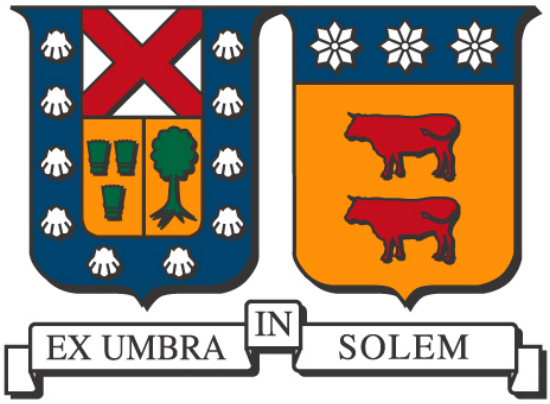
UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA
SANTIAGO - CHILE



“Diseño, implementación y validación de una interfaz web accesible para personas con discapacidad visual orientada a la exploración de obras de arte”

Ignacio Silva Uribe

MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL TELEMÁTICO

PROFESOR GUÍA: **NICOLÁS TORRES RUDLOFF**

PROFESOR CORREFERENTE: **PATRICIO OLIVARES RONCAGLIOLO**

Octubre - 2026

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☑ Memoria o trabajo de título ☐ Tesis de Postgrado

Título del trabajo: Diseño, implementación y validación de una interfaz web accesible para personas con discapacidad visual orientada a la exploración de obras de arte

Nombre del candidato(a): Ignacio Silva Uribe

Carrera / Grado: Ingeniería Civil Telemática

Campus: San Joaquín **Departamento:** Electrónica

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Nicolás Torres Rudloff, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

☒ El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por **(marcar una opción)**:

☐ 6 meses ☐ 12 meses ☐ 2 años ☐ 3 años ☐ 5 años ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 02/11/2026 **Firma:** 

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 02/11/2026 **Firma:** 

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a mi mamá y a mi papá por acompañarme y apoyarme durante todos estos años. Gracias por comprender mi forma de ser, por confiar en mis capacidades y por nunca dudar de que podía lograrlo, incluso en aquellos momentos en los que yo mismo me preguntaba cómo había llegado tan lejos. Su confianza y apoyo han sido fundamentales para llegar hasta aquí.

A mi abuela, quiero agradecerle por su cariño, apoyo y por ser una motivación más para seguir adelante. Poder compartir con ella este momento ha sido una razón más para no rendirme. Espero que este logro la llene de orgullo, tanto como a mí me alegra poder compartirlo con ella.

También quiero agradecer a mi hermano, a mis tías y a mis tíos, quienes de distintas maneras han estado presentes durante este camino, brindándome su cariño, compañía y apoyo cuando lo he necesitado. Aunque no siempre lo exprese, valoro mucho tenerlos en mi vida.

A Tomás Campusano, Nicolás Durán, Federico Carreño, Christian Riquelme, Diego Garrido, Nicolás Ruiz, Giovanni Camilo y Abraham Moreno, gracias por todos los momentos que compartimos durante nuestra etapa universitaria. Por las risas, las conversaciones, las dificultades y por el apoyo que nos brindamos mutuamente a lo largo de estos años. Siempre he sido una persona bastante reservada y de pocos amigos, por lo que valoro especialmente haber encontrado personas con quienes pude sentirme cómodo siendo yo mismo.

Finalmente, aunque hubo momentos difíciles en los que pensé que no lo lograría, hoy me alegra haber llegado hasta aquí y poder compartir este logro con las personas que me acompañaron durante estos años.

A todos quienes fueron parte de este proceso, muchas gracias.

Resumen

El acceso a obras de arte visuales continúa presentando barreras para personas con discapacidad visual, debido a que gran parte de la experiencia artística depende de información presentada mediante estímulos visuales. En este contexto, el proyecto propone una plataforma orientada a transformar y complementar la información asociada a obras de arte mediante contenidos descriptivos, contextuales y sonoros. La presente memoria se centra específicamente en el diseño, implementación e integración del módulo de interfaz web, encargado de proporcionar al usuario un punto de acceso accesible a los distintos contenidos generados previamente por los demás módulos del sistema.

Para su desarrollo se realizó una revisión de normativas y recomendaciones de accesibilidad web, considerando las pautas WCAG 2.1, la Ley N.º 20.422 y la Guía Técnica para la Implementación de Sitios Web Accesibles de SENADIS. Además, se analizaron interfaces de referencia y se desarrolló un prototipo previo que permitió definir la estructura de navegación y las principales vistas de la plataforma. Posteriormente, se implementó una interfaz web que permite explorar el catálogo de obras, realizar búsquedas y clasificaciones, consultar información asociada a cada obra y acceder a descripciones, narraciones contextuales y sonidos ambientales previamente procesados.

La accesibilidad de la interfaz fue evaluada mediante herramientas automáticas y pruebas manuales, utilizando WAVE, Colour Contrast Analyser, Web Developer, NVDA y el Narrador de Windows. Las evaluaciones permitieron verificar los criterios de accesibilidad seleccionados, incluyendo navegación mediante teclado, contraste visual, estructura semántica, alternativas textuales y compatibilidad con lectores de pantalla. Los resultados obtenidos muestran que el módulo desarrollado permite integrar los distintos contenidos del sistema dentro de una experiencia de navegación accesible, estableciendo una base funcional para futuras evaluaciones con usuarios y posteriores ampliaciones de la plataforma.

Palabras Clave: accesibilidad web, discapacidad visual, interfaz web, WCAG 2.1, arte accesible.

Abstract

Access to visual artworks continues to present barriers for people with visual impairments, as a significant part of the artistic experience depends on information conveyed through visual stimuli. In this context, the project proposes a platform aimed at transforming and complementing information related to artworks through descriptive, contextual, and sound-based content. This thesis specifically focuses on the design, implementation, and integration of the web interface module, which provides users with an accessible point of access to the different types of content previously generated by the other system modules.

The development process included a review of web accessibility standards and recommendations, considering the WCAG 2.1 guidelines, Chilean Law No. 20.422, and the Technical Guide for the Implementation of Accessible Websites developed by SENADIS. In addition, reference interfaces were analyzed, and a preliminary prototype was created to define the navigation structure and the main views of the platform. Subsequently, a web interface was implemented to allow users to explore the artwork catalog, perform searches and classifications, consult information associated with each artwork, and access previously processed descriptions, contextual narrations, and environmental sounds.

The accessibility of the interface was evaluated using both automated tools and manual testing, including WAVE, Colour Contrast Analyser, Web Developer, NVDA, and Windows Narrator. The evaluations made it possible to verify the selected accessibility criteria, including keyboard navigation, visual contrast, semantic structure, text alternatives, and compatibility with screen readers. The results show that the developed module is capable of integrating the different types of system content within an accessible navigation experience, providing a functional basis for future evaluations with users and further extensions of the platform.

Keywords:web accessibility, visual impairment, web interface, WCAG 2.1, accessible art.

Glosario

AIM Score indicador proporcionado por WAVE que representa de forma comparativa el impacto potencial de los problemas de accesibilidad detectados automáticamente en una página web.

API Gateway componente que actúa como punto de comunicación entre la interfaz web y los servicios del backend, permitiendo gestionar las solicitudes realizadas por el frontend y recuperar los recursos necesarios desde la API.

App Router sistema de enrutamiento de Next.js basado en la estructura de archivos y directorios de una aplicación, utilizado en este proyecto para organizar las distintas vistas de la plataforma.

backend capa del sistema encargada de gestionar el acceso a los datos y proporcionar los servicios utilizados por el frontend mediante una API.

catálogo preprocesado conjunto de obras de arte almacenadas junto con sus metadatos y contenidos descriptivos, contextuales y sonoros generados previamente por los distintos módulos del sistema.

endpoint punto de acceso proporcionado por una API mediante el cual una aplicación puede realizar una solicitud para obtener o gestionar un recurso específico.

foco estado que identifica el elemento interactivo que se encuentra actualmente seleccionado durante la navegación mediante teclado.

frontend capa de presentación de una aplicación web con la que interactúa directamente el usuario. En este proyecto corresponde a la interfaz desarrollada para explorar las obras de arte y acceder a sus contenidos asociados.

lector de pantalla tecnología de asistencia que interpreta el contenido y los componentes de una interfaz digital y comunica esta información al usuario principalmente mediante síntesis de voz.

reflujo capacidad del contenido de una interfaz web para reorganizarse ante cambios en el tamaño disponible o en el nivel de ampliación sin pérdida de información ni funcionalidad.

ruta dinámica ruta de una aplicación web cuyo contenido se determina a partir de un parámetro variable. En la plataforma se utiliza para acceder a la vista de detalle correspondiente a una obra específica.

tecnología de asistencia software o dispositivo diseñado para facilitar la interacción de personas con discapacidad con sistemas digitales, como los lectores de pantalla utilizados durante la validación de la interfaz.

texto alternativo descripción textual asociada a un contenido no textual, como una imagen, que permite comunicar su información o función mediante tecnologías de asistencia.

Siglas

AIM Accessibility IMpact.

API Application Programming Interface.

ARIA Accessible Rich Internet Applications.

CCA Colour Contrast Analyser.

CSS Cascading Style Sheets.

HTML HyperText Markup Language.

HTTP Hypertext Transfer Protocol.

NVDA NonVisual Desktop Access.

SENADIS Servicio Nacional de la Discapacidad.

TTS Text-to-Speech.

URL Uniform Resource Locator.

WAVE Web Accessibility Evaluation Tools.

WCAG Web Content Accessibility Guidelines.

Tabla de Contenido

1 Introducción **1**

1.1 Contexto y Motivación 1

1.2 Objetivos del Proyecto 3

1.2.1 Objetivo Principal 3

1.2.2 Objetivos Específicos 3

1.3 Justificación del proyecto 4

1.3.1 Relevancia 4

1.3.2 Ventaja competitiva 4

1.4 Alcances y Limitaciones del Proyecto 5

1.4.1 Alcances 5

1.4.2 Limitaciones 6

1.5 Herramientas utilizadas 7

2 Estado del Arte **9**

2.1 Guidelines Are Only Half of the Story: Accessibility Problems Encountered by Blind Users on the Web 9

2.2 An Exploratory Study of Library Website Accessibility for Visually Impaired Users 10

2.3 How Compliance with Web Accessibility Standards Shapes the Experiences of Users with and without Disabilities 10

2.4 Automated Detection of Web Application Navigation Barriers for Screen Reader Users 11

2.5 Supporting a Crowd-Powered Accessible Online Art Gallery for People with Visual Impairments: A Feasibility Study 12

2.6 Touch Screen Exploration of Visual Artwork for Blind People 13

2.7 Usability and Accessibility of the ArtontheBrain Virtual Recreation Activity for Older Adults With Low Vision Due to Age-Related Macular Degeneration 14

2.8 Inclusive Museum Audio Guides: Guided Looking through Audio Description Enhances Memorability of Artworks for Sighted Audiences . . 15
2.9 Design and Evaluation of Smart-Exhibit Systems that Enrich Cultural Heritage Experiences for the Visually Impaired 16
2.10 Enhancing Accessibility in Online Craft Exhibitions: Designing and Evaluating Audio Descriptions for Individuals With Visual Impairments 16

3 Propuesta General del Sistema 19
3.1 Arquitectura general del sistema 19
3.2 Módulos del sistema 20
3.3 Descripción del módulo de integración e interfaz web 21

4 Propuesta de Solución Módulo Interfaz Web 23
4.1 Requisitos de la interfaz 23
4.2 Principios de accesibilidad 24
4.3 Diseño de navegación 25
4.4 Diseño de interfaces 27
4.4.1 Vista Home 27
4.4.2 Vista Galería 29
4.4.3 Vistas de clasificación por autor, período y técnica 30
4.4.4 Vista Detalles de la obra 30

5 Metodología 32
5.1 Análisis de normativas 32
5.2 Análisis de interfaces 36
5.3 Diseño de prototipo 39
5.4 Proceso de implementación 41
5.5 Metodología de validación de accesibilidad 42

6 Implementación del módulo de interfaz web 44

6.1 Estructura del frontend 44
6.2 Integración del backend 45

7 Resultados y Validaciones **49**
7.1 Funcionamiento de la interfaz implementada 49
7.2 Resultados de validación de accesibilidad 50
7.2.1 Evaluación automática mediante WAVE 50
7.2.2 Navegación mediante teclado 51
7.2.3 Validación de contraste 53
7.2.4 Pruebas con lectores de pantalla 54
7.2.5 Resultados generales 54

8 Conclusiones **57**

9 Trabajo futuro **58**

Referencias

Índice de figuras

3.1 Diagrama general de la arquitectura del sistema 20
4.1 Diagrama de navegación 26
4.2 Vista Home 28
4.3 Vista Galería 29
4.4 Vista Galería filtrada por técnica 30
4.5 Vista Detalle de la obra 31
5.1 Prototipo de las principales vistas de la interfaz desarrollado en Figma . 40
6.1 Estructura de rutas principales del frontend 45
6.2 Documentación interactiva de los endpoints mediante Swagger UI . . . 47
6.3 Esquema de la base de datos utilizada por la API 48

7.1 Resultados de evaluación automática mediante WAVE 51
7.2 Orden de los elementos navegables inspeccionado mediante WAVE . . . 52
7.3 Ejemplo de validación de contraste mediante Colour Contrast Analyser . 53

Índice de tablas

1 Criterios WCAG 2.1 seleccionados para el diseño y evaluación de la interfaz 33
2 Patrones identificados en las interfaces de referencia analizadas 37
3 Resumen de los resultados de validación de accesibilidad 55

1. Introducción

1.1. Contexto y Motivación

El acceso al arte y la cultura constituye un derecho reconocido por diversos marcos internacionales. La Declaración Universal de Derechos Humanos reconoce el derecho de toda persona a participar libremente en la vida cultural y gozar de las artes [1]. Asimismo, la Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad establece el derecho de las personas con discapacidad a participar en igualdad de condiciones en la vida cultural y a acceder a materiales y espacios culturales en formatos accesibles [2]. Sin embargo, para las personas en situación de discapacidad visual, la experiencia estética asociada a obras de arte visuales continúa siendo significativamente limitada. En muchos museos, galerías y plataformas digitales, las obras se presentan principalmente a través de estímulos visuales, lo que dificulta o impide su apreciación por parte de personas con pérdida parcial o total de la visión.

