME="tarjetaJoven" type="checkbox" <
  ccesskey="J">Tarjeta Joven</label>

  <INPUT NAME="tarjetaDorada" type="checkbox" class="b

  <label for="TajertaDorada" accesskey="G" class="but
</p>
</div>
```

Ilustración 31. Etiquetas input escritas en mayúsculas en el código Html de la web de Renfe. Fuente: Renfe (2024)

En la siguiente fotografía se puede observar que todos los campos involucrados en la página de inicio tienen encabezado excepto uno muy importante: las redes sociales.



Ilustración 32. Sección de Inicio en la página web de inicio versión 2019. Fuente: Renfe (2024)

Partiendo de este apartado, se encuentra otro problema grave de accesibilidad. Se trata de la omisión del aviso de apertura de un enlace en una nueva ventana. Esta es una práctica muy poco adecuada ya que el usuario debe tener total libertad para abrir un enlace en una ventana nueva o no, nunca se debe elegir por el usuario (Kaley, 2020).



```

<div class="redessociales">
<p>Siguenos en</p>
<ul>
<li><a href="https://www.facebook.com/Renfe" onclick="window.open(this.href, 'popupwindow', ''); return false;"
title="Renfe en Facebook"></a></li>
<li><a href="http://www.youtube.com/Renfe" onclick="window.open(this.href, 'popupwindow', ''); return false;"
title="Renfe en Youtube"></a></li>
<li><a href="https://twitter.com/renfe" onclick="window.open(this.href, 'popupwindow', ''); return false;"
title="Renfe en Twitter"></a></li>
</ul>
<ul>
<li><a href="http://www.flickr.com/photos/renfeoperadora/" onclick="window.open(this.href, 'popupwindow', ''); return false;"
title="Renfe en Flickr"></a></li>
<li><a href="http://blog.renfe.com/" onclick="window.open(this.href, 'popupwindow', ''); return false;"
title="Blog de Renfe"></a></li>
</ul>

```

Ilustración 33. Código html de la página "Redes Sociales" de la web de Renfe. Fuente: Renfe (2024)

La herramienta de evaluación TAW detecta 13 errores automáticos de prioridad 2. La herramienta de evaluación TAW (Test de Accesibilidad Web) es un recurso utilizado para analizar y verificar la accesibilidad de sitios web. Desarrollada por el CTIC Centro Tecnológico, TAW ofrece un diagnóstico detallado sobre el cumplimiento de las directrices de accesibilidad web, proporcionando informes sobre diversos niveles de prioridad de los problemas detectados, principalmente relacionados con la mala etiquetación de los campos de los formularios (CTIC Centro tecnológico, s.f.). Estos errores de prioridad 2 derivan de nuevo de las etiquetas <label>. Este nivel no se reconoce como crítico pero sí que dificultan la lectura a personas discapacitadas.



Ilustración 34. Resultados de TAW, herramienta de evaluación de accesibilidad. Fuente: taw (2022)

La herramienta de evaluación eXaminator, también apoyada en requisitos WCAG 2.0, otorga una calificación de 6,5 sobre 10.

Esta herramienta detecta que ciertos elementos parecen ser botones pero en realidad son atributos sin identificador. Esto puede impedir que los usuarios completen el proceso de compra, llevándolos al abandono del sitio, que a los usuarios que dependan de tecnologías asistivas inaccesible y que Renfe se someta a penalizaciones por incumplimiento de accesibilidad web.

Es importante recordar que las herramientas automáticas de evaluación de accesibilidad pueden no detectar todos los problemas. De hecho, los problemas más graves, que se detallarán a continuación, no son identificados por estas herramientas.

Uno de los problemas más graves se encuentra en el formulario de compra, donde la falta de etiquetado correcto de los campos dificulta la navegación para usuarios con discapacidad visual. Esto se debe a que las personas que utilizan un lector de pantallas navegan por las páginas web a través de una lista que contiene todos los enlaces de la página.

En la página de Renfe, a los usuarios ciegos les aparece repetido el enlace "Día Antes" y "Después", pero no saben si se refiere al viaje de ida o de vuelta, lo cual les genera una gran confusión.



Ilustración 35. Página de selección de origen y destino en la web de Renfe. Fuente: Renfe (2024)

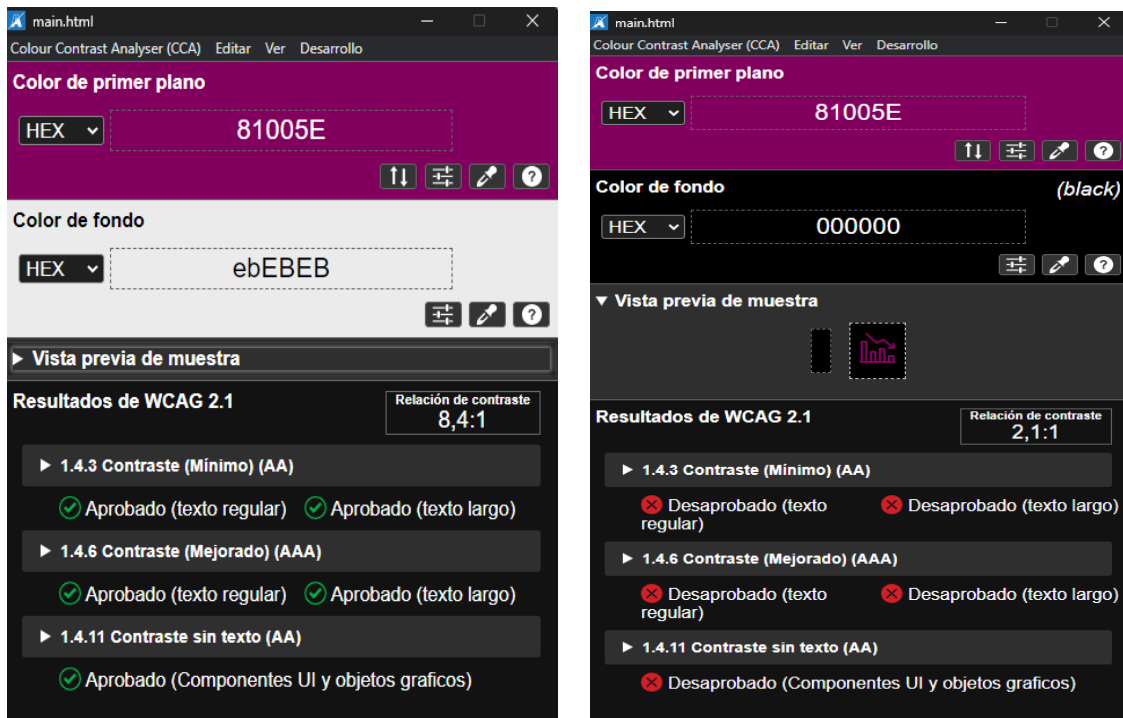
Ilustración 36. Página de selección de origen y destino en la web de Renfe. Fuente: Renfe (2024)

```
754 <a href="#"  
755 class="link_diadespues" title="Día Antes para la vuelta" onclick="javascript:doDias('-1','Vuelta')">  
756   
757   
758   
759 </a> Día Antes
```

Ilustración 36. Código HTML correspondiente a las etiquetas de "Día Antes" y "Después" de la web de Renfe. Fuente: Renfe (2024)

A continuación, se va a analizar otro de los factores clave que influyen en la accesibilidad de una aplicación: los colores y contrastes. Para evaluar la esto, he utilizado la herramienta *Color Contrast Analyzer*, la cual se basa en las pautas de la WCAG 2.1. Esta herramienta permite medir los contrastes de colores para garantizar que los elementos visuales sean claramente distinguibles, especialmente para usuarios con discapacidades visuales (TPGI, LLC, 2024).