A nivel global, la discapacidad visual representa un desafío relevante en términos de inclusión cultural. Según la Organización Mundial de la Salud [3], más de 2.200 millones de personas en el mundo presentan un deterioro de la visión cercana o lejana, de las cuales al menos 43 millones viven con ceguera total [4]. Estas cifras evidencian la magnitud del problema y la necesidad de desarrollar soluciones que permitan ampliar el acceso a contenidos culturales y educativos para este grupo de personas.

En el contexto chileno, la situación también es significativa. Según el Estudio Nacional de la Discapacidad de 2022 [5] el 17 % de la población de 2 años y más tiene discapacidad. Esto corresponde a 3.291.602 personas. De las cuales aproximadamente 292.000 tienen ceguera o dificultad para ver aun utilizando lentes. Constituyendo una de las discapacidades sensoriales más prevalentes en el país, afectando de manera directa la participación de estas personas en ámbitos educativos, laborales y culturales.

Si bien en los últimos años se han desarrollado diversas iniciativas orientadas a mejorar la accesibilidad en museos y espacios culturales, como audioguías, descripciones

textuales o experiencias táctiles. Estas soluciones suelen centrarse principalmente en la transmisión de información descriptiva, sin lograr capturar completamente la dimensión estética, emocional y sensorial de las obras de arte.

En paralelo, los avances recientes en inteligencia artificial han abierto nuevas posibilidades para el desarrollo de sistemas capaces de interpretar información visual y transformarla en otros formatos perceptivos. En particular, los modelos multimodales permiten integrar información visual y textual para realizar tareas de comprensión de imágenes y generación de contenido lingüístico [6]. De forma complementaria, los avances en modelos generativos de audio permiten sintetizar contenido sonoro condicionado por descripciones textuales [7].

En este contexto, surge la oportunidad de explorar nuevas formas de accesibilidad cultural mediante plataformas tecnológicas capaces de reinterpretar obras visuales en experiencias auditivas enriquecidas. Este proyecto propone el desarrollo de una plataforma basada en inteligencia artificial capaz de analizar obras de arte visuales y transformarlas en paisajes sonoros inmersivos, combinando narraciones descriptivas, contextualización histórica y sonidos ambientales que representen el entorno o la atmósfera de la obra.

De esta manera, la propuesta busca contribuir a la democratización del acceso al arte mediante el uso de tecnologías emergentes, promoviendo una experiencia cultural más inclusiva y accesible para personas en situación de discapacidad visual, en concordancia con los principios de accesibilidad universal y diseño inclusivo que orientan el desarrollo de sistemas digitales accesibles.

Dentro de esta propuesta general, la presente memoria se centra específicamente en el diseño, implementación y validación del módulo de interfaz web, encargado de integrar y presentar al usuario los contenidos generados por los demás módulos del sistema. El trabajo contempla el desarrollo de una interfaz accesible que permita explorar el catálogo de obras de arte, consultar su información y acceder a descripciones, narraciones contextuales y sonidos ambientales previamente procesados. Por lo tanto, el

alcance de esta memoria no comprende la generación de dichos contenidos mediante inteligencia artificial, sino su integración y presentación a través de una plataforma web orientada a personas con discapacidad visual.

1.2. Objetivos del Proyecto

1.2.1. Objetivo Principal

Mejorar la experiencia estética y promover la accesibilidad universal a las obras de arte para personas con discapacidad visual, a través del diseño e implementación de una plataforma accesible que utilice inteligencia artificial para transformar automáticamente imágenes de obras artísticas en paisajes sonoros.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Analizar las normativas de accesibilidad vigentes aplicables a interfaces web, incluyendo las pautas WCAG 2.1 y la legislación chilena (Ley 20.422), con el fin de identificar los requisitos técnicos que deben cumplirse en el diseño de la plataforma.
- Estudiar interfaces accesibles de referencia y soluciones existentes orientadas a personas con discapacidad visual, con el propósito de identificar buenas prácticas de diseño, patrones de interacción y estrategias de accesibilidad aplicables al sistema.
- Diseñar un prototipo de interfaz accesible mediante herramientas de prototipado, permitiendo definir la estructura de navegación, los componentes visuales y los flujos de interacción antes de su implementación.
- Implementar el frontend de la plataforma web, integrando las vistas principales del sistema (Home, Galería y Detalle de obra) y asegurando su compatibilidad con los módulos funcionales del proyecto.

- Evaluar la accesibilidad de la interfaz desarrollada mediante herramientas de validación automática y pruebas de interacción, verificando aspectos como navegación por teclado, compatibilidad con lectores de pantalla y cumplimiento de criterios WCAG.

1.3. Justificación del proyecto

1.3.1. Relevancia

El acceso a la cultura y al patrimonio artístico constituye un elemento fundamental para el desarrollo social y cultural de las personas. Sin embargo, las obras de arte visuales presentan importantes barreras de acceso para personas con discapacidad visual, debido a que su apreciación depende principalmente de la percepción visual.

Si bien existen iniciativas orientadas a mejorar la accesibilidad en museos y plataformas culturales, como audioguías o descripciones textuales, estas soluciones suelen centrarse únicamente en la transmisión de información descriptiva, sin lograr capturar la dimensión estética y sensorial que caracteriza a las obras de arte.

En este contexto, el desarrollo de tecnologías basadas en inteligencia artificial permite explorar nuevas formas de accesibilidad cultural. La capacidad de analizar imágenes, generar narraciones contextuales y producir paisajes sonoros abre la posibilidad de reinterpretar obras visuales en formatos auditivos más ricos e inmersivos.

Por lo tanto, este proyecto busca contribuir al desarrollo de herramientas tecnológicas que amplíen las posibilidades de interacción con el arte para personas con discapacidad visual, promoviendo una experiencia cultural más inclusiva y alineada con los principios de accesibilidad universal.

1.3.2. Ventaja competitiva

Como se analiza en la Sección 5.2, plataformas digitales de exploración artística como Artsy, National Gallery, Art UK, Google Arts & Culture y WikiArt incorporan

mecanismos para recorrer colecciones, realizar búsquedas y clasificaciones, visualizar obras y consultar información descriptiva y contextual [8, 9, 10, 11, 12].A partir de este análisis, se definió como elemento diferenciador la integración, dentro de una interfaz accesible, de contenidos descriptivos, contextuales y sonoros asociados a cada obra.

El sistema integra distintos tipos de contenido generados por los módulos que lo conforman, incluyendo descripciones de los elementos visuales de las obras, narraciones de contexto histórico y sonidos ambientales asociados a la escena representada. Estos recursos son posteriormente centralizados y presentados al usuario mediante la interfaz web.

Además, la plataforma se apoya en un catálogo de obras de dominio público cuyos contenidos son procesados previamente por los distintos módulos de generación. De esta forma, cada obra puede disponer de información visual, descriptiva, contextual y sonora que posteriormente es recuperada y presentada por la interfaz.

La principal diferenciación del sistema radica, por tanto, en la integración de estos distintos tipos de contenido dentro de una única experiencia de navegación, diseñada considerando criterios de accesibilidad para personas con discapacidad visual.

1.4. Alcances y Limitaciones del Proyecto

1.4.1. Alcances

El proyecto contempla el diseño e implementación de un prototipo funcional de una plataforma web orientada a mejorar la accesibilidad a obras de arte para personas con discapacidad visual mediante experiencias auditivas generadas con inteligencia artificial.

Dentro de los alcances del proyecto se incluyen los siguientes aspectos:

- Implementación de una plataforma web accesible que permita a los usuarios navegar por un catálogo de obras de arte y acceder a contenido auditivo asociado a cada obra.

- Integración de un catálogo de obras de arte provenientes de repositorios de dominio público, incluyendo sus metadatos relevantes como autor, fecha, técnica y contexto histórico.

- Generación de contenidos auditivos asociados a las obras seleccionadas, incluyendo descripciones de la obra, narraciones contextuales y sonidos ambientales que complementen la experiencia de apreciación.

- Diseño de una interfaz web accesible que permita la navegación mediante teclado y compatibilidad con lectores de pantalla, siguiendo principios de accesibilidad basados en las pautas WCAG 2.1.

- Validación preliminar del prototipo mediante pruebas funcionales que permitan verificar la interacción entre los distintos módulos del sistema y la correcta reproducción de los contenidos sonoros.

1.4.2. Limitaciones

A pesar de los alcances planteados, el proyecto presenta ciertas limitaciones que delimitan su implementación y funcionamiento en la etapa actual:

- El sistema utiliza un conjunto limitado de obras previamente seleccionadas y preprocesadas. Por lo tanto, en esta versión del sistema no se contempla la carga de nuevas imágenes por parte del usuario para su análisis automático.

- La generación de descripciones y paisajes sonoros se basa en modelos preexistentes o configuraciones experimentales, por lo que los resultados pueden variar en precisión o nivel de detalle.

- La evaluación con usuarios finales se plantea como trabajo futuro, por lo que la validación realizada en esta etapa se limita principalmente a pruebas técnicas del sistema.

1.5. Herramientas utilizadas

Durante el desarrollo del proyecto se utilizaron diversas herramientas de diseño, desarrollo e implementación que permitieron construir el prototipo de la plataforma web accesible. A continuación, se describen las principales tecnologías utilizadas.

- **Entornos de desarrollo**
  - **Figma**: Herramienta de diseño y prototipado utilizada para la creación de los diseños de interfaz, definición del flujo de navegación y validación preliminar de la experiencia de usuario antes de la implementación.
  - **Visual Studio Code**: Editor de código empleado para el desarrollo del frontend y backend del sistema, permitiendo la gestión del proyecto, integración con repositorios y uso de extensiones de desarrollo.
  - **GitHub**: Plataforma utilizada para el control de versiones del proyecto, permitiendo la gestión colaborativa del código fuente y el seguimiento de cambios durante el desarrollo.
- **Librerías y frameworks**
  - **Next.js**: Framework basado en React utilizado para el desarrollo del frontend de la plataforma web, permitiendo la creación de interfaces dinámicas y la estructuración de las distintas vistas del sistema.
  - **Tailwind CSS**: Framework de estilos basado en utilidades que facilita la construcción de interfaces modernas y consistentes mediante clases predefinidas de diseño.
  - **DaisyUI**: Biblioteca de componentes que complementa Tailwind CSS, permitiendo la implementación rápida de elementos de interfaz reutilizables como botones, tarjetas y menús.
  - **Django**: Framework de desarrollo web utilizado como base para la implementación del backend del sistema y su conexión con la base de datos.

- **Django REST Framework**: Framework utilizado sobre Django para la implementación de la API del sistema, permitiendo definir y exponer los endpoints consumidos por la interfaz web.
- **SQLite3**: Sistema de gestión de bases de datos utilizado para almacenar la información relacionada con las obras de arte, sus metadatos y los recursos asociados al sistema. Se optó por SQLite3 debido al alcance del prototipo desarrollado, basado en un catálogo preprocesado y en operaciones principalmente de consulta desde la interfaz web. Su utilización permite mantener una arquitectura simple y reducir la complejidad asociada a la configuración y administración de un servidor de base de datos independiente. Para escenarios de producción con un mayor volumen de información, usuarios concurrentes o una mayor frecuencia de operaciones de escritura, sería necesario evaluar la migración hacia sistemas como PostgreSQL o MySQL.
- **Swagger UI**: Interfaz utilizada para visualizar la documentación de la API y realizar pruebas sobre los endpoints disponibles, facilitando la inspección de las operaciones expuestas por el backend y la validación de la comunicación entre los distintos componentes del sistema.

- **Herramientas de evaluación de accesibilidad**

  - **Colour Contrast Analyser (CCA)**: Herramienta utilizada para verificar el contraste entre colores en la interfaz, asegurando el cumplimiento de los requisitos establecidos en las pautas WCAG.
  - **NonVisual Desktop Access (NVDA)**: Lector de pantalla de código abierto utilizado para probar la navegación de la interfaz web y verificar su compatibilidad con tecnologías de asistencia.
  - **Narrador de Windows**: Lector de pantalla integrado en el sistema operativo Windows utilizado para realizar pruebas adicionales de accesibilidad y verificar la correcta lectura de los elementos de la interfaz.

2. Estado del Arte

2.1. Guidelines Are Only Half of the Story: Accessibility Problems Encountered by Blind Users on the Web

El trabajo desarrollado por Power et al. [13] analiza las dificultades que experimentan usuarios ciegos durante la navegación web y estudia hasta qué punto estas dificultades se encuentran representadas por las recomendaciones tradicionales de accesibilidad. Los autores realizaron evaluaciones basadas en tareas con 32 participantes ciegos sobre 16 sitios web, registrando 1383 instancias de problemas durante la interacción.

Los resultados mostraron que solo una parte de las dificultades experimentadas por los participantes podía asociarse directamente con criterios contemplados por WCAG 2.0. El estudio evidencia que el cumplimiento de recomendaciones técnicas no necesariamente garantiza que una interfaz resulte sencilla de utilizar mediante tecnologías de asistencia. Entre las dificultades observadas se encontraban problemas relacionados con la navegación, comprensión de elementos interactivos y comportamiento de determinados componentes durante el uso de lectores de pantalla.

Este trabajo constituye un antecedente relevante para la presente memoria, debido a que demuestra la necesidad de evaluar una interfaz más allá de la verificación automática de criterios técnicos. En el contexto del módulo de interfaz web desarrollado, esta observación justifica complementar herramientas automáticas de análisis con navegación mediante teclado y pruebas utilizando lectores de pantalla. De esta forma, la accesibilidad se aborda considerando tanto aspectos asociados a la implementación como el comportamiento efectivo de los mecanismos de interacción.

2.2. An Exploratory Study of Library Website Accessibility for Visually Impaired Users

Yoon et al. [14] estudiaron la accesibilidad y usabilidad de sitios web de bibliotecas desde la perspectiva de personas con discapacidad visual. El trabajo resulta especialmente relevante porque combina una evaluación técnica de accesibilidad con pruebas realizadas por usuarios que utilizan lectores de pantalla.

Los autores identificaron dificultades relacionadas con la navegación, utilización de catálogos y comportamiento de elementos dinámicos. Uno de los principales resultados del estudio fue que los problemas detectados durante las pruebas con usuarios no coincidían completamente con aquellos encontrados mediante la evaluación técnica. Esto demuestra que determinadas barreras aparecen únicamente cuando una persona interactúa realmente con el sistema utilizando una tecnología de asistencia.

Aunque el dominio estudiado corresponde a bibliotecas digitales, existen similitudes importantes con la interfaz desarrollada en esta memoria. Ambos sistemas requieren explorar colecciones de elementos, localizar contenidos mediante mecanismos de búsqueda y acceder posteriormente a una vista con información específica. En el caso de la plataforma desarrollada, esta estructura corresponde al recorrido entre la página principal, la galería y la vista de detalle de una obra. Por este motivo, el estudio de Yoon et al. refuerza la importancia de mantener una navegación comprensible, una estructura semántica adecuada y componentes interactivos compatibles con lectores de pantalla.

2.3. How Compliance with Web Accessibility Standards Shapes the Experiences of Users with and without Disabilities

Vollenwyder et al. [15] estudiaron la relación existente entre el cumplimiento de estándares de accesibilidad y la experiencia efectiva de los usuarios. El experimento consideró 66 participantes con discapacidad visual y 65 participantes sin discapacidad, quienes realizaron tareas utilizando una tienda en línea implementada con distintos

niveles de conformidad respecto de recomendaciones de accesibilidad.

Los resultados mostraron que una mayor conformidad técnica no produjo mejoras estadísticamente significativas en todas las métricas de usabilidad y experiencia de usuario evaluadas. Sin embargo, las respuestas cualitativas mostraron diferencias en la percepción de los participantes con discapacidad visual. A partir de estos resultados, los autores sostienen que los enfoques centrados en conformidad deberían complementarse con métodos de diseño y evaluación centrados en los usuarios.

Este antecedente resulta importante para establecer el alcance de la validación realizada en la presente memoria. El cumplimiento de los criterios de accesibilidad seleccionados permite verificar determinadas propiedades técnicas de la interfaz, pero no permite afirmar por sí solo que la experiencia ofrecida sea óptima para todas las personas con discapacidad visual. En consecuencia, las evaluaciones mediante WAVE, análisis de contraste, teclado y lectores de pantalla constituyen una primera etapa de validación, mientras que las pruebas directas con usuarios representan una extensión necesaria para trabajos posteriores.

2.4. Automated Detection of Web Application Navigation Barriers for Screen Reader Users

Jain et al. [16] abordan específicamente las limitaciones de las herramientas automáticas tradicionales para identificar problemas relacionados con la navegación mediante lectores de pantalla. Los autores observan que herramientas basadas principalmente en análisis estático pueden detectar problemas como ausencia de etiquetas o determinadas inconsistencias estructurales, pero presentan mayores dificultades al evaluar si un elemento de la interfaz puede ser localizado y utilizado efectivamente mediante un lector de pantalla.

Para abordar este problema, los autores proponen A11yNavigator, una herramienta de evaluación automática que utiliza NVDA para reproducir mecanismos habituales

de navegación con lectores de pantalla. El sistema considera estrategias basadas en la tecla Tab, las flechas de navegación y comandos de navegación rápida. La evaluación fue realizada sobre 26 sitios web y permitió identificar barreras de interacción que no habían sido detectadas mediante herramientas tradicionales de análisis estático.

Este trabajo se relaciona directamente con la estrategia de validación utilizada en la presente memoria. El uso de WAVE permite obtener una primera evaluación técnica de las páginas desarrolladas, pero las pruebas posteriores utilizando NVDA y el Narrador de Windows permiten comprobar aspectos relacionados con la interacción real de los componentes. Los resultados presentados por Jain et al. respaldan, por tanto, la necesidad de combinar herramientas automáticas con pruebas que reproduzcan la forma en que las tecnologías de asistencia interactúan con una aplicación web moderna.

2.5. Supporting a Crowd-Powered Accessible Online Art Gallery for People with Visual Impairments: A Feasibility Study

Kwon et al. [17] presentan uno de los antecedentes más directamente relacionados con la plataforma desarrollada en esta memoria. Los autores proponen una galería de arte digital accesible que permite a personas con discapacidad visual explorar pinturas y obtener descripciones verbales correspondientes a diferentes regiones de una obra.

El sistema permite que el usuario recorra distintas partes de la pintura utilizando una pantalla táctil y escuche información asociada a la región seleccionada. Además del desarrollo del sistema, los autores analizaron la posibilidad de obtener descripciones visuales mediante colaboración colectiva y realizaron un estudio con nueve participantes con discapacidad visual. Los resultados mostraron que las descripciones proporcionadas permitían a los participantes interpretar diferentes elementos de las pinturas y desarrollar apreciaciones propias sobre las obras.

Este trabajo posee una relación directa con la funcionalidad de exploración de obras considerada en la presente memoria. En ambos casos se busca evitar que la persona

reciba únicamente una descripción general de la pintura, permitiendo acceder a información correspondiente a diferentes elementos o regiones. La principal diferencia se encuentra en el mecanismo de interacción y en el alcance de cada propuesta. Kwon et al. utilizan principalmente exploración táctil sobre dispositivos con pantalla táctil, mientras que la presente memoria desarrolla una interfaz web de escritorio que integra navegación mediante teclado, lectores de pantalla y contenidos auditivos asociados a la obra.

El estudio también constituye un antecedente importante debido a que demuestra mediante evaluación con usuarios la utilidad de entregar información de forma segmentada y permitir que la persona controle el proceso de exploración. Esta característica se relaciona con la decisión de presentar los contenidos de cada obra mediante controles diferenciados en lugar de entregar toda la información como una única narración continua.

2.6. Touch Screen Exploration of Visual Artwork for Blind People

Ahmetovic et al. [18] investigaron diferentes mecanismos para permitir que personas ciegas exploraran obras de arte mediante interacción táctil y retroalimentación verbal. Los autores implementaron una aplicación web móvil que presenta dos modalidades de exploración de una obra.

La primera modalidad organiza la información según atributos asociados a diferentes elementos visuales. Cuando el usuario selecciona una región, el sistema reproduce información relacionada con sus características. La segunda utiliza una estructura jerárquica en la que inicialmente se entrega una descripción general y posteriormente se permite acceder progresivamente a regiones y detalles específicos de la obra.

Ambas modalidades fueron evaluadas con diez participantes ciegos. Los resultados mostraron ventajas diferentes para cada aproximación. La exploración basada en atributos fue percibida como más sencilla de acceder, mientras que la exploración jerárquica obtuvo mejores resultados relacionados con comprensión, utilidad e interés. Los

participantes también recordaron una mayor cantidad de detalles mediante la segunda modalidad y señalaron que ambas aproximaciones podían ser complementarias.

Este resultado es especialmente relevante para la organización de información dentro de una interfaz destinada al acceso artístico. En lugar de presentar todos los contenidos simultáneamente, una estructura progresiva permite comenzar con información general de la obra y posteriormente acceder a contenidos más específicos según las acciones realizadas por el usuario. La plataforma desarrollada en esta memoria sigue una lógica comparable al separar la información general de la obra de los mecanismos de reproducción y exploración de contenidos asociados a regiones específicas.

2.7. Usability and Accessibility of the ArtontheBrain Virtual Recreation Activity for Older Adults With Low Vision Due to Age-Related Macular Degeneration

Aubin et al. [19] analizaron la accesibilidad y usabilidad de ArtontheBrain, una experiencia virtual relacionada con la exploración artística. El estudio contó con 15 adultos mayores con baja visión causada por degeneración macular asociada a la edad, quienes utilizaron un dispositivo digital para interactuar con las actividades proporcionadas por el sistema.

Los autores identificaron diferentes barreras y facilitadores durante la interacción. Entre los aspectos relevantes se encontraron características relacionadas con contraste, tamaño de los elementos y mecanismos de interacción. Al mismo tiempo, funciones como ampliación y texto a voz facilitaron el acceso de los participantes a determinados contenidos.

Este estudio evidencia que el acceso digital al arte no depende exclusivamente de proporcionar una descripción alternativa de las imágenes. También resulta necesario considerar las propiedades de la interfaz mediante la cual se accede a estos contenidos. En el caso de la presente memoria, esta observación se refleja en decisiones relacio-

nadas con contraste, estructura de navegación, tamaño y organización de componentes, textos alternativos y compatibilidad con tecnologías de asistencia. Por tanto, la accesibilidad del contenido y la accesibilidad de la interfaz deben considerarse como problemas relacionados pero diferenciados.

2.8. Inclusive Museum Audio Guides: Guided Looking through Audio Description Enhances Memorability of Artworks for Sighted Audiences

Hutchinson y Eardley [20] estudiaron el efecto de utilizar audio descripción durante la presentación de obras pertenecientes a la colección del Museum of London. La investigación comparó tres condiciones de acceso a fotografías, correspondientes a ausencia de audio, utilización de una guía de audio convencional y utilización de una guía basada en audio descripción.

Los participantes que recibieron contenido auditivo recordaron una mayor cantidad de fotografías posteriormente. Además, quienes utilizaron audio descripción recordaron una mayor cantidad de detalles asociados a las imágenes. Los autores plantean que este tipo de descripción puede actuar como una forma de exploración guiada de la obra y no únicamente como un mecanismo compensatorio destinado a personas que no pueden acceder visualmente al contenido.

Aunque el estudio no evalúa una interfaz web comparable a la desarrollada en esta memoria, sus resultados resultan relevantes para justificar la disponibilidad de contenidos auditivos asociados a las obras. Una interfaz destinada al acceso artístico puede utilizar estos contenidos como una representación complementaria de la información visual. Desde la perspectiva del módulo desarrollado, el desafío no corresponde a generar estas narraciones, sino a proporcionar controles accesibles que permitan localizarlas, reproducirlas y consultar sus equivalentes textuales de manera independiente.

2.9. Design and Evaluation of Smart-Exhibit Systems that Enrich Cultural Heritage Experiences for the Visually Impaired

Pistofidis et al. [21] presentan sistemas interactivos orientados a mejorar el acceso de personas con discapacidad visual a contenidos pertenecientes al patrimonio cultural. La propuesta combina diferentes tecnologías, entre ellas digitalización tridimensional, réplicas táctiles, mecanismos de interacción y narraciones solicitadas por el usuario.

Los prototipos fueron evaluados con personas con discapacidad visual mediante cuestionarios y entrevistas. Los resultados mostraron que la integración de diferentes modalidades puede facilitar la interpretación del contenido cultural y proporcionar mayor autonomía durante la experiencia. El trabajo evidencia además que una única representación del contenido no necesariamente satisface todas las necesidades de los usuarios.

Este enfoque se relaciona con la presente memoria debido a la integración de distintos tipos de contenido asociados a una misma obra. La interfaz desarrollada reúne información descriptiva, contextual y auditiva dentro de un único punto de acceso. Si bien la plataforma no incorpora interacción háptica ni réplicas físicas, comparte con el trabajo de Pistofidis et al. el principio de utilizar modalidades complementarias para ampliar las posibilidades de acceso a información originalmente visual.

2.10. Enhancing Accessibility in Online Craft Exhibitions: Designing and Evaluating Audio Descriptions for Individuals With Visual Impairments

Chao [22] estudia el diseño y evaluación de audio descripciones destinadas a una exposición digital de obras artesanales. El proceso de elaboración de los contenidos consideró participación de especialistas y revisión desde la perspectiva de personas con discapacidad visual. Posteriormente, las audio descripciones fueron evaluadas por 16 participantes con discapacidad visual.

Los resultados mostraron que estos contenidos podían favorecer la comprensión de las obras, aunque también se identificaron aspectos susceptibles de mejora relacionados con el ritmo y el nivel de especificidad de las descripciones. El estudio destaca además la importancia de considerar la accesibilidad desde etapas tempranas del diseño de experiencias culturales digitales.

Este trabajo constituye un antecedente reciente para plataformas que proporcionan acceso remoto a contenidos artísticos mediante recursos auditivos. Para la presente memoria resulta particularmente relevante que la experiencia artística no se encuentra restringida al espacio físico del museo. Las interfaces digitales pueden actuar como mecanismos independientes de acceso a colecciones culturales siempre que los recursos disponibles puedan ser utilizados de manera accesible.

Los trabajos revisados evidencian que la accesibilidad de experiencias digitales vinculadas al arte involucra al menos dos dimensiones complementarias. La primera corresponde a la accesibilidad de la propia interfaz, incluyendo navegación, estructura semántica, interacción mediante teclado y compatibilidad con lectores de pantalla. La segunda corresponde a la disponibilidad de representaciones alternativas del contenido visual, mediante recursos como descripciones textuales, audio descripción y mecanismos de exploración de distintas regiones de una obra.