Una vez realizadas las mediciones, se han obtenido resultados satisfactorios para la plataforma en su modo estándar, cumpliendo con los criterios de accesibilidad establecidos en la WCAG 2.1. Sin embargo, al analizar el modo noche, se observa que no cumple siquiera con el nivel AA de accesibilidad. Esto implica que algunos usuarios podrían enfrentar dificultades para distinguir los elementos visuales en este modo, lo que afectaría negativamente a su experiencia de usuario.



Ilustraciones 37 y 38. Ejemplo de aprobación y desaprobación de contrastes entre los colores de Renfe.  
Fuente: Colour Contrast Analyser (2024)

### 4.3.2 Pruebas con usuarios con discapacidades

Con el objetivo de evaluar la usabilidad y accesibilidad de la aplicación móvil de Renfe, se llevarán a cabo pruebas con usuarios que presenten diferentes tipos de discapacidad: baja visión, discapacidad motora por Parkinson y discapacidad cognitiva por déficit de atención. Estas pruebas permitirán identificar posibles barreras de accesibilidad y mejorar la experiencia de usuario para todos los usuarios, incluidos aquellos con discapacidades.

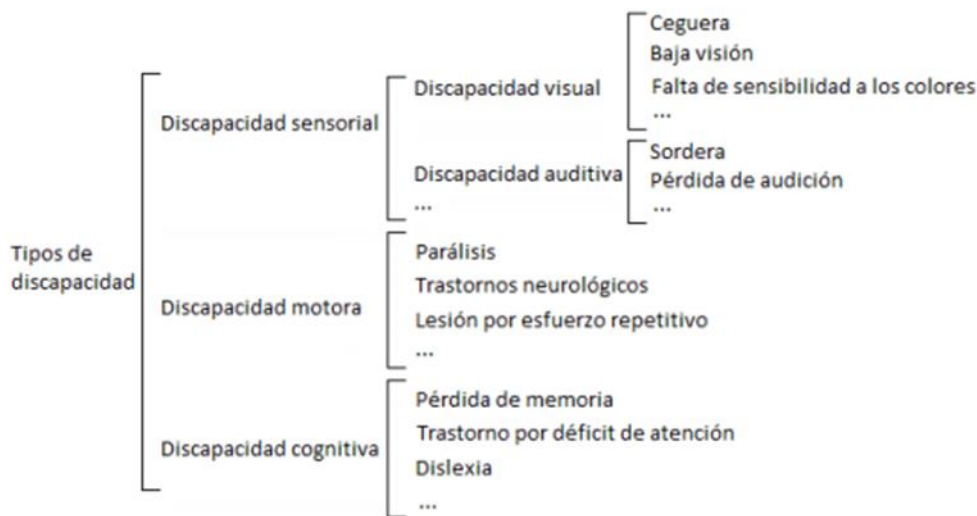


Ilustración 37. Esquema de tipos de discapacidad.  
Fuente: (Fundación Adecco, 2024)

### Prueba 1: Discapacidad Visual con Baja Visión

- **Actividad:** Buscar y seleccionar un viaje en la aplicación móvil de Renfe.
- **Tiempo:** 5 minutos.
- **Observaciones:**
  - El usuario con baja visión encontró difícil leer el texto en la pantalla debido al tamaño reducido de la fuente y la falta de contraste.
  - Se requirió mucho esfuerzo para enfocar y seleccionar las opciones en la pantalla.
  - La falta de etiquetas claras en los botones y elementos de navegación dificultó la comprensión.
  - Se sugiere aumentar el tamaño del texto y mejorar el contraste para facilitar la lectura.
  - Se debe implementar etiquetas descriptivas y *feedback* auditivo para ayudar a los usuarios a navegar por la aplicación.

### Prueba 2: Discapacidad Motora por Parkinson

- **Actividad:** Comprar un billete y proceder al pago en la aplicación móvil de Renfe.
- **Tiempo:** 9 minutos.
- **Observaciones:**

- El usuario con discapacidad motora experimentó dificultades para seleccionar los botones y campos de texto debido a los movimientos involuntarios.
- La falta de tamaño y espaciado adecuados entre los botones aumentó la probabilidad de errores al tocar.
- Se recomienda aumentar el tamaño de los botones y añadir un espacio suficiente entre ellos para evitar toques accidentales.
- La función de deslizar para seleccionar opciones resultó difícil de controlar.
- Se sugiere proporcionar opciones de navegación alternativas, como botones de flecha para avanzar y retroceder durante todo el proceso, ya que en algunas fases la X sirve para cancelar todo el proceso y en otras solo para volver a un paso anterior.

### **Prueba 3: Discapacidad Cognitiva por Déficit de Atención**

- **Actividad:** Buscar un horario de tren y seleccionar un tren en la aplicación móvil de Renfe.
- **Tiempo:** 6 minutos.
- **Observaciones:**
  - El usuario con déficit de atención encontró complicado concentrarse en la búsqueda debido a la cantidad de información en la pantalla.
  - La falta de claridad en la presentación de horarios y opciones de tren dificultó la toma de decisiones.
  - Se sugiere simplificar la presentación de la información, utilizando iconos claros y texto conciso.
  - La navegación entre las diferentes opciones de tren fue confusa y se perdía fácilmente el hilo de la búsqueda.
  - Se recomienda implementar una estructura de navegación más clara y guiar al usuario paso a paso a través del proceso de selección.

## 5. Rediseño de la Aplicación de Renfe

### 5.1 Identificación de áreas de mejora

Problema	Severidad	Facilidad de corrección	Recomendación
Página de inicio	2	1	Jerarquizar y unificar elementos Ser capaz de colocar toda la información sin tener pantallas extra en medio
Mi Viaje	3	2	Añadir jerarquía e instrucciones más claras
Menú	3	1	Añadir descripción de texto a los iconos Estado activo en el icono
Página de Resultados	4	1	Redistribuir elementos en la página Comprar todos los billetes en la aplicación
Detalles del pasajero	4	2	Añadir opciones para elegir todos los descuentos disponibles como en la página web
Búsqueda de billete			Primero seleccionar el origen y después el destino, como en la página web
Página del pasajero	2	1	Agregar asteriscos para mostrar que la información necesaria es obligatoria
Todas las páginas	2	1	Mantener la consistencia de los iconos
Método de pago	4	2	Añadir <i>Apple Pay</i> , como en la página web
Página de pago	3	1	Corregir alineación y reorganizar la información

Ilustración 38. Tabla de identificación de áreas de mejora y recomendaciones de soluciones en la aplicación de Renfe.  
Fuente: Elaboración propia

## 5.2 Propuestas de rediseño técnico

El propósito de este informe es presentar una propuesta de rediseño para la aplicación móvil de Renfe, con el objetivo de mejorar la experiencia del usuario y aumentar la accesibilidad a los servicios ferroviarios ofrecidos por la empresa.

### **Funcionalidad: Fechas Flexibles**

La funcionalidad "Fechas Flexibles" tiene como objetivo permitir a los usuarios encontrar los mejores precios de billetes de tren seleccionando simplemente un mes de viaje. La aplicación mostrará una representación visual del calendario, donde los días disponibles se destacarán en tres colores diferentes según sus precios: verde para los días más económicos, amarillo para los precios intermedios y rojo para los días más caros. Esta funcionalidad se inspira en las prácticas de aplicaciones como *SkyScanner*, que ofrecen una forma intuitiva de buscar vuelos.

### **Funcionalidad: Explora tu Destino**

La funcionalidad "Explora tu Destino" está diseñada para aquellos usuarios que desean viajar en tren, pero aún no tienen un destino específico en mente. Al seleccionar esta opción, la aplicación mostrará una lista de todos los destinos disponibles en la red de trenes de alta velocidad de Renfe, ordenados por el precio más bajo. Esta característica está dirigida a aquellos que buscan oportunidades de viaje inesperadas y desean encontrar ofertas y destinos alternativos que quizás no habían considerado previamente.