Asimismo, la literatura muestra que las evaluaciones exclusivamente automáticas no permiten representar completamente la experiencia de las personas que utilizan tecnologías de asistencia [13, 14, 15, 16]. De forma paralela, los trabajos orientados al acceso artístico muestran beneficios al proporcionar información mediante distintas modalidades y permitir una exploración progresiva del contenido [17, 18, 20, 21].

A partir de estos antecedentes, la presente memoria se sitúa en la integración de ambas dimensiones. El aporte del módulo desarrollado no corresponde a la generación de los contenidos descriptivos o auditivos, sino al desarrollo de una interfaz web que permita centralizar y presentar dichos recursos mediante una estructura de navegación accesible. De esta forma, la plataforma busca proporcionar un punto de acceso común

para explorar obras, consultar sus antecedentes y acceder a los diferentes contenidos producidos por los demás módulos del sistema.

3. Propuesta General del Sistema

3.1. Arquitectura general del sistema

Como se muestra en la Figura 3.1, el sistema se basa en una arquitectura modular orientada a la entrega de experiencias auditivas asociadas a obras de arte visuales mediante una plataforma web accesible.

El sistema dispone de un catálogo de obras de arte almacenado en una base de datos, el cual contiene las imágenes de las obras junto con sus metadatos y los archivos de audio asociados a cada una de ellas.

Los contenidos auditivos disponibles en el sistema son generados previamente mediante distintos módulos externos de procesamiento, tales como el generador de audio descriptivo, el narrador de contexto histórico y el generador de sonidos ambientales. Estos procesos se ejecutan de manera independiente y sus resultados son almacenados posteriormente en el catálogo del sistema.

Para permitir el acceso a esta información, el sistema dispone de un Application Programming Interface (API) que actúa como capa de comunicación entre la base de datos y la interfaz web. Este componente permite consultar los metadatos de las obras y recuperar los archivos de audio asociados.

Finalmente, los usuarios interactúan con el sistema a través de una interfaz web accesible, la cual permite explorar el catálogo de obras y reproducir los contenidos auditivos previamente generados.

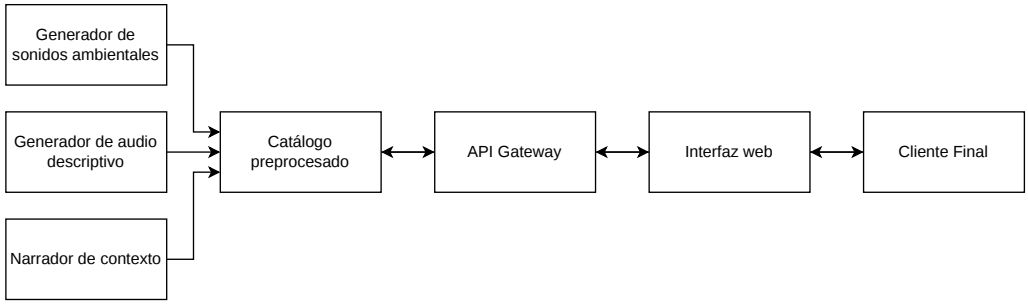


Figura 3.1: *Diagrama general de la arquitectura del sistema*

3.2. Módulos del sistema

El sistema se compone de distintos módulos encargados de generar, almacenar y presentar la información asociada a las obras de arte. A continuación se describen brevemente los principales componentes que forman parte de la arquitectura del sistema.

- **Generador de audio descriptivo:** Módulo encargado de generar descripciones auditivas de las obras de arte a partir de sus características visuales. El procesamiento utiliza Qwen3-VL-Instruct para el análisis de la imagen y la generación de una descripción textual, GPT-OSS para su traducción al español y Google TTS para convertir el resultado a audio. Los archivos generados son almacenados previamente para su posterior consumo desde la interfaz web.

- **Narrador de contexto histórico:** Módulo encargado de generar contenido narrativo relacionado con el contexto histórico y artístico de cada obra, incluyendo información sobre el autor, el periodo de creación y el movimiento artístico correspondiente. La información utilizada por este módulo proviene de fuentes previamente seleccionadas y recopiladas en el conjunto de datos asociado a las obras del catálogo. Por lo tanto, las fuentes no son recuperadas dinámicamente durante la interacción con la plataforma. A partir de estos antecedentes, el módulo genera una narración contextual que posteriormente es convertida a audio y almacenada para su consumo desde la interfaz web.

- **Generador de sonidos ambientales:** Módulo responsable de producir paisajes sonoros que complementan la experiencia auditiva de la obra. Estos sonidos buscan representar la atmósfera o el entorno sugerido por la escena representada en la obra.

- **Catálogo preprocesado:** Repositorio de obras de arte que almacena las imágenes, metadatos y archivos de audio generados previamente por los distintos módulos de procesamiento. Este catálogo constituye la fuente principal de información consumida por la plataforma.

- **API Gateway:** Componente encargado de gestionar la comunicación entre la base de datos del sistema y la interfaz web. Este servicio permite consultar el catálogo de obras y recuperar los recursos asociados mediante solicitudes a la API.

- **Interfaz web:** Componente responsable de presentar la información al usuario final. La interfaz permite explorar el catálogo de obras, visualizar los metadatos asociados y reproducir los distintos contenidos auditivos disponibles, implementando además criterios de accesibilidad para facilitar su uso por personas con discapacidad visual.

Cabe destacar que los módulos encargados de generar los contenidos auditivos no forman parte del alcance de esta memoria, ya que dichos procesos se realizan de manera externa y los resultados son incorporados posteriormente al catálogo del sistema. El presente trabajo se centra específicamente en el diseño e implementación de la interfaz web que permite acceder a estos contenidos.

3.3. Descripción del módulo de integración e interfaz web

La interfaz web constituye el componente encargado de actuar como punto de integración entre el usuario final y los distintos servicios que conforman la plataforma.

A través de este módulo, los usuarios pueden explorar el catálogo de obras de arte previamente procesadas, acceder a la información asociada a cada obra y reproducir los contenidos auditivos generados por el sistema.

Desde el punto de vista técnico, la interfaz se comunica con el backend mediante solicitudes GET a la API del sistema, lo que permite recuperar los metadatos de las obras, así como los archivos de audio relacionados con las descripciones, contextualizaciones históricas y sonidos ambientales. Estos recursos son posteriormente presentados al usuario a través de la plataforma web.

Adicionalmente, el diseño de la interfaz incorpora criterios de accesibilidad orientados a facilitar su uso por personas con discapacidad visual. Entre estos criterios se incluyen la navegación mediante teclado, la compatibilidad con lectores de pantalla y el uso de estructuras semánticas que permiten una correcta interpretación del contenido por tecnologías de asistencia.

De esta forma, la interfaz web permite ofrecer un punto de acceso accesible y centralizado a los contenidos del sistema, facilitando la interacción autónoma de los usuarios con las obras disponibles en el catálogo.

4. Propuesta de Solución Módulo Interfaz Web

4.1. Requisitos de la interfaz

El módulo de interfaz web fue diseñado con el objetivo de integrar los distintos componentes del sistema, permitiendo a los usuarios acceder de manera centralizada a las obras de arte, narraciones descriptivas y sonidos ambientales generados previamente por los módulos de procesamiento. Debido al enfoque inclusivo del proyecto, se definieron requisitos funcionales y de accesibilidad orientados a garantizar una experiencia de navegación comprensible y utilizable para personas con discapacidad visual.

- **Integración de módulos:** La interfaz web debe actuar como punto central de integración entre los distintos módulos del sistema, permitiendo la obtención y reproducción coordinada de narraciones descriptivas, contexto histórico y sonidos ambientales asociados a cada obra almacenada en el catálogo preprocesado.

- **Selección dinámica de obras:** La interfaz debe permitir la exploración y selección de distintas obras de arte mediante una galería visual y mecanismos de búsqueda integrados. Al seleccionar una obra, el sistema debe mostrar los elementos asociados, incluyendo la narración descriptiva, el contexto histórico y los sonidos ambientales correspondientes. Con el objetivo de evitar sobrecarga cognitiva y mantener una experiencia enfocada, la plataforma permitirá la reproducción y visualización de una única obra a la vez.

- **Interfaz web de escritorio:** El sistema debe disponer de una interfaz web orientada principalmente a entornos de escritorio, permitiendo una interacción clara y organizada con los distintos componentes multimedia del sistema. La navegación debe ser simple e intuitiva, facilitando el acceso a las obras, controles de reproducción y contenido descriptivo mediante una estructura visual consistente.

- **Soporte de accesibilidad:** La interfaz debe considerar los principios de accesibilidad universal establecidos por la Ley N.º 20.422 [23] y los lineamientos

técnicos de accesibilidad web definidos por las Pautas de Accesibilidad para el Contenido Web WCAG 2.1 manual-accesibilidad.

4.2. Principios de accesibilidad

El diseño de la interfaz web se desarrolló considerando los lineamientos establecidos por las Pautas de Accesibilidad para el Contenido Web (WCAG 2.1), las cuales constituyen el principal estándar internacional para la construcción de sistemas accesibles. Estas pautas buscan garantizar que los contenidos y funcionalidades de una plataforma puedan ser utilizados por la mayor cantidad posible de personas, incluyendo usuarios con discapacidad visual, auditiva, motora o cognitiva [24].

Las WCAG 2.1 se estructuran en cuatro principios fundamentales que orientaron el desarrollo de la interfaz propuesta:

- **Perceptible:** La información y los componentes de la interfaz deben presentarse de forma que puedan ser percibidos por los usuarios. En este proyecto se incorporaron descripciones textuales alternativas para las imágenes de las obras, controles de audio claramente identificados y una combinación de colores con contraste adecuado para facilitar la visualización del contenido.

- **Operable:** Los componentes de la interfaz y los mecanismos de navegación deben poder utilizarse mediante distintos métodos de interacción. Para cumplir este principio, se implementó navegación completa mediante teclado, permitiendo recorrer la plataforma y acceder a sus funcionalidades sin necesidad de utilizar un dispositivo apuntador.

- **Comprensible:** Tanto la información como la interacción con el sistema deben resultar claras y predecibles para el usuario. La interfaz fue diseñada utilizando una estructura consistente de navegación, nombres descriptivos para botones y controles, además de una organización visual que facilita la comprensión del contenido disponible.

- **Robusto:** El contenido debe ser compatible con distintas tecnologías de asistencia y navegadores. Para ello se utilizaron etiquetas semánticas HTML y atributos ARIA que permiten a lectores de pantalla interpretar correctamente la estructura y funcionalidad de la plataforma.

En concordancia con los principios de accesibilidad universal establecidos por la Ley N.º 20.422 y considerando las recomendaciones técnicas de accesibilidad web de las WCAG 2.1, el desarrollo de la interfaz se orientó a la aplicación de criterios correspondientes a los niveles de conformidad A y AA. Para validar este cumplimiento se incorporaron medidas específicas como:

- Verificación de contraste de colores mediante la herramienta Colour Contrast Analyser, asegurando relaciones de contraste acordes a los criterios.
- Navegación completa mediante teclado utilizando las teclas de desplazamiento y tabulación disponibles en sistemas Windows.
- Compatibilidad con tecnologías de asistencia, incluyendo pruebas utilizando Narrador de Windows y NVDA.
- Uso de atributos ARIA para mejorar la interpretación de la interfaz por parte de lectores de pantalla.
- Incorporación de audios preprocesados para la narración descriptiva y el contexto histórico de las obras, permitiendo que la información principal pueda ser consumida sin depender exclusivamente del contenido visual.

4.3. Diseño de navegación

La navegación fue diseñada para ser completamente compatible con interacción mediante teclado, posibilitando recorrer todas las vistas principales sin requerir el uso

del cursor. Esta decisión busca facilitar el acceso a usuarios que emplean tecnologías de asistencia como lectores de pantalla.

La figura 4.1 presenta el flujo de navegación definido para la interfaz.

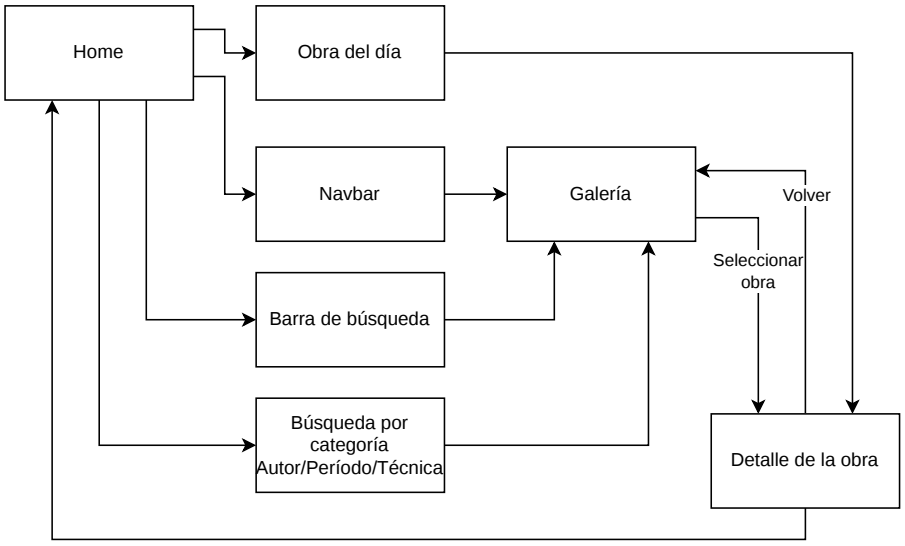


Figura 4.1: *Diagrama de navegación*

Como se observa en la Figura 4.1, la página principal constituye el punto de entrada de la plataforma y ofrece múltiples mecanismos para acceder al catálogo de obras. Entre ellos se encuentran la obra destacada del día, la barra de navegación principal, el buscador de obras y los filtros por categoría, autor, período o técnica artística.

Todos estos mecanismos, con excepción de la obra del día, convergen en la vista de galería, la cual actúa como punto central de exploración del catálogo. Desde esta sección, el usuario puede visualizar las obras disponibles y seleccionar aquella que desea consultar.

Una vez seleccionada una obra, el sistema redirige a la vista de detalle, donde se presenta la imagen correspondiente, sus datos asociados y los distintos contenidos auditivos almacenados previamente en el sistema. Esta vista constituye el destino final del flujo de navegación, ya que concentra toda la información necesaria para la experiencia de exploración de la obra.

La estructura propuesta permite acceder al contenido principal mediante un número reducido de acciones, favoreciendo la eficiencia de uso y reduciendo la carga cognitiva asociada a la navegación. Asimismo, la presencia de mecanismos de retorno y una estructura consistente entre páginas contribuyen a mejorar la orientación del usuario dentro de la plataforma.

4.4. Diseño de interfaces

Para el diseño de las interfaces se optó por un enfoque minimalista, con el objetivo de favorecer la claridad de la información y reducir la cantidad de elementos presentes simultáneamente en pantalla. La organización de los componentes busca facilitar tanto la exploración visual como la interpretación de la estructura de cada página mediante tecnologías de asistencia.

De esta manera, se priorizó una interfaz consistente entre las distintas vistas, presentando únicamente la información y los controles necesarios para realizar las acciones principales del sistema. La solución se estructura en tres vistas principales: Home, Galería y Detalle de la obra.

4.4.1. Vista Home

La Figura 4.2 presenta la página principal de la plataforma, correspondiente al primer punto de interacción del usuario con el sistema. Su diseño busca proporcionar acceso directo a las principales formas de exploración del catálogo.

La vista se encuentra organizada en los siguientes elementos:

- Encabezado: contiene la identidad de la plataforma y la barra de navegación principal, desde la cual es posible acceder a las distintas secciones del sistema.
- Obra del día: Presenta una obra destacada del catálogo, permitiendo acceder directamente a su página de detalle y fomentando la exploración de contenidos.

- Buscador: Permite localizar obras disponibles en el catálogo mediante una consulta directa.

- Acceso por categorías: Proporciona una forma adicional de exploración del catálogo mediante criterios asociados a las obras disponibles.

La organización de estos elementos permite ofrecer distintas vías de acceso al contenido sin requerir una navegación extensa, manteniendo las principales acciones disponibles desde la página inicial.

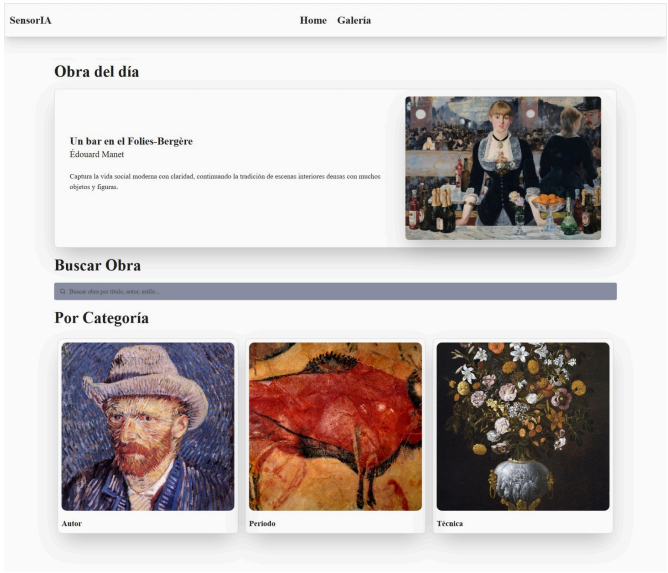


Figura 4.2: *Vista Home*

4.4.2. Vista Galería

La Figura 4.3 presenta la vista Galería, correspondiente al principal espacio de exploración del catálogo de obras disponibles en la plataforma.

Las obras se presentan mediante una distribución en tarjetas, cada una de las cuales contiene los elementos mínimos necesarios para identificarla:

- Miniatura de la obra.
- Título de la obra.
- Nombre del autor.

Adicionalmente, la vista incorpora mecanismos de búsqueda y filtrado que permiten reducir el conjunto de obras mostrado según los criterios disponibles en el sistema. Al seleccionar una de las tarjetas, el usuario accede directamente a la vista de detalle de la obra correspondiente.

La utilización de una estructura repetitiva y consistente para las tarjetas busca facilitar la identificación de los elementos y mantener un comportamiento predecible durante la navegación.

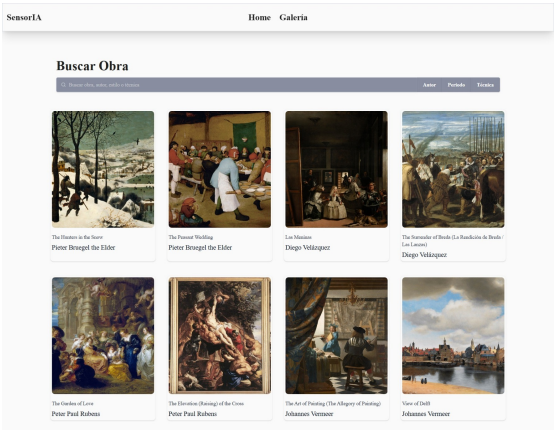


Figura 4.3: *Vista Galería*

4.4.3. Vistas de clasificación por autor, período y técnica

La plataforma incorpora vistas específicas para la exploración de obras según autor, período artístico y técnica. Estas vistas presentan una estructura visual similar, basada en la agrupación de obras según el criterio seleccionado.

En el caso de la vista por autor, las obras se organizan bajo el nombre de cada artista, permitiendo identificar de forma directa el conjunto de obras asociadas a un mismo autor. De manera equivalente, las vistas por período y técnica agrupan las obras según su clasificación temporal o el método artístico utilizado.

A pesar de compartir una estructura de presentación común, cada una de estas vistas cumple una función de navegación distinta, proporcionando alternativas adicionales para explorar el catálogo sin depender exclusivamente de la búsqueda general o de la galería principal.

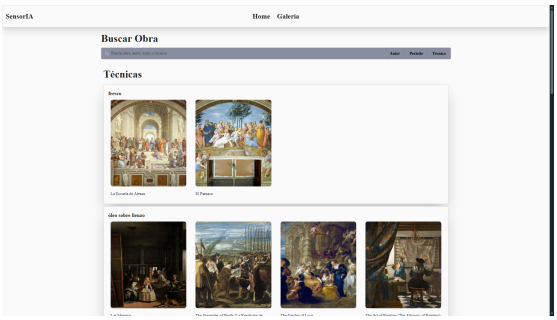


Figura 4.4: *Vista Galería filtrada por técnica*

La Figura 4.4 ejemplifica la estructura utilizada en estas vistas de clasificación.

4.4.4. Vista Detalles de la obra

La Figura 4.5 presenta la vista de detalle, correspondiente al punto principal de consumo de los contenidos asociados a cada obra.

Esta vista concentra la información disponible de la obra seleccionada, incluyendo su imagen, título, autor y los metadatos relevantes almacenados en el catálogo. Asimismo, proporciona acceso a los distintos contenidos auditivos previamente generados y

almacenados en el sistema, correspondientes a la descripción de la obra, la narración de contexto y los sonidos ambientales.

La información se organiza de manera jerárquica con el objetivo de que el usuario pueda identificar primero la obra seleccionada y posteriormente acceder a sus distintos contenidos. Los controles de reproducción se presentan de manera claramente identificable y son considerados elementos centrales de esta vista debido al enfoque auditivo de la plataforma.

La vista de detalle constituye el destino principal del flujo de navegación, ya que reúne en un único espacio la información visual, contextual y auditiva necesaria para la experiencia propuesta.

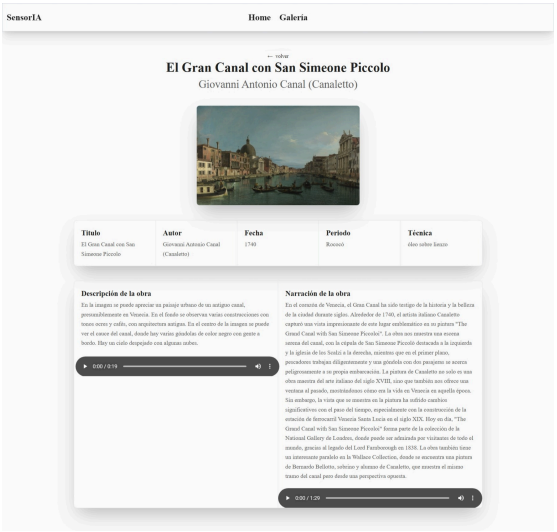


Figura 4.5: *Vista Detalle de la obra*

5. Metodología

5.1. Análisis de normativas

Como primera etapa metodológica se realizó una revisión de las principales normativas y guías de accesibilidad aplicables al desarrollo de interfaces web. El análisis consideró las Pautas de Accesibilidad para el Contenido Web (WCAG) 2.1 y la Guía Técnica para la Implementación de Sitios Web Accesibles desarrollada por SENADIS [24], además de la Ley N.º 20.422 sobre igualdad de oportunidades e inclusión social de personas con discapacidad [23].

A partir de esta revisión se identificaron los criterios de accesibilidad con mayor relación con el objetivo del proyecto, particularmente aquellos asociados a personas con discapacidad visual y al uso de tecnologías de asistencia.

Entre los criterios seleccionados se consideraron el uso de alternativas textuales para contenido no textual, una estructura semántica adecuada, navegación completa mediante teclado, orden lógico del foco, contraste mínimo, identificación clara de controles y compatibilidad con lectores de pantalla.

Los criterios identificados fueron utilizados posteriormente como base para definir los requisitos de accesibilidad de la interfaz, orientar las decisiones de diseño y establecer los aspectos que debían ser verificados durante la etapa de validación.

Tabla 1: *Criterios WCAG 2.1 seleccionados para el diseño y evaluación de la interfaz*

Criterio	Descripción	Aplicación en la interfaz
1.1.1 (A)	Contenido no textual	Incorporación de textos alternativos en las imágenes de las obras para permitir su interpretación mediante lectores de pantalla.
1.2.1 (A)	Solo audio y video (grabado)	Los contenidos de audio asociados a las obras disponen de una transcripción textual equivalente.
1.3.1 (A)	Información y relaciones	Uso de estructuras semánticas HTML para representar encabezados, secciones y elementos interactivos de manera comprensible para tecnologías de asistencia.
1.3.2 (A)	Secuencia con significado	Organización del contenido siguiendo un orden lógico de lectura y navegación.
1.4.3 (AA)	Contraste mínimo	Utilización de combinaciones de colores que permiten mantener un contraste adecuado entre el texto y el fondo.
1.4.10 (AA)	Reflujo	Adaptación del contenido a distintos tamaños de pantalla y niveles de ampliación sin pérdida de información ni funcionalidad.
1.4.11 (AA)	Contraste sin texto	Aplicación de contraste suficiente en componentes interactivos y elementos gráficos necesarios para comprender o utilizar la interfaz.

Continúa en la página siguiente

Criterio	Descripción	Aplicación en la interfaz
2.1.1 (A)	Teclado	Las funciones principales de la plataforma pueden ser utilizadas mediante teclado sin depender exclusivamente del uso del mouse.
2.1.2 (A)	Sin trampa de teclado	El usuario puede desplazarse entre los diferentes elementos interactivos sin que el foco quede bloqueado en un componente.
2.4.1 (A)	Evitar bloques	Incorporación de enlaces de salto que permiten omitir bloques repetitivos de navegación y acceder directamente al contenido principal de la página.
2.4.3 (A)	Orden del foco	La navegación mediante teclado sigue una secuencia coherente con el orden lógico del contenido presentado.
2.4.4 (A)	Propósito de los enlaces	Los enlaces y elementos de navegación poseen textos o etiquetas que permiten identificar su función o destino.
2.4.5 (AA)	Múltiples vías	La plataforma proporciona diferentes mecanismos para localizar y acceder a las obras, mediante la galería, el buscador y la exploración por autor, período y técnica.
2.4.6 (AA)	Encabezados y etiquetas	Uso de encabezados y etiquetas descriptivas para identificar correctamente las distintas secciones y controles de la interfaz.

Continúa en la página siguiente

Criterio	Descripción	Aplicación en la interfaz
2.4.7 (AA)	Foco visible	Los elementos interactivos presentan una indicación visual cuando reciben el foco durante la navegación mediante teclado.
3.1.1 (A)	Idioma de la página	Definición del idioma principal de la interfaz para facilitar su correcta interpretación por navegadores y tecnologías de asistencia.
3.2.1 (A)	Al enfocar	El desplazamiento del foco hacia un elemento no provoca automáticamente cambios inesperados de contexto.
3.2.2 (A)	Al recibir entradas	La interacción con controles no provoca cambios inesperados de contexto sin una acción explícita del usuario.
3.2.3 (AA)	Navegación coherente	La estructura y los principales mecanismos de navegación se mantienen consistentes entre las distintas vistas de la plataforma.
3.2.4 (AA)	Identificación coherente	Los componentes que realizan una misma función mantienen una identificación y comportamiento consistentes entre las diferentes vistas.
4.1.2 (A)	Nombre, función y valor	Uso de elementos HTML semánticos y atributos ARIA cuando corresponde, permitiendo que los componentes interactivos sean interpretados por tecnologías de asistencia.

5.2. Análisis de interfaces

Como parte de la metodología de diseño se realizó un análisis de interfaces web relacionadas con la exploración y presentación digital de obras de arte. El objetivo de esta etapa fue identificar patrones de navegación, mecanismos de búsqueda y formas de organización de la información que pudieran servir como referencia para el desarrollo de la interfaz propuesta.