### **Funcionalidad: Número predeterminado como viajeros: 1**

En este rediseño se diseña que por defecto el número de pasajeros al realizar una búsqueda será 1. Considero que no es relevante requerir el número de pasajeros para realizar una búsqueda rápida porque, en muchos casos, los usuarios están simplemente explorando opciones de viaje y no necesitan especificar de inmediato cuántas personas viajarán. Esta funcionalidad está dirigida principalmente a aquellos usuarios que pretenden realizar una exploración inicial en un tiempo de empleo mínimo.

Estas nuevas funcionalidades ofrecen varios beneficios tanto para los usuarios como para Renfe:

Mejora de la experiencia del usuario: Facilita la búsqueda de billetes de tren al ofrecer opciones flexibles y sugerencias de destinos.

Mayor ahorro: Permite a los usuarios encontrar los mejores precios de forma rápida y sencilla, fomentando así el uso del tren como medio de transporte.

Incremento de la competitividad: Renfe se posicionará como una opción más atractiva frente a otros medios de transporte al ofrecer una aplicación móvil más intuitiva y funcional.

### **Propuesta de rediseño de las ventajas premium**

La visualización de los diferentes tipos de billetes se simplifica notablemente. Inicialmente, se muestra solo el billete más económico, pero el usuario puede optar por ver todas las opciones. Al hacer clic en el botón "Total x €", se despliegan en una ventana emergente las demás opciones, permitiendo al usuario decidir si desea aprovechar las ventajas de los billetes premium.

Este enfoque reduce la carga cognitiva del usuario al momento de elegir, ya que solo se requiere una decisión antes de pasar al siguiente paso. Se basa en la técnica del "disclosure progresivo", donde el contenido se revela gradualmente según las necesidades del usuario.

### **Implementación**

La implementación de estas funcionalidades requerirá una revisión completa de la arquitectura de la aplicación de Renfe y el desarrollo de nuevas características. Se sugiere un proceso iterativo de diseño y pruebas para garantizar la usabilidad y la eficacia de las nuevas funciones. Además, será necesario coordinar con los equipos de desarrollo de software y de marketing de Renfe para asegurar una implementación exitosa.

### **Mapa de navegación**

En la siguiente imagen se muestran las fases por las que el usuario atraviesa desde que abre la aplicación de Renfe y no es su primera vez, es decir, no tiene que registrarse, hasta que completa el proceso de compra de billete y obtiene sus tickets correspondientes.

Como se puede observar, el usuario primeramente elige el destino que quiere visitar y posteriormente el origen. Más tarde, el usuario completa las siguientes fases en este orden: Selecciona fecha – Selecciona el tipo de usuario (niño, adulto, jóvenes, tarjeta dorada) – Selecciona tren – Datos viajero – Incluir opciones adicionales – Pago – Obtención de tickets.



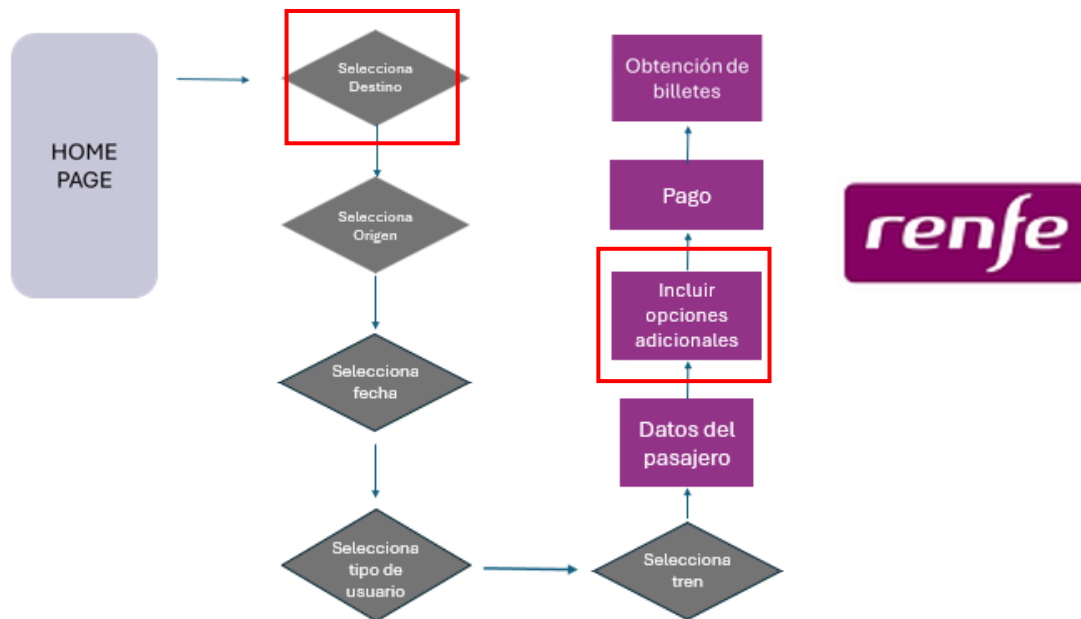


Ilustración 39. Esquema del mapa de navegación de la app actual de Renfe. Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra la imagen del nuevo mapa de navegación propuesto para el rediseño de la aplicación. Las principales diferencias durante el proceso de compra son el orden de selección de origen, destino y selección de opciones adicionales, junto a la implementación de dos tipos de ventanas al hacer *clic* en fechas: concretas o flexibles.

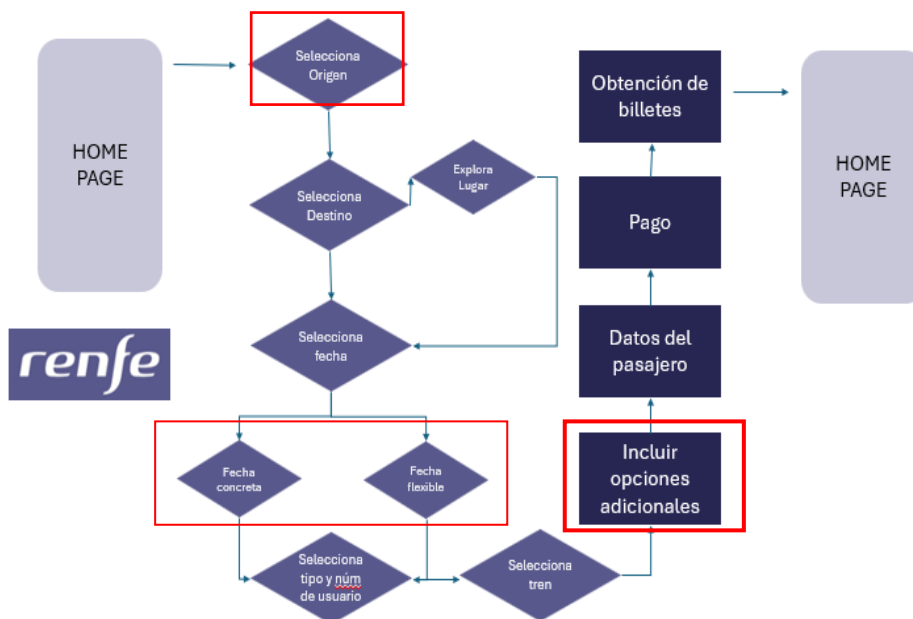


Ilustración 40. Esquema del mapa de navegación del rediseño de la app de Renfe. Fuente: Elaboración propia

## 5.3 Implementación de mejoras y prototipado

En este prototipo de alta fidelidad, se ha aplicado un sistema de diseño coherente y funcional para mejorar la experiencia de usuario al utilizar la aplicación de Renfe. A continuación, se explicarán los elementos clave utilizados en este rediseño:

### Sistema de diseño:

Se ha implementado un sistema de diseño que garantiza coherencia visual y funcionalidad en toda la aplicación. Para ello se han reciclado ciertos componentes de la actual aplicación, como el logo o la iconografía de Renfe para garantizar que el usuario pueda identificar su marca corporativa en todo momento. Por otra parte, se ha diseñado una nueva disposición de elementos para una experiencia de usuario más intuitiva y eficiente.