Para el análisis se consideraron cinco plataformas orientadas a la consulta y exploración de obras de arte: Artsy [8], National Gallery de Londres [9], Art UK [10], Google Arts & Culture [11] y WikiArt [12].

La revisión se centró principalmente en la forma en que estas plataformas permiten explorar sus colecciones, localizar una obra y acceder a la información asociada. Para ello se observaron aspectos como la organización del catálogo, los mecanismos de búsqueda y filtrado, la presentación visual de las obras, la información descriptiva disponible y características generales relacionadas con accesibilidad y adaptación de la interfaz.

A partir de esta revisión se identificaron distintos patrones comunes entre las plataformas analizadas. Entre ellos se encuentran la utilización de catálogos explorables, mecanismos de búsqueda y clasificación, visualización ampliada de las obras, presentación de información básica y contextual, diseño adaptable y elementos relacionados con accesibilidad.

La Tabla 2 presenta una síntesis de los principales patrones identificados y su aplicación posterior en la interfaz propuesta.

Tabla 2: *Patrones identificados en las interfaces de referencia analizadas*

Aspecto analizado	**Patrón identificado**	**Aplicación en la propuesta**
Exploración de obras	Uso de catálogos visuales que permiten recorrer las colecciones disponibles.	Implementación de una galería general para explorar las obras almacenadas en el sistema.
Búsqueda y clasificación	Incorporación de buscadores y mecanismos de filtrado mediante características de las obras.	Implementación de un buscador y mecanismos de exploración por autor, período y técnica.
Presentación de las obras	Visualización de la imagen acompañada de información básica de identificación.	Desarrollo de una vista de detalle que presenta la imagen de la obra junto con su título, autor y otros metadatos asociados.
Ampliación de imágenes	Posibilidad de ampliar las imágenes para observar el contenido de las obras con mayor detalle.	Incorporación de un estado de visualización ampliada de la obra dentro de su vista de detalle.

Continúa en la página siguiente

Aspecto analizado	Patrón identificado	Aplicación en la propuesta
Información asociada	Presentación de información complementaria sobre la obra, su autor y su contexto.	Incorporación de información descriptiva y contextual asociada a cada obra disponible en el catálogo.
Diseño adaptable	Organización de los contenidos de forma que puedan adaptarse a diferentes tamaños de pantalla.	Desarrollo de una interfaz responsive capaz de reorganizar sus componentes según el espacio disponible.
Accesibilidad	Presencia de elementos orientados a facilitar el acceso al contenido, como alternativas textuales, navegación mediante teclado y consideraciones de contraste.	Consideración de criterios de accesibilidad durante el diseño e implementación de la interfaz, tomando como referencia las WCAG 2.1.

A partir de la comparación realizada se identificó una estructura común entre las plataformas analizadas. En general, estas organizan sus contenidos mediante catálogos visuales que permiten explorar colecciones de obras y acceder posteriormente a información más detallada de cada elemento.

También se observó de manera recurrente la incorporación de mecanismos de búsqueda y clasificación que permiten reducir o reorganizar el conjunto de obras mostrado de acuerdo con diferentes características, tales como artista, período o técnica. Este patrón fue considerado especialmente relevante para el proyecto, debido a que permite proporcionar distintas formas de exploración del catálogo.

Otro elemento identificado fue la separación entre la exploración general de las colecciones y la consulta individual de una obra. En estas vistas de mayor detalle se presenta la imagen acompañada de información como título, autor, fecha, técnica y otros antecedentes relacionados.

La revisión también permitió identificar la utilización de imágenes ampliables, contenidos contextuales adicionales y diseños capaces de adaptarse a distintos tamaños de pantalla. Asimismo, se observaron elementos orientados a mejorar la accesibilidad de los contenidos, tales como alternativas textuales, navegación mediante teclado y consideraciones relacionadas con el contraste visual.

A partir de estos patrones se definieron distintos elementos de la interfaz propuesta. Entre ellos se encuentra la utilización de una galería general de obras, mecanismos de búsqueda y exploración por autor, período y técnica, una vista específica de detalle y la presentación estructurada de información asociada a cada obra.

El análisis no tuvo como objetivo replicar directamente ninguna de las interfaces estudiadas, sino utilizar sus patrones comunes como referencia para definir una solución propia, adaptada a los objetivos de accesibilidad e integración de contenidos auditivos del proyecto.

5.3. Diseño de prototipo

Una vez definidos los requisitos funcionales y de accesibilidad, y considerando los patrones identificados durante el análisis de interfaces de referencia, se desarrolló un prototipo de la plataforma utilizando Figma.

El objetivo de esta etapa fue representar previamente la estructura general de la interfaz, definir la disposición de los componentes principales y establecer el flujo de navegación antes de comenzar la implementación del frontend.

El prototipo contempló las vistas principales del sistema, entre ellas la página de inicio, la galería de obras y la vista de detalle. Asimismo, se definieron elementos como

la barra de navegación, el buscador, los mecanismos de exploración por categorías, las tarjetas de obras y la distribución de la información asociada a cada obra.

Durante esta etapa también se definió la relación entre las distintas vistas y los mecanismos de acceso a los contenidos principales, buscando mantener una navegación simple, consistente y con una cantidad reducida de interacciones.

El diseño desarrollado en Figma fue utilizado posteriormente como referencia directa durante la implementación del frontend. La versión implementada mantuvo en gran medida la estructura, distribución visual y los flujos de navegación definidos durante la etapa de prototipado, realizando únicamente los ajustes necesarios durante el desarrollo.

La Figura 5.1 muestra las principales vistas desarrolladas durante esta etapa.

Figura 5.1: *Prototipo de las principales vistas de la interfaz desarrollado en Figma*

El prototipo inicial contemplaba una opción de generación a partir de imágenes pro-

porcionadas por el usuario. Durante la delimitación final del alcance, esta funcionalidad fue descartada, priorizando el acceso al catálogo de obras previamente procesadas.

5.4. Proceso de implementación

Una vez finalizada la etapa de prototipado, se procedió a la implementación funcional de la interfaz web. Esta etapa tuvo como objetivo trasladar la estructura visual y los flujos de navegación definidos previamente hacia una aplicación web operativa.

El desarrollo del frontend se realizó utilizando Next.js como framework principal, junto con Tailwind CSS y DaisyUI para la construcción y estilización de los componentes de la interfaz. La implementación se llevó a cabo de manera progresiva, comenzando por la estructura general de navegación y posteriormente incorporando las diferentes vistas y funcionalidades del sistema.

En una primera fase se desarrollaron los elementos comunes de la interfaz, como la barra de navegación, la estructura general de las páginas y los componentes reutilizables. Posteriormente se implementaron las vistas principales correspondientes a la página de inicio, la galería, las vistas de clasificación y el detalle de cada obra.

Una vez implementada la estructura principal del frontend, se incorporaron las funcionalidades de búsqueda, exploración del catálogo y acceso a la información asociada a cada obra. También se integraron los controles necesarios para la reproducción de los contenidos auditivos disponibles en el sistema.

La integración con el backend se realizó de forma progresiva mediante solicitudes a la API desarrollada con Django. A través de esta comunicación se recuperaron los metadatos de las obras y los contenidos auditivos previamente procesados y almacenados en el sistema.

Durante el proceso de implementación se realizaron ajustes respecto del prototipo inicial, principalmente relacionados con la adaptación de los componentes a distintos tamaños de pantalla, el comportamiento de los elementos interactivos y la incorpora-

ción de criterios de accesibilidad definidos previamente.

Finalmente, se realizaron pruebas funcionales sobre las principales rutas y mecanismos de interacción de la plataforma, con el objetivo de verificar el funcionamiento general antes de comenzar la etapa específica de validación de accesibilidad.

5.5. Metodología de validación de accesibilidad

Una vez finalizada la implementación funcional de la interfaz, se realizó una etapa de validación orientada a comprobar los criterios de accesibilidad definidos previamente para el proyecto. La evaluación combinó herramientas automáticas y pruebas manuales, con el objetivo de detectar posibles barreras de interacción y verificar el comportamiento de la plataforma frente a distintos mecanismos de acceso [24].

La validación se llevó a cabo considerando los criterios WCAG 2.1 seleccionados durante el análisis de normativas. Para ello se utilizaron WAVE, Colour Contrast Analyser, la extensión Web Developer, el lector de pantalla NVDA y el Narrador de Windows.

WAVE fue utilizada como la herramienta principal de evaluación automática de accesibilidad. Mediante esta herramienta se revisaron las distintas vistas de la plataforma con el fin de identificar posibles problemas relacionados con la estructura semántica, textos alternativos, encabezados, etiquetas, contraste, atributos ARIA y otros elementos relevantes para la accesibilidad.

Los resultados entregados por WAVE se organizaron en categorías como errores, errores de contraste, alertas, características de accesibilidad, elementos estructurales y componentes ARIA. Además del resumen general, se utilizó la representación visual proporcionada por la herramienta para localizar directamente los elementos detectados dentro de cada página y revisar componentes específicos como imágenes, enlaces, botones, encabezados y regiones estructurales.

Como complemento a esta evaluación automática, Colour Contrast Analyser se em-

pleó para comprobar las relaciones de contraste entre colores de texto, fondos y otros elementos relevantes de la interfaz. Los valores obtenidos fueron comparados con los niveles mínimos establecidos por los criterios WCAG 2.1 considerados en el proyecto.

La extensión Web Developer fue utilizada como herramienta adicional de inspección. Mediante sus funciones se revisaron distintos aspectos de la página, tales como la estructura de encabezados, la presencia y contenido de atributos alternativos en imágenes y la organización general de los elementos de la interfaz.

Junto con estas herramientas se realizaron pruebas manuales mediante navegación exclusivamente con teclado. Estas pruebas permitieron comprobar el acceso a los diferentes controles interactivos, el orden lógico del foco, la visibilidad del elemento seleccionado y la ausencia de bloqueos durante la navegación.

Para complementar la evaluación desde la perspectiva de las tecnologías de asistencia, se realizaron pruebas utilizando NVDA y el Narrador de Windows. A través de estos lectores de pantalla se evaluó la interpretación de encabezados, enlaces, botones, imágenes, controles de reproducción y demás elementos relevantes de la interfaz, verificando que la información necesaria pudiera ser comprendida sin depender exclusivamente de su representación visual.

La combinación de estas herramientas y pruebas permitió abordar la accesibilidad desde diferentes perspectivas. La evaluación automática permitió detectar problemas técnicos y estructurales, mientras que las pruebas manuales y el uso de lectores de pantalla permitieron revisar aspectos de interacción que no pueden ser determinados completamente mediante validadores automáticos.

Los resultados obtenidos mediante este procedimiento se presentan posteriormente en la Sección 7.2.

6. Implementación del módulo de interfaz web

Este capítulo describe la implementación técnica del módulo de interfaz web, considerando la estructura del frontend y su integración con los servicios proporcionados por el backend. La implementación se realizó tomando como referencia el diseño y los flujos definidos durante las etapas anteriores.

6.1. Estructura del frontend

El frontend de la plataforma fue desarrollado utilizando Next.js, empleando el sistema de enrutamiento proporcionado por App Router. Esta estructura permitió organizar las distintas funcionalidades de la aplicación mediante rutas asociadas a las principales vistas del sistema, facilitando la separación entre navegación, presentación de contenido e interacción con los datos recuperados desde el backend.

La implementación se organizó a partir del directorio `app`, dentro del cual se definieron las rutas correspondientes a la página principal, galería, clasificación de obras y detalle individual. Esta organización permitió aprovechar el enrutamiento basado en archivos proporcionado por Next.js y mantener una estructura coherente entre las diferentes secciones de la plataforma.

Dentro de esta estructura, los archivos `page.tsx` fueron utilizados para definir el contenido principal asociado a cada ruta, mientras que `layout.tsx` se empleó para establecer configuraciones globales de la aplicación, tales como los metadatos generales, la carga de fuentes, los estilos globales y la estructura base del documento HTML.

Por otra parte, los elementos reutilizables de la interfaz se organizaron en una carpeta de componentes y fueron incorporados en las distintas vistas mediante importaciones. Esta organización permitió evitar la duplicación de código y mantener una estructura modular, facilitando la reutilización de elementos comunes entre diferentes páginas de la aplicación.

La vista de detalle se implementó mediante una ruta dinámica, representada por

el segmento `[id]`. Esta estructura permite utilizar una misma página para presentar distintas obras, obteniendo la información correspondiente a partir del identificador incluido en la URL. De esta forma, no es necesario crear una página independiente para cada elemento disponible en el catálogo.

Adicionalmente, se implementaron rutas destinadas a la clasificación de las obras según autor, período y técnica. Aunque estas vistas presentan la información agrupada de manera diferente, comparten una estructura de presentación similar y reutilizan componentes comunes del frontend.

Para la construcción visual de la interfaz se utilizaron Tailwind CSS y DaisyUI. Tailwind CSS permitió definir los estilos, la distribución y el comportamiento responsive de los componentes, mientras que DaisyUI fue utilizado como apoyo para la construcción y reutilización de elementos visuales sobre esta base.

La Figura 6.1 presenta de manera simplificada la estructura de rutas principales implementadas en el frontend.

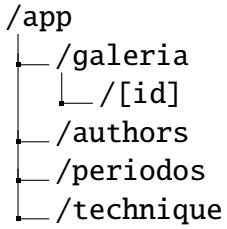


Figura 6.1: *Estructura de rutas principales del frontend*

La organización mostrada permite separar las distintas funcionalidades de navegación y mantener una estructura modular, facilitando tanto la reutilización de componentes como la incorporación de nuevas vistas o funcionalidades dentro del frontend.