### Paleta de colores:

La paleta de colores seleccionada se ha diseñado pensando en la identidad de Renfe y en la facilidad de uso para el usuario. Se ha optado como color primario por un morado debido a que es un color vibrante y que no se aleja en exceso del rosa previo. Esto resultará agradable a la vista y facilitará la navegación resaltando la información importante. Para nuestro diseño se utilizará el color #59588c y el #ffff

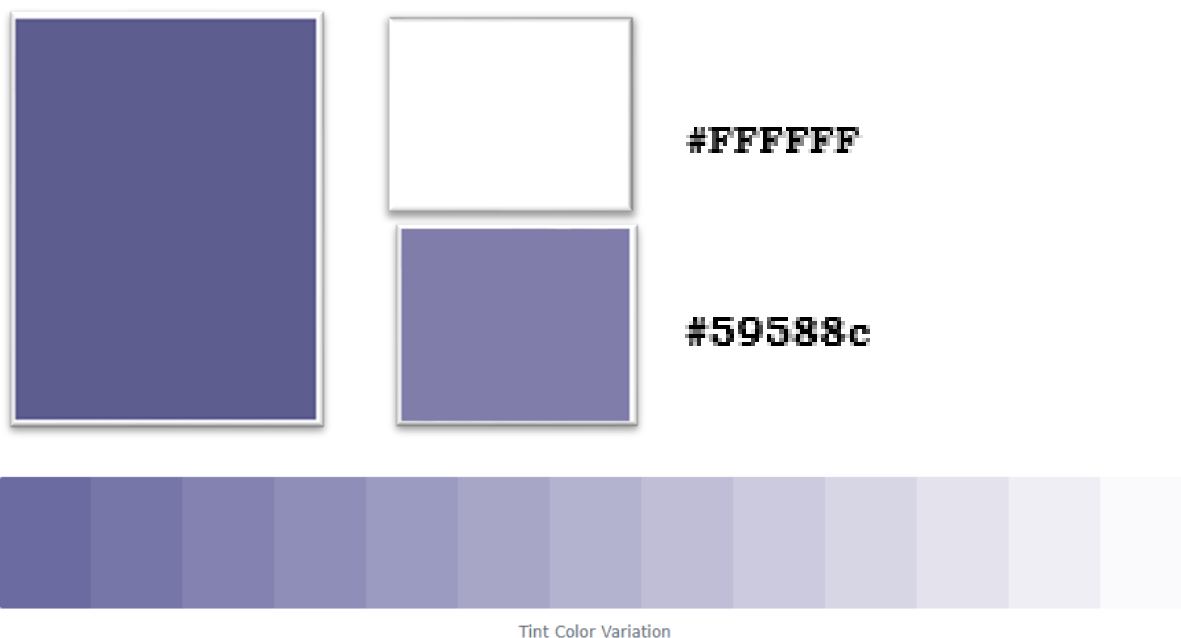


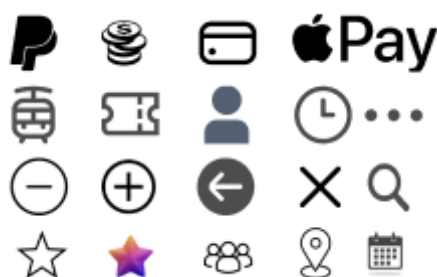
Ilustración 41. Paleta de colores utilizada en el rediseño. #59588c y degradados hasta #ffffff. Fuente: Elaboración propia

### Tipografía:

La tipografía utilizada se ha seleccionado cuidadosamente para garantizar una excelente legibilidad y coherencia en toda la aplicación. Se ha optado por una fuente moderna y fácil de leer como son Georgia y Roboto, que brindan una experiencia de lectura cómoda en pantallas móviles. La primera se utilizará para las listas de estaciones y la información ya rellena del pasajero, y la segunda para la información que brindan los grandes botones.

### **Iconografía:**

La iconografía es un elemento crucial en el diseño de aplicaciones móviles, por lo que se han creado todos los iconos necesarios, especialmente adaptados para este proyecto en particular. El conjunto de iconos realizados consta de un total de 24 elementos y han sido extraídos todos ellos de la plataforma online *Flaticon*.



*Ilustración 42. Iconos utilizados en el prototipo. Fuente: Flaticon*

Se ha optado por utilizar iconos planos debido a que muchas de las funciones y elementos que representarán son exclusivos de la marca, y el usuario no está familiarizado con ellos.

### **Prototipo de Baja Fidelidad**

En el presente apartado, se presenta el prototipo de baja fidelidad del rediseño de la aplicación de Renfe, el cual ha sido desarrollado mediante la herramienta **ProCreate**. Este rediseño se ha centrado específicamente en la funcionalidad del proceso de "compra de billetes". Esta elección se debe a que dicho proceso es el más utilizado por los usuarios dentro de la aplicación, y dada la limitación de tiempo para el desarrollo, se prioriza la implementación de esta funcionalidad clave. La importancia de un prototipo de baja fidelidad radica en su capacidad para visualizar y evaluar el flujo de navegación y la disposición de los elementos que facilitan la interacción del usuario.

David y Tom Kelley, fundadores de la reconocida consultora de diseño e innovación IDEO, afirman que "Si una imagen vale más que 1000 palabras, un prototipo vale 1000 reuniones". Esta cita subraya la relevancia de los prototipos como herramientas efectivas para la comunicación de ideas y la iteración de diseño (Littman, 2001). Un prototipo de baja fidelidad permite

identificar y solucionar problemas de usabilidad en etapas tempranas del desarrollo, evitando costos elevados y retrasos significativos.

En el prototipo presentado, se busca visualizar el mapa de navegación y la disposición de los elementos de interfaz que optimizan la experiencia del usuario durante la compra de billetes. Esto incluye la organización de las pantallas, la ubicación de botones y campos de entrada, y la estructura general del flujo de compra.

Este enfoque tiene como objetivo principal reducir la complejidad de un diseño tan dinámico, simplificándolo y utilizando botones de mayor tamaño para incluir a las personas con movilidad reducida, quienes experimentan dificultades al intentar presionar botones (como en el caso de quienes padecen Parkinson). Asimismo, se busca establecer colores más sencillos para que los usuarios con sensibilidad a los contrastes también puedan utilizar la aplicación.



Ilustración 43. Prototipo de baja fidelidad para el rediseño de Renfe. Fuente: Elaboración propia mediante ProCreate

Ahora, sin más preámbulos, se invita a explorar las imágenes del prototipo de alta fidelidad para ver cómo estas decisiones de diseño se han aplicado en la aplicación móvil de Renfe.

## Prototipo de Alta Fidelidad

En el presente apartado, se expone el prototipo de alta fidelidad del rediseño de la aplicación de Renfe, desarrollado utilizando la herramienta **Figma**. Este rediseño se ha enfocado específicamente en la funcionalidad del proceso de "compra de billetes" por el mismo motivo que se mencionaba previamente.

El primer aspecto considerado en este rediseño ha sido la elección del fondo de la aplicación. Para este prototipo, se ha decidido utilizar un fondo de Renfe en blanco sobre morado, visible en todo momento en la parte superior del teléfono complementado por un fondo gris con la silueta de una estación de tren en la parte inferior. Este diseño no solo busca mejorar la estética visual de la aplicación, sino también proporcionar una experiencia de usuario coherente y agradable, alineada con la identidad de marca de Renfe.



*Ilustración 44. Diseño del fondo del prototipo de alta fidelidad. Fuente: Elaboración propia mediante Figma*

Durante el análisis realizado sobre la disposición de los elementos en la página web de Renfe, he observado que se utiliza predominantemente un patrón de forma Z. Este patrón se intercala con un movimiento vertical en la aplicación móvil. Probablemente la decisión inicial de colocar botones en la parte inferior derecha de la pantalla se haya basado en la suposición de que el flujo típico de atención del usuario sigue un patrón en forma de Z, según el diagrama de Gutenberg (González, 2019). Este patrón describe los movimientos de lectura de los usuarios de culturas occidentales, que tienden a seguir un recorrido visual desde la esquina superior izquierda hasta la esquina inferior derecha de la página (UX Sebastian, 2020).

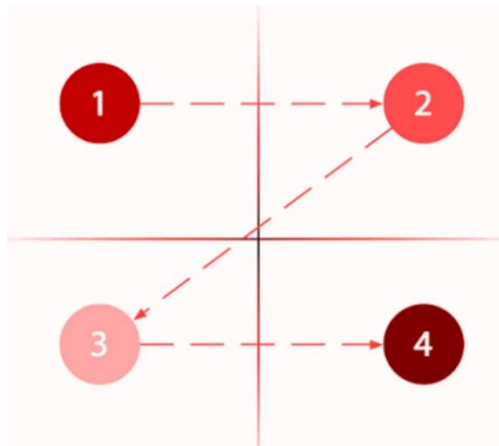


Ilustración 45. Flujo de atención de usuario en forma Z. Fuente: (Medium, 2020)

Sin embargo, en el rediseño propuesto de la aplicación, se ha optado por emplear el movimiento vertical de manera consistente en todas las páginas que requieran la cumplimentación de formularios, con el fin de agilizar tanto la carga de los formularios como la toma de decisiones en los cuadros de diálogo con botones.

Esta elección es crucial para optimizar la velocidad en la interacción con los formularios y en la toma de decisiones dentro de los cuadros de diálogo. Esta elección permite una navegación más fluida y una experiencia de usuario más coherente, al reducir la necesidad de desplazamientos horizontales.

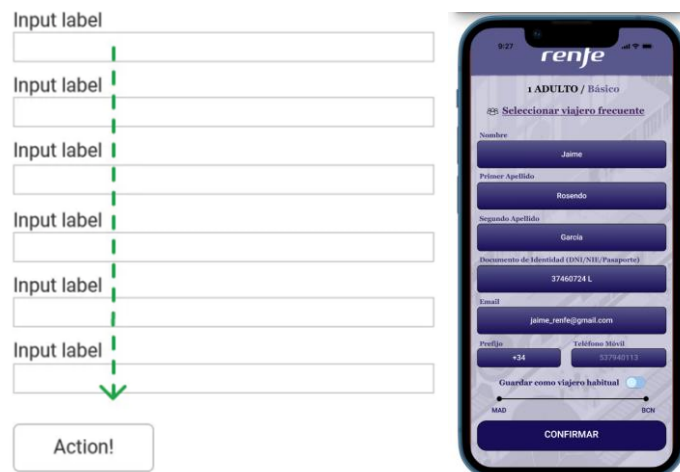


Ilustración 46. Ejemplo de navegación vertical aplicada en mi rediseño de Renfe. Fuente: Elaboración propia mediante Figma

En el proceso de rediseño de la aplicación móvil de Renfe, se ha tomado la decisión consciente de evitar la colocación de elementos seleccionables en la parte superior izquierda de la pantalla, con la excepción del botón de retroceso. Esta elección está fundamentada en datos que indican que el 49% de los usuarios utilizan sus dispositivos móviles con una sola mano, lo que

implica ciertas limitaciones en el alcance y la accesibilidad de las zonas superiores de la pantalla (Hoover, 2013).

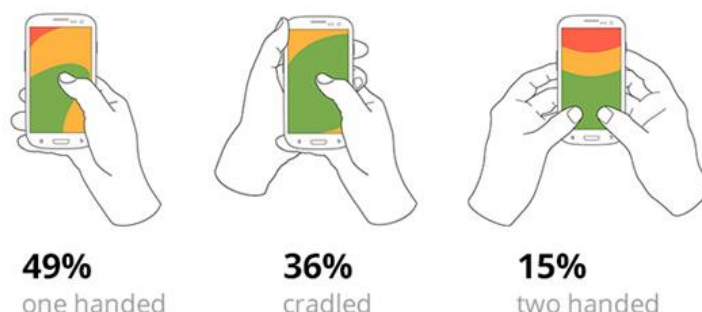


Ilustración 47. Distribución de la forma en la que los usuarios utilizan el teléfono. Fuente: (UXmatters, 2013)

La decisión de centralizar los elementos interactivos en áreas de fácil acceso mejora significativamente la usabilidad y la eficiencia de la aplicación. Al situar los botones y opciones de selección en zonas que pueden ser alcanzadas cómodamente con el pulgar, se facilita una interacción más rápida y natural. Esto es especialmente importante para acciones frecuentes como la navegación y la selección de opciones en formularios, donde la rapidez y la comodidad pueden impactar directamente en la satisfacción del usuario y en la eficiencia del proceso.

En el rediseño de la aplicación móvil de Renfe, se ha implementado un nuevo método de autenticación para los usuarios que han olvidado su contraseña. Actualmente, el sistema de recuperación de contraseñas de Renfe requiere que el usuario introduzca su correo electrónico o su número de cliente Más Renfe. Sin embargo, estos datos no siempre son fácilmente recordados por los usuarios. Para abordar este problema, he diseñado una opción adicional que permite la verificación a través de un SMS enviado al número de teléfono registrado por el usuario.

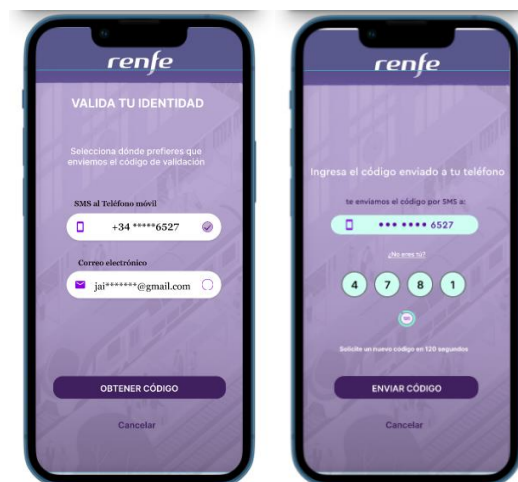


Ilustración 48. Validación de identidad por SMS. Fuente: Elaboración propia mediante Figma



Se ha implementado el servicio de asistencia dentro de la aplicación de Renfe, accesible directamente desde la página de inicio. Esta integración hace que la aplicación sea más inclusiva, ya que evita la necesidad de utilizar aplicaciones separadas para diferentes servicios, facilitando así una experiencia de usuario más coherente y accesible.