6.2. Integración del backend

La interfaz web se integra con el backend del sistema mediante una API desarrollada con Django. Esta API actúa como capa de comunicación entre el frontend y la base

de datos, permitiendo recuperar la información asociada a las obras y los contenidos generados previamente por los distintos módulos del sistema.

Desde el frontend desarrollado en Next.js se realizan solicitudes HTTP a los distintos endpoints expuestos por la API. Estas solicitudes permiten obtener tanto el conjunto general de obras como la información específica necesaria para construir las diferentes vistas de la plataforma.

La Figura 6.2 muestra parte de la documentación interactiva de la API visualizada mediante Swagger UI. En ella se observan los recursos disponibles para la consulta de obras, ambientes, autores, descripciones, narraciones, estilos y técnicas. Para el recurso correspondiente a las obras se encuentran disponibles operaciones de consulta general, obtención de una obra aleatoria y recuperación de una obra específica mediante su identificador, además de operaciones de creación, actualización y eliminación utilizadas en la administración del sistema.

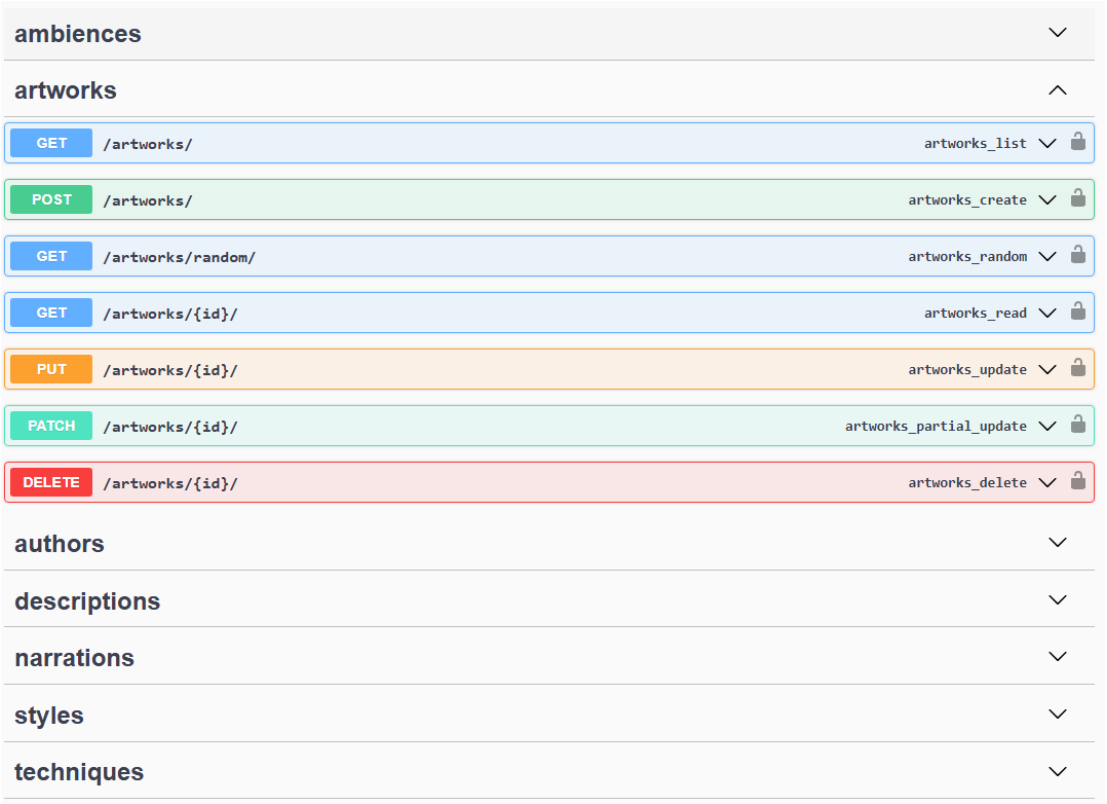


Figura 6.2: *Documentación interactiva de los endpoints mediante Swagger UI*

En la vista de galería, el frontend consulta el conjunto de obras disponibles a través de la API y utiliza la información recibida para generar dinámicamente las tarjetas correspondientes. Cada obra se identifica mediante un identificador único, el cual permite posteriormente acceder a su información específica.

Cuando el usuario selecciona una obra, dicho identificador se utiliza para acceder a la vista de detalle correspondiente. Desde esta vista se realizan las consultas necesarias al backend para recuperar los metadatos de la obra, así como sus descripciones, narraciones y contenidos de ambientación asociados.

Los contenidos auditivos utilizados por la plataforma son generados previamente por los módulos externos del sistema y almacenados junto con la información correspondiente a cada obra. Por lo tanto, durante la interacción con la interfaz no se realiza generación de contenido en tiempo real. El frontend se limita a solicitar, recibir y re-

producir los recursos previamente procesados.

Para comprender la relación entre los datos recuperados por la interfaz, la Figura 6.3 presenta las entidades de la base de datos.

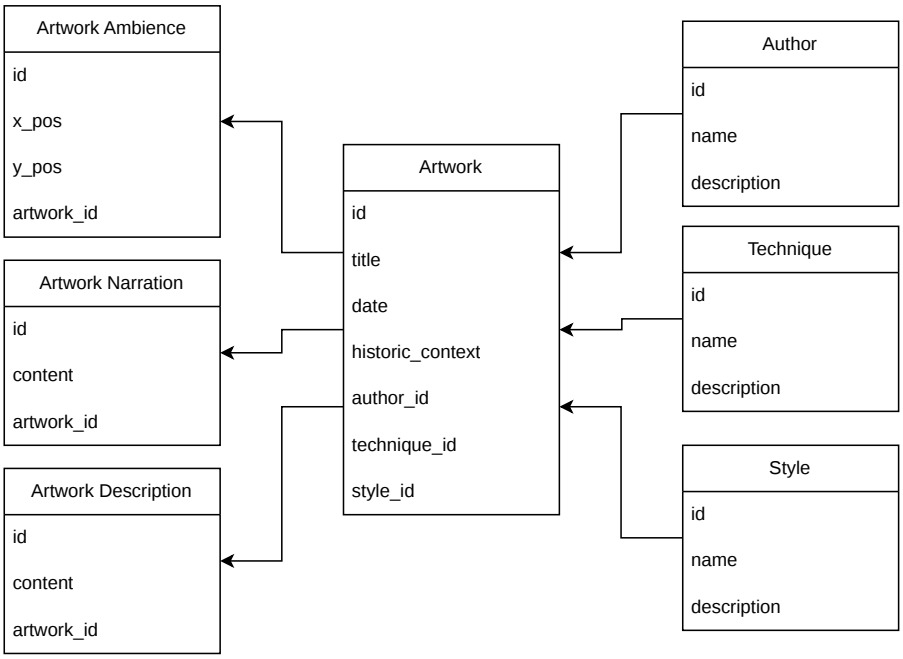


Figura 6.3: *Esquema de la base de datos utilizada por la API*

La entidad central corresponde a *Artwork*, la cual almacena los metadatos principales de cada obra y mantiene relaciones con entidades como autor, técnica y estilo. Asimismo, se relaciona con los contenidos de descripción, narración y ambientación que posteriormente son recuperados por la interfaz mediante la API.

De esta forma, la integración entre el frontend, la API y la base de datos permite centralizar el acceso a la información del sistema y presentar al usuario los distintos contenidos asociados a cada obra desde una única interfaz web.

7. Resultados y Validaciones

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos a partir de la implementación del módulo de interfaz web. En primer lugar, se describe el funcionamiento de las principales funcionalidades desarrolladas y su integración con los contenidos disponibles en el sistema. Posteriormente, se presentan los resultados obtenidos durante la validación de accesibilidad de la interfaz.

7.1. Funcionamiento de la interfaz implementada

Como resultado de la implementación e integración con el backend, se obtuvo un módulo de interfaz web capaz de recuperar y presentar dinámicamente la información asociada a las obras disponibles en el sistema.

La plataforma permite realizar búsquedas desde la página principal y acceder posteriormente a los resultados dentro de la galería. Asimismo, se encuentran disponibles mecanismos de exploración por autor, período y técnica, los cuales permiten organizar y consultar el catálogo mediante diferentes criterios.

La galería carga las obras disponibles desde el backend y permite acceder a la información específica de cada una mediante su identificador. Al seleccionar una obra, la interfaz recupera sus metadatos y los contenidos asociados, incluyendo descripciones, narraciones y sonidos ambientales previamente procesados.

En la vista de detalle se encuentran operativos los controles de reproducción de los contenidos auditivos y la visualización de sus transcripciones textuales. Además, la interfaz incorpora un modo de exploración ampliada de la obra que permite interactuar con distintas regiones de la imagen y reproducir los contenidos sonoros asociados a cada una de ellas.

En conjunto, estas funcionalidades permiten que el módulo de interfaz web actúe como punto de integración entre los contenidos almacenados en el sistema y el usuario final, centralizando la exploración de obras, la consulta de información y el acceso a

los contenidos auditivos asociados.

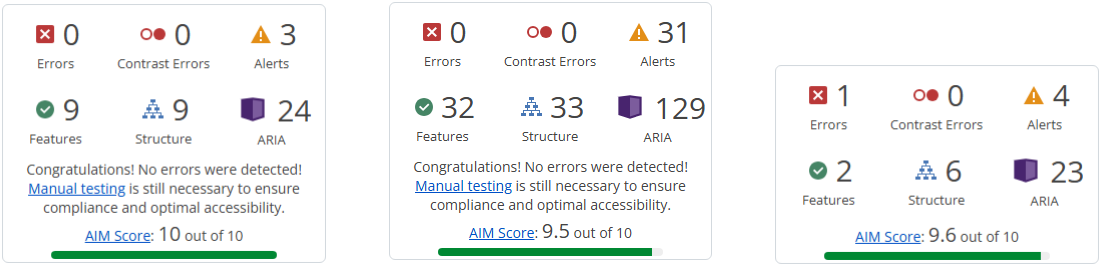
7.2. Resultados de validación de accesibilidad

7.2.1. Evaluación automática mediante WAVE

La evaluación mediante WAVE permitió revisar aspectos relacionados con contenido no textual, estructura semántica, encabezados, etiquetas, nombres accesibles y atributos ARIA, correspondientes a varios de los criterios seleccionados previamente en la Sección 5.1.

Como parte de esta evaluación, también se consideró el Accessibility IMpact Score (AIM Score) proporcionado por WAVE. Este indicador entrega una medida comparativa del impacto potencial de los problemas de accesibilidad detectados automáticamente, considerando factores como la cantidad de errores, su densidad dentro de la página y el número de alertas identificadas.

La Figura 7.1 presenta los resultados obtenidos para las vistas principales de la plataforma. La página principal obtuvo un AIM Score de 10 sobre 10, sin errores ni errores de contraste detectados. La vista de galería obtuvo un puntaje de 9.5 sobre 10, igualmente sin errores automáticos ni errores de contraste, aunque presentó un mayor número de alertas. Finalmente, la vista de detalle obtuvo un AIM Score de 9.6 sobre 10. En esta última vista WAVE reportó inicialmente un posible error relacionado con la ausencia de texto alternativo en una imagen; sin embargo, la revisión manual permitió comprobar que el elemento correspondiente sí disponía de una alternativa textual adecuada, por lo que el resultado fue considerado un falso positivo de la herramienta.



(a) *Vista Home* ***(b)*** *Vista Galería* ***(c)*** *Vista Detalle de la obra*

Figura 7.1: *Resultados de evaluación automática mediante WAVE*

Los resultados obtenidos mediante WAVE fueron utilizados como una primera referencia para detectar posibles problemas de accesibilidad. Sin embargo, estos resultados no constituyen por sí solos una certificación de conformidad con WCAG 2.1, debido a que las herramientas automáticas no pueden evaluar todos los criterios de accesibilidad. Por esta razón, el análisis fue complementado con pruebas de contraste, navegación mediante teclado y evaluaciones utilizando lectores de pantalla.

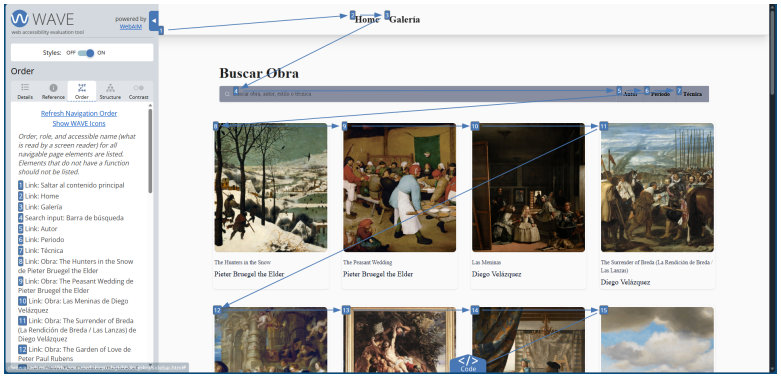
7.2.2. Navegación mediante teclado

La navegación mediante teclado fue evaluada combinando la inspección automática proporcionada por WAVE con pruebas manuales realizadas directamente sobre la interfaz.

En una primera etapa se utilizó la función *Order* de WAVE para revisar la secuencia en que los principales elementos navegables son expuestos dentro de cada vista. La Figura 7.2 muestra el orden identificado para la página principal, la galería y la vista de detalle.



(a) Vista Home



(b) Vista Galería



(c) Vista Detalle de la obra

Figura 7.2: *Orden de los elementos navegables inspeccionado mediante WAVE*

Posteriormente, este orden fue comprobado manualmente utilizando exclusivamente el teclado. Para ello se recorrieron los elementos interactivos mediante la tecla *Tab* y se verificó que el foco avanzara siguiendo una secuencia coherente con la estructura visual y funcional de cada página.