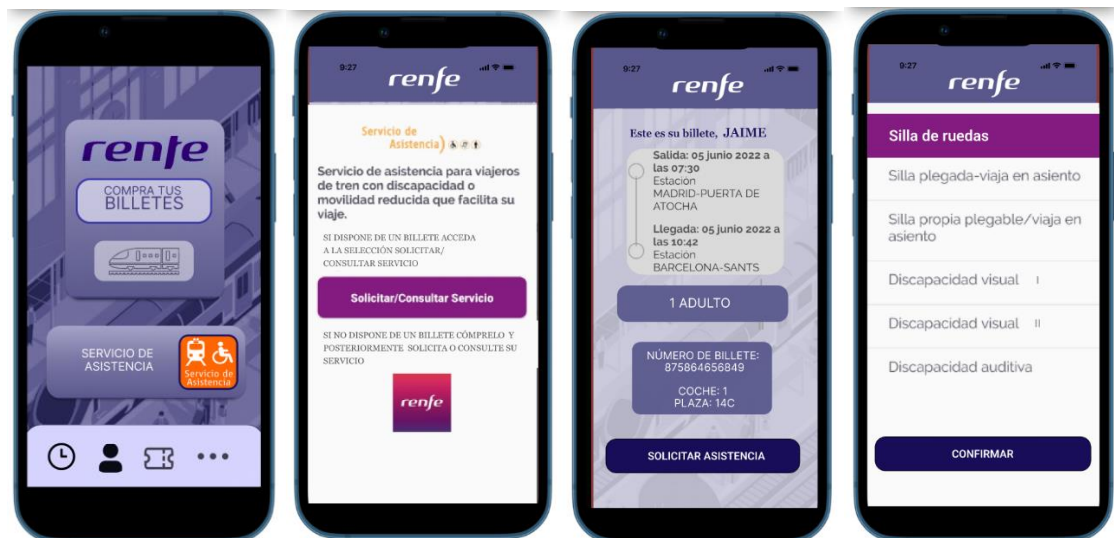


Ilustración 49. Servicio de asistencia integrado en la app de Renfe. Fuente: Elaboración propia mediante Figma

Como se puede apreciar en la imagen anterior, usuario debe escanear o indicar su billete mediante el localizador. Al hacerlo, se mostrará un resumen de su viaje, tras lo cual podrá solicitar los tipos de asistencia disponibles, como se ilustra en la imagen del prototipo. Esta funcionalidad permite a los viajeros con movilidad reducida o con necesidades especiales gestionar su asistencia de manera eficiente y cómoda desde una única plataforma.



Como se mencionaba en el apartado 5.2 *Propuestas de Rediseño Técnico*, se ha implementado dos funcionalidades en la búsqueda de trenes que van a otorgarle al usuario gran flexibilidad. En el reciente rediseño de la aplicación de RENFE, se han incorporado las funcionalidades de “fechas flexibles” y “explora cualquier lugar”, mejorando significativamente la experiencia del usuario.

Esto permitirá al usuario escoger una fecha específica o un mes completo para ver diferentes destinos ordenados por precio ascendente o de lo contrario seleccionar un destino concreto y explorar las diferentes fechas con los precios más bajos. Esto es particularmente útil para usuarios con flexibilidad en sus fechas de viaje, permitiéndoles encontrar tarifas más asequibles y planificar sus viajes de manera eficiente. Además, el usuario estaría ahorrando tiempo comparando esta funcionalidad con ir buscando destinos y fechas más económicos uno por uno.

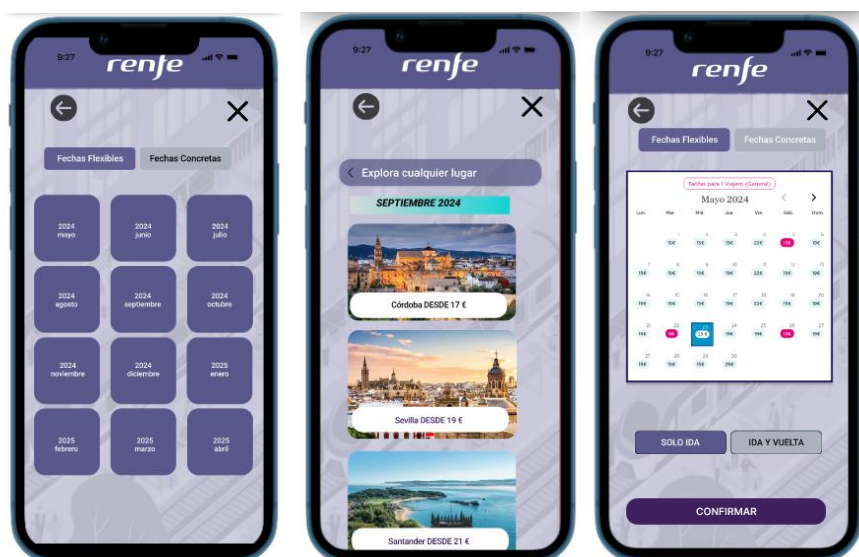


Ilustración 50. Funcionalidad "Fechas flexibles" y "Explora cualquier lugar". Fuente: Elaboración propia mediante Figma

## 6. Evaluación del Impacto del Rediseño

### 6.1 Recopilación y análisis de datos pre y post-rediseño

Para evaluar los resultados derivados del rediseño de la aplicación de RENFE, se realizaron pruebas a un grupo diverso de 10 usuarios, todos utilizando un iPhone 7 Plus. Como solo se ha implementado la funcionalidad de búsqueda de viaje y la integración del servicio de asistencia, solo se evaluará la actividad de búsqueda de viaje que se especificó para las pruebas antes del rediseño. En este caso, no se ha escogido ninguna persona con discapacidad visual ya que este prototipo no tiene acceso a lectores de pantalla. Los participantes se distribuyeron de la siguiente manera: el 50% (5) eran jóvenes con conocimientos y experiencia en el uso de aplicaciones, el 20% (2) eran personas mayores de 50 años, el 10% (1) era un niño, el 10% (1) era un experto en UX y el 10% (1) tenía discapacidades motoras. A continuación, se presentan los resultados detallados de estas pruebas, organizados por actividad:

Actividad	Tareas completadas con éxito	Duración (min)	Número de toques ÓPTIMO <sup>3</sup>	Número de toques REALIZADOS
Búsqueda de viajes PRE-REDISEÑO	75%	4	36	43
Búsqueda de viajes POST-REDISEÑO	90%	3,2	26	29,5

Ilustración 51. Tabla comparativa de resultados de las pruebas a usuarios antes y después del rediseño de la app.  
Fuente: Elaboración Propia

<sup>3</sup> El número de toques óptimo no tiene en cuenta los toques necesarios para hacer *scroll down* y no incluye los toques necesarios para rellenar los datos del pasajero ya que estos estaban guardados como viajero habitual.

## 6.2 Evaluación de la efectividad de las mejoras

Los resultados obtenidos tras el rediseño muestran una clara mejora en la usabilidad de la aplicación. En particular, el porcentaje de tareas completadas satisfactoriamente aumentó del 75% al 90%, lo que representa una mejora del 20%. Además, la duración promedio de la actividad se redujo de 4 a 3.2 minutos, indicando una mayor eficiencia en la realización de tareas.

Otro dato interesante es que el número de toques que el usuario debe hacer como mínimo para conseguir la tarea es de 26, lo que corresponde a más de un 38% de reducción de toques. Además, el exceso de toques realizados tras el rediseño ha pasado de un 19,44% (previo al rediseño) a un 13,45%. Estas cifras indican que la navegación es más directa y menos confusa para los usuarios.

### Mejoras Específicas

Aumento del tamaño de los botones y del espacio entre ellos: La mejora en el tamaño y la claridad de los botones ha facilitado la navegación. Ningún usuario informó haber pulsado accidentalmente el botón incorrecto, lo que indica que la separación y el diseño de los botones han mejorado significativamente. Además, el usuario ha reconocido en qué ocasiones los botones pertenecían a un rectángulo seleccionable y cuándo son un texto o una palabra sobre la que hay que pinchar.

Aunque los rendimientos de las funcionalidades de fechas flexibles o destino cualquiera aún no han sido evaluados formalmente, los usuarios han proporcionado una retroalimentación positiva en sus comentarios en voz alta mientras realizaban sus tareas (*think aloud*). Estos aseguran que estas mejoras permiten una mayor flexibilidad en la planificación de viajes, optimizando el tiempo al facilitar la búsqueda de opciones que se ajusten mejor a las preferencias individuales.

### Problemas Identificados

A pesar de las mejoras, un usuario, específicamente una persona mayor, no pudo completar la tarea. Este usuario no entendió el calendario interactivo en el que se deben arrastrar los días desde la fecha de origen para seleccionar la fecha de vuelta. Además, desistió de la tarea al intentar continuar con botones que no estaban en modo seleccionable (en gris), debido a que faltaban campos por rellenar. Esto sugiere que, aunque la usabilidad general ha mejorado, existen áreas que requieren más atención para asegurar que todos los grupos de usuarios puedan utilizar la aplicación de manera efectiva.

## 7. Conclusiones

### 7.1 Recapitulación de los hallazgos clave

El presente estudio sobre la usabilidad y accesibilidad tanto de la página web como de la aplicación ha revelado varios hallazgos clave que son fundamentales para comprender por qué la empresa española presenta tantos comentarios negativos sobre sus sitios webs, y para analizar cuáles son las áreas de mejora y las oportunidades para optimizar la experiencia de usuario.

1. **Problemas de Usabilidad Identificados:** Se observaron dificultades significativas en el proceso de registro y configuración, la búsqueda de viajes, la compra de billetes y la gestión de reservas. Específicamente, la navegación resultó ser poco intuitiva debido a la falta de una barra de progreso, la presencia excesiva de anuncios que distraen al usuario, y problemas con la actualización de asientos disponibles y la herramienta externa de Captcha. Del mismo modo, la lentitud de carga provocada por el uso excesivo de elementos pesados y la falta de etiquetados correctos para lectores de pantalla agravaron la experiencia negativa. Asimismo, La falta de coherencia en el esquema de navegación entre la aplicación móvil y la web también generó errores y confusión entre los usuarios.
2. **Resultados de las Pruebas de Accesibilidad:** Las pruebas de accesibilidad mostraron que muchos elementos de la interfaz no cumplían con las pautas de accesibilidad establecidas por la WCAG 2.1. En particular, la falta de etiquetas ARIA para lectores de pantalla, contrastes de color insuficientes y botones pequeños dificultaron la interacción para usuarios con discapacidades visuales y motoras. Esto subraya la necesidad de mejorar estos aspectos para hacer la aplicación más inclusiva.
3. **Impacto del Rediseño Propuesto:** Las propuestas de rediseño de la aplicación, incluyendo la optimización de la interfaz en el proceso de compra de billete y la implementación de tecnologías de asistencia, han mostrado un potencial significativo para comprender cómo la aplicación debe estar enfocada al 100% en el usuario. La apuesta por la simplicidad de la app, sin dejar de lado un diseño elegante han concluido en una mejora notable del rendimiento de los usuarios, incluyendo una mejora de la tasa de consecución de las tareas satisfactoriamente del 15 % hasta lograr un 90%, una reducción del tiempo medio en realizar las tareas de un 20% y una mejora en el exceso de toques de un 19,44% (previo al rediseño) a un 13,45%.

## **7.2 Reflexión sobre la importancia del rediseño en la usabilidad**

El rediseño de la aplicación de Renfe es crucial para mejorar tanto la usabilidad como la accesibilidad. Renfe, como principal operador ferroviario en España, desempeña un papel fundamental en la movilidad de millones de personas diariamente. Tanto su aplicación móvil como su web son herramientas esenciales para una gran diversidad de usuarios, desde jóvenes estudiantes hasta personas de la tercera edad, lo que subraya la importancia de un diseño inclusivo y accesible.

Una interfaz de usuario optimizada y la implementación de tecnologías de asistencia no solo facilitan la navegación y el acceso a la información, sino que también aseguran que los usuarios con discapacidades puedan utilizar la aplicación de manera efectiva. La adición de nuevas funcionalidades intuitivas mejora significativamente la experiencia del usuario, aumentando la satisfacción y fidelidad de los clientes. Estas mejoras no solo benefician a los usuarios individuales, sino que también incrementan la competitividad de Renfe frente a otros medios de transporte, como aerolíneas de bajo costo y autobuses interurbanos.

Por otra parte, el rediseño de la aplicación debe equilibrar un diseño vistoso y atractivo con una navegación intuitiva y fácil de usar. Como señala Steve Jobs, cofundador de Apple y máximo accionista de Pixar, en numerosas entrevistas «El diseño no es solo lo que parece y se siente. El diseño es cómo funciona», lo que destaca la necesidad de un diseño que no solo sea visualmente agradable sino también altamente funcional (Roastbrief, 2024). Un diseño atractivo puede captar la atención de los usuarios y mejorar su percepción de la marca, mientras que una navegación intuitiva asegura que los usuarios puedan encontrar y utilizar las funciones de la aplicación sin dificultad.

La metodología aplicada en este proyecto, basada en pruebas de usuario, análisis heurístico y evaluaciones de accesibilidad, es robusta y puede ser escalada y adaptada para su uso en otras aplicaciones móviles de gran relevancia. La importancia de seguir las directrices de Nielsen en términos de usabilidad y accesibilidad asegura que los diseños propuestos cumplan con los estándares internacionales y proporcionen una experiencia de usuario superior.

Por último, la aplicación de esta metodología a otras aplicaciones importantes del sector del transporte o incluso de cualquier sector puede generar mejoras significativas en la usabilidad y accesibilidad, beneficiando a un público amplio y diverso. Este enfoque no solo contribuye al bienestar de los usuarios,

sino que también promueve una mayor eficiencia operativa y competitividad empresarial.

### **7.3 Contribuciones del estudio y futuras líneas de trabajo**

El estudio aportó varias contribuciones significativas:

- Mejoras específicas en la aplicación: Propuestas y evaluaciones detalladas de rediseño técnico que pueden servir de guía para futuras actualizaciones de la aplicación.
- Metodología aplicada: Un enfoque comprensivo que incluyó pruebas de usuario, análisis heurístico y evaluaciones de accesibilidad, ofreciendo un marco de referencia para estudios similares en otras aplicaciones móviles de transporte.

Para futuras investigaciones, se sugiere:

- Ampliación del estudio a otras aplicaciones: Aplicar la metodología a otras aplicaciones móviles de transporte para comparar y validar los resultados obtenidos.
- Implementación del resto de funcionalidades no abordadas en el rediseño y evaluar la integración del servicio de asistencia, con usuarios con discapacidades visuales y auditivas.
- Uso de inteligencia artificial para notificar retrasos en tiempo real: Desarrollar en la aplicación Renfe un sistema basado en inteligencia artificial que recopile datos en tiempo real sobre el estado de la operación ferroviaria, utilizando sensores ubicados en las vías, información proporcionada por los trenes y otros dispositivos. Estos datos se enviarían a un sistema de análisis que utilizaría algoritmos de aprendizaje automático para identificar patrones y tendencias que puedan indicar posibles retrasos.

Los algoritmos considerarían factores como la velocidad y ubicación de los trenes, la congestión en las vías, condiciones meteorológicas adversas, entre otros. Basándose en estos datos y en análisis de patrones históricos, el sistema sería capaz de prever y anticipar posibles retrasos. Cuando se detecte un posible retraso, se enviarían

automáticamente notificaciones por SMS a los usuarios afectados, proporcionándoles detalles relevantes como el tiempo estimado de retraso y acciones recomendadas, como tomar un tren alternativo.

Esta solución permitiría abordar los constantes incidentes de retrasos inesperados al proporcionar a los usuarios información en tiempo real sobre cualquier alteración en los servicios de trenes. Al anticipar y comunicar proactivamente los retrasos, los usuarios podrían tomar medidas rápidas y adecuadas para minimizar las molestias y planificar sus viajes de manera más eficiente.

- Implementación de *chatbots* de asistencia: Desarrollar e integrar *chatbots* de asistencia en la aplicación para ofrecer soporte inmediato a los usuarios. Esta funcionalidad por inteligencia artificial, pueden ayudar a los usuarios a navegar por la aplicación, responder preguntas frecuentes y solucionar problemas en tiempo real, mejorando significativamente la experiencia del usuario.