Durante estas pruebas también se comprobó que los controles principales pudieran ser utilizados sin necesidad de emplear el mouse, que el foco permaneciera visible durante el recorrido y que no existieran componentes en los cuales la navegación quedara bloqueada.

Estas pruebas permitieron evaluar los criterios relacionados con operabilidad mediante teclado, ausencia de trampas de teclado, orden del foco y visibilidad del foco definidos previamente para la interfaz.

7.2.3. Validación de contraste

La validación del contraste visual se realizó utilizando la herramienta *Colour Contrast Analyser* (CCA). Para ello se revisaron las combinaciones de colores utilizadas en textos, fondos, controles y otros elementos visuales relevantes de la interfaz.

La Figura 7.3 muestra un ejemplo representativo de las pruebas realizadas. En este caso, la combinación entre el color de texto `#171717` y el fondo `#FAFAFA` obtuvo una relación de contraste de 17,2:1.



Figura 7.3: *Ejemplo de validación de contraste mediante Colour Contrast Analyser*

Las combinaciones evaluadas presentaron niveles de contraste adecuados según los valores de referencia utilizados durante la validación.

7.2.4. Pruebas con lectores de pantalla

La interfaz fue evaluada manualmente utilizando NVDA y el Narrador de Windows. Las pruebas se realizaron sobre todas las vistas de la plataforma, recorriendo los contenidos y controles disponibles mediante ambos lectores de pantalla.

Durante la revisión se comprobó la correcta interpretación de encabezados, enlaces, botones, imágenes, campos de búsqueda, controles de reproducción y demás elementos interactivos de la interfaz. Asimismo, se verificó que los textos alternativos, etiquetas y nombres accesibles permitieran comprender la función de cada elemento sin depender exclusivamente de su representación visual.

También se revisó el orden de lectura del contenido y la coherencia de la información anunciada al desplazarse por las distintas secciones de la plataforma.

Las pruebas realizadas permitieron comprobar que los principales contenidos y mecanismos de interacción podían ser interpretados mediante ambos lectores de pantalla.

7.2.5. Resultados generales

A partir de las evaluaciones automáticas y manuales realizadas, se relacionaron los criterios de accesibilidad seleccionados previamente con los métodos de verificación utilizados. La Tabla 3 resume esta relación y los resultados obtenidos durante las pruebas.

Tabla 3: *Resumen de los resultados de validación de accesibilidad*

Criterio	**Nivel**	**Método de verificación**	**Resultado**
1.1.1	A	WAVE, Web Developer, NVDA y Narrador de Windows	Verificado
1.2.1	A	Inspección manual de los contenidos de audio y sus transcripciones	Verificado
1.3.1	A	WAVE, Web Developer y lectores de pantalla	Verificado
1.3.2	A	WAVE, NVDA y Narrador de Windows	Verificado
1.4.3	AA	Colour Contrast Analyser y WAVE	Verificado
1.4.10	AA	Pruebas manuales de redimensionamiento y adaptación de la interfaz	Verificado
1.4.11	AA	Colour Contrast Analyser	Verificado
2.1.1	A	Navegación manual mediante teclado	Verificado
2.1.2	A	Navegación manual mediante teclado	Verificado
2.4.1	A	Prueba manual de los enlaces de salto	Verificado
2.4.3	A	WAVE Order y navegación mediante teclado	Verificado
2.4.4	A	WAVE, NVDA y Narrador de Windows	Verificado

Criterio	Nivel	Método de verificación	Resultado
2.4.5	AA	Inspección funcional de los mecanismos de búsqueda y exploración	Verificado
2.4.6	AA	WAVE, Web Developer y lectores de pantalla	Verificado
2.4.7	AA	Navegación manual mediante teclado	Verificado
3.1.1	A	Inspección del atributo de idioma del documento	Verificado
3.2.1	A	Prueba manual de navegación e interacción	Verificado
3.2.2	A	Prueba manual de controles y entradas	Verificado
3.2.3	AA	Inspección manual entre las distintas vistas	Verificado
3.2.4	AA	Inspección manual de componentes equivalentes entre vistas	Verificado
4.1.2	A	WAVE, NVDA y Narrador de Windows	Verificado

En conjunto, las pruebas realizadas permitieron verificar los criterios de accesibilidad seleccionados mediante evaluaciones automáticas, navegación por teclado y pruebas con tecnologías de asistencia.

Los resultados presentados corresponden a una evaluación interna de la interfaz y no constituyen una certificación formal de conformidad con WCAG 2.1.

8. Conclusiones

El desarrollo del módulo de interfaz web permitió demostrar que es posible integrar en una única plataforma distintos tipos de contenidos asociados a una obra de arte, manteniendo una estructura de navegación accesible y orientada a usuarios con discapacidad visual.

Uno de los principales aportes del trabajo fue trasladar los criterios de accesibilidad desde una consideración teórica hacia decisiones concretas de diseño, implementación y validación. La incorporación de navegación mediante teclado, compatibilidad con lectores de pantalla, textos equivalentes y controles accesibles permitió construir una interfaz que no depende exclusivamente de la interacción visual tradicional.

Asimismo, la integración con los servicios del sistema permitió centralizar en una misma experiencia la información descriptiva, contextual y sonora asociada a cada obra. Esto refuerza el rol de la interfaz web como punto de conexión entre los distintos módulos del proyecto y el usuario final.

La evaluación realizada permitió identificar que la combinación de herramientas automáticas y pruebas manuales resulta necesaria para analizar de forma más completa la accesibilidad de una interfaz. Herramientas como WAVE y CCA permitieron detectar y revisar aspectos técnicos, mientras que la navegación mediante teclado y el uso de lectores de pantalla permitieron evaluar directamente el comportamiento de la interfaz desde la perspectiva de tecnologías de asistencia.

A partir de los resultados obtenidos, se concluye que el objetivo de desarrollar una interfaz web capaz de integrar los contenidos del sistema e incorporar criterios de accesibilidad fue alcanzado dentro del alcance definido para el proyecto.

Sin embargo, la accesibilidad no debe entenderse como una característica resuelta de manera definitiva a partir de una única etapa de validación. Su evaluación requiere un proceso continuo, especialmente a medida que la plataforma incorpore nuevas funcionalidades, contenidos y usuarios.

En este sentido, el trabajo realizado establece una base funcional para continuar ampliando la plataforma, incorporando nuevos contenidos, mecanismos de interacción y procesos de evaluación que permitan mejorar progresivamente la experiencia de acceso al arte.

9. Trabajo futuro

Una de las principales líneas de trabajo futuro corresponde a la realización de pruebas con usuarios, especialmente personas con discapacidad visual. Este tipo de evaluación permitiría complementar las validaciones técnicas realizadas y obtener información directa sobre la facilidad de navegación, comprensión de los contenidos y utilidad de los distintos mecanismos de interacción.

También se plantea ampliar el catálogo de obras disponibles, incorporando nuevos contenidos procesados por los distintos módulos del sistema. Esta expansión permitiría evaluar el comportamiento de la plataforma con un mayor volumen de información y una mayor diversidad de autores, períodos y técnicas.

Otra línea de desarrollo corresponde a la integración con museos, galerías e instituciones culturales. Mediante este tipo de colaboración sería posible incorporar nuevas colecciones y adaptar la plataforma a distintos contextos de difusión y exhibición artística.

A futuro, la plataforma también podría extenderse a otros tipos de expresiones artísticas y patrimoniales, incorporando contenidos como esculturas, objetos históricos, instalaciones u otras piezas que requieran formas distintas de descripción e interacción. Esta ampliación permitiría evaluar la capacidad del sistema para representar auditivamente contenidos que no se limitan a obras visuales bidimensionales.

En una eventual expansión del catálogo, también sería necesario considerar la gestión de los permisos asociados al uso y difusión de las piezas incorporadas. Esto permitiría establecer mecanismos adecuados para trabajar con colecciones pertenecientes

a instituciones, autores o propietarios que definan condiciones específicas para la utilización de sus imágenes y contenidos asociados.

Referencias

[1] Naciones Unidas. *Declaración Universal de Derechos Humanos*. Artículo 27. 1948. URL: https://www.un.org/es/about-us/universal-declaration-of-human-rights (visitado 24-09-2026).

[2] Naciones Unidas. *Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad*. Artículo 30: Participación en la vida cultural, las actividades recreativas, el esparcimiento y el deporte. 2006. URL: https://www.un.org/development/desa/disabilities/convention-on-the-rights-of-persons-with-disabilities/article-30-participation-in-cultural-life-recreation-leisure-and-sport.html (visitado 24-09-2026).

[3] Organización Mundial de la Salud. *Blindness and vision impairment*. 2023. URL: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment.

[4] Rupert Bourne et al. «Trends in prevalence of blindness and distance and near vision impairment over 30 years: an analysis for the Global Burden of Disease Study». En: *The Lancet Global Health* 9.2 (feb. de 2021). Accessed via the IAPB Vision Atlas, e130-e143. URL: https://visionatlas.iapb.org/global-data/.

[5] Departamento de Evaluación y Estudios. *Estudio Nacional de la Discapacidad 2022*. 2023. URL: https://coanil.cl/wp-content/uploads/2024/02/Tercer-Estudio-Nacional-de-la-Discapacidad-III-ENDISC-2022_compressed.pdf.

[6] Davide Caffagni et al. «The Revolution of Multimodal Large Language Models: A Survey». En: *Findings of the Association for Computational Linguistics: ACL 2024*. Bangkok, Thailand: Association for Computational Linguistics, 2024, págs. 13590-13618. DOI: 10.18653/v1/2024.findings-acl.807. URL: https://aclanthology.org/2024.findings-acl.807/.

[7] Haohe Liu et al. «AudioLDM: Text-to-Audio Generation with Latent Diffusion Models». En: *Proceedings of the 40th International Conference on Machine Learning*. Vol. 202. Proceedings of Machine Learning Research. PMLR, 2023, págs. 21450-21474. URL: https://proceedings.mlr.press/v202/liu23f.html.

[8] Artsy. *Collections*. 2025. URL: https://www.artsy.net/collections.

[9] The National Gallery. *Explore the collection*. 2025. URL: https://www.nationalgallery.org.uk/paintings/explore-the-collection.

[10] Art UK. *Discover Artworks*. 2025. URL: https://artuk.org/discover/artworks.

[11] Google Arts & Culture. *Explore*. 2025. URL: https://artsandculture.google.com/explore.

[12] WikiArt. *WikiArt.org – Visual Art Encyclopedia*. 2025. URL: https://www.wikiart.org/.

[13] Christopher Power et al. «Guidelines Are Only Half of the Story: Accessibility Problems Encountered by Blind Users on the Web». En: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. Association for Computing Machinery, 2012, págs. 433-442. DOI: 10.1145/2207676.2207736.

[14] Kyunghye Yoon et al. «An Exploratory Study of Library Website Accessibility for Visually Impaired Users». En: *Library & Information Science Research* 38.3 (2016), págs. 250-258. DOI: 10.1016/j.lisr.2016.08.006.

[15] Beat Vollenwyder et al. «How Compliance with Web Accessibility Standards Shapes the Experiences of Users with and without Disabilities». En: *International Journal of Human-Computer Studies* 170 (2023), pág. 102956. DOI: 10.1016/j.ijhcs.2022.102956.

[16] Shubhi Jain et al. «Automated Detection of Web Application Navigation Barriers for Screen Reader Users». En: *2025 40th IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering*. IEEE, 2025, págs. 1906-1918. DOI: 10.1109/ASE63991.2025.00159.

[17] Nahyun Kwon, Yunjung Lee y Uran Oh. «Supporting a Crowd-Powered Accessible Online Art Gallery for People with Visual Impairments: A Feasibility Study». En: *Universal Access in the Information Society* 21.4 (2022), págs. 967-982. DOI: 10.1007/s10209-021-00814-2.

[18] Dragan Ahmetovic et al. «Touch Screen Exploration of Visual Artwork for Blind People». En: *Proceedings of the Web Conference 2021*. Association for Computing Machinery, 2021, págs. 2781-2791. DOI: 10.1145/3442381.3449871.

[19] Gabrielle Aubin et al. «Usability and Accessibility of the ArtontheBrain Virtual Recreation Activity for Older Adults With Low Vision Due to Age-Related Macular Degeneration». En: *INQUIRY: The Journal of Health Care Organization, Provision, and Financing* 59 (2022). DOI: 10.1177/00469580211067446.

[20] Rachel Hutchinson y Alison F. Eardley. «Inclusive Museum Audio Guides: 'Guided Looking' through Audio Description Enhances Memorability of Artworks for Sighted Audiences». En: *Museum Management and Curatorship* 36.4 (2021), págs. 427-446. DOI: 10.1080/09647775.2021.1891563.

[21] Petros Pistofidis et al. «Design and Evaluation of Smart-Exhibit Systems that Enrich Cultural Heritage Experiences for the Visually Impaired». En: *Journal of Cultural Heritage* 60 (2023), págs. 1-11. DOI: 10.1016/j.culher.2023.01.004.

[22] Hsin-Yi Chao. «Enhancing Accessibility in Online Craft Exhibitions: Designing and Evaluating Audio Descriptions for Individuals With Visual Impairments». En: *Curator: The Museum Journal* 69.2 (2026), págs. 254-265. DOI: 10.1111/cura.70015.

[23] Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. *Ley 20422 establece normas sobre igualdad de oportunidades e inclusión social de personas con discapacidad*. URL: https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idLey=20422.

[24] Kit Digital Chile. *Accesibilidad web en Chile. Guía técnica para la implementación de sitios web accesibles*. URL: https://kitdigital.gob.cl/archivos/insumos/nuevos/Manual%20Accesibilidad%20Web.pdf.