- Comercialización del diseño: Considerar la posibilidad de vender el diseño rediseñado tanto a Renfe como a otras empresas del sector transporte interesadas en mejorar sus aplicaciones móviles. Este enfoque no solo monetizaría el trabajo realizado, sino que también contribuiría a la difusión de mejores prácticas en la industria.

Estas futuras líneas de investigación no solo ayudarán a mejorar continuamente la aplicación de Renfe, sino que también contribuirán al desarrollo de aplicaciones móviles de transporte más inclusivas y fáciles de usar en general.

## 8. Bibliografía

- Airbnb Newsroom. (mayo de 2024). Recuperado el abril de 2024, de <https://news.airbnb.com/ea/lanzamiento-de-mayo-2022-un-nuevo-airbnb-para-una-nueva-forma-de-viajar/>
- Arenzana, D. (25 de marzo de 2022). *Semrush Blog*. Obtenido de <https://es.semrush.com/blog/usabilidad-web-principios-jakob-nielsen/>
- Behance. (abril de 2021). Recuperado el abril de 2024, de [https://www.behance.net/gallery/117033471/Mapa-de-navegacion-Netflix?tracking\\_source=search\\_projects|mapa+de+navegaci%C3%B3n&l=7](https://www.behance.net/gallery/117033471/Mapa-de-navegacion-Netflix?tracking_source=search_projects|mapa+de+navegaci%C3%B3n&l=7)
- Benavidez, C. (2015). *examinator*. Obtenido de <http://examinator.net/>
- Capture Expenses. (5 de mayo de 2022). Recuperado el abril de 2024, de <https://captureexpense.com/blog/using-trainline-to-travel-in-the-uk/>
- CTIC Centro tecnológico. (s.f.). *tawdis.net*. Obtenido de <https://www.tawdis.net/?lang=es#>
- Fundación Adecco. (2024). Recuperado el abril de 2024, de <https://fundacionadecco.org/blog/que-tipos-de-discapacidad-existen/>
- González, M. E. (8 de julio de 2019). *Inesem Business School*. Recuperado el mayo de 2024, de <https://www.inesem.es/revistadigital/disenyo-y-artes-graficas/diagrama-de-gutenberg/>
- Hoover, S. (18 de febrero de 2013). Recuperado el mayo de 2024, de <https://www.uxmatters.com/mt/archives/2013/02/how-do-users-really-hold-mobile-devices.php>
- Institute for Disability Research, Policy & Practice. (2024). *wave.beiainm.org*. Obtenido de <https://wave.webaim.org/>
- Javatpoint. (2021). *javatpoint*. Obtenido de <https://www.javatpoint.com/xhtml-attributes>
- Kaley, J. N. (27 de Septiembre de 2020). *Opening Links in New Browser Windows and Tabs*. Obtenido de <https://www.nngroup.com/articles/new-browser-windows-and-tabs/>
- Littman, T. K. (2001). *The Art of Innovation*. Bantam Doubleday Dell Publishing Group.
- Madrid, N. (26 de marzo de 2020). *nachomadrid.com*. Obtenido de <https://www.nachomadrid.com/2020/03/definicion-de-usabilidad/>
- Medium. (11 de julio de 2020). *uxsebastian.medium.com*. Recuperado el mayo de 2024, de <https://uxsebastian.medium.com/no-solo-piensan-como-ven%C3%ADs-sino-como-te-vas-c0079da1623a>



Moran, S. (7 de junio de 2023). *hiberus.com*. Recuperado el marzo de 2024, de <https://www.hiberus.com/crecemos-contigo/como-medir-la-experiencia-de-usuario-metricas-indispensables/>

Motorpasionmoto. (julio de 2022). Recuperado el mayo de 2024, de <https://www.motorpasionmoto.com/tecnologia/google-maps-se-adapta-para-motos-permitira-consultar-situacion-trafico-abrir-app-nuevo-widget>

Nielsen, J. (30 de enero de 2024). *nngroup.com*. Recuperado el 17 de abril de 2024, de <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>

PageSpeed Insights. (2024). Recuperado el marzo de 2024, de [https://pagespeed.web.dev/analysis/https-renfe-com/e5amrnvur5?form\\_factor=mobile](https://pagespeed.web.dev/analysis/https-renfe-com/e5amrnvur5?form_factor=mobile)

Renfe. (2024). Recuperado el marzo de 2024, de <https://venta.renfe.com/vol/loginCEX.do?Idioma=es&Pais=ES>

Roastbrief. (22 de abril de 2024). *roastbrief.com.mx*. Recuperado el mayo de 2024, de <https://roastbrief.com.mx/2016/11/la-importancia-del-buen-diseno/>

Sostenible, M. d. (s.f.). Descuentos a jóvenes para viajar en verano. Madrid, Madrid, España. Obtenido de [https://www.transportes.gob.es/transporte\\_terrestre/verano-joven](https://www.transportes.gob.es/transporte_terrestre/verano-joven)

TPGI, LLC. (2024). *tpgi.com*. Obtenido de <https://www.tpgi.com/color-contrast-checker/>

UX Sebastian. (11 de junio de 2020). *uxsebastian.medium.com*. Recuperado el mayo de 2024, de <https://uxsebastian.medium.com/no-solo-piensan-como-ven%C3%ADs-sino-como-te-vas-c0079da1623a>

UXmatters. (2013). Recuperado el febrero de 2024, de <https://www.uxmatters.com/mt/archives/2013/02/how-do-users-really-hold-mobile-devices.php>

Vonage. (2024). Recuperado el abril de 2024, de <https://www.vonage.mx/resources/customers/be-my-eyes/>

Walton, P. (2024). *web.dev*. Recuperado el marzo de 2024, de <https://web.dev/articles/lcp?hl=es-419>

Walton, P. (2024). *web.dev*. Recuperado el marzo de 2024, de <https://web.dev/articles/fcp?hl=es-419>

Walton, P., & Pollard, B. (1 de Diciembre de 2023). *web.dev*. Obtenido de [https://web.dev/articles/bfcache?utm\\_source=lighthouse&utm\\_medium=lr&hl=es-419#never-use-the-unload-event](https://web.dev/articles/bfcache?utm_source=lighthouse&utm_medium=lr&hl=es-419#never-use-the-unload-event)

web.dev. (2024). Recuperado el marzo de 2024, de <https://web.dev/articles/lcp?hl=es-419>

Xataka Android. (2015). Recuperado el abril de 2024, de  
<https://www.xatakandroid.com/aplicaciones-android/medium-para-android-ya-disponible-la-aplicacion-oficial-de-esta-plataforma-de-blogging>

## **9. Anexos**


PROYECTO DE REDISEÑO EN FIGMA:

<https://www.figma.com/proto/L5mXSF0DYkSx7RpZ58CUeo/RENFE?node-id=0-1&t=pNylxYg0dlnriWku-1>

VÍDEO DE NAVEGACIÓN DEL USUARIO:

<https://www.youtube.com/watch?v=GL9eRaXD03Y>

Este documento esta firmado por

	<b>Firmante</b>	CN=tfgm.fi.upm.es, OU=CCFI, O=ETS Ingenieros Informaticos - UPM, C=ES
	<b>Fecha/Hora</b>	Tue Jun 11 18:10:00 CEST 2024
	<b>Emisor del Certificado</b>	EMAILADDRESS=camanager@etsiinf.upm.es, CN=CA ETS Ingenieros Informaticos, O=ETS Ingenieros Informaticos - UPM, C=ES
	<b>Numero de Serie</b>	561
	<b>Metodo</b>	urn:adobe.com:Adobe.PPKLite:adbe.pkcs7.sha1 (Adobe Signature)