



IMPLEMENTACIÓN DE ACCESIBILIDAD WEB SEGÚN WCAG 2.1: PERCEPTIBILIDAD

IMPLEMENTATION OF WEB ACCESSIBILITY IN ACCORDANCE WITH WCAG 2.1: PERCEPTIBILITY

Francisco Álvarez-Pineda^{1,*} , Yovin Urrego-Gómez¹ ,
 Pablo Ordóñez-Ordóñez¹ , Hernán Torres-Carrión¹

Recibido: 29-07-2025, Recibido tras revisión: 09-03-2026, Aceptado: 21-04-2026, Publicado: 01-07-2026

Resumen

La plataforma web universitaria para personas con discapacidad visual presentaba limitaciones significativas en accesibilidad, dificultando su uso autónomo. Este proyecto integrador tuvo como objetivo implementar el principio de perceptibilidad del estándar WCAG 2.1, nivel AA, utilizando la metodología ágil Rapid Application Development (RAD), que facilitó iteraciones rápidas de diseño, construcción, evaluación y mejora. Se identificaron deficiencias como la falta de alternativas textuales, bajo contraste de color, etiquetas poco descriptivas y una estructura semántica inadecuada. Estas se corrigieron mediante la incorporación de etiquetas alt, atributos aria-label, una jerarquía estructural en HTML5 y mejoras en CSS para optimizar la visibilidad, el foco y la navegación por teclado. La evaluación combinó herramientas automáticas (TAW), pruebas manuales con el lector NVDA y validación directa con usuarios con discapacidad visual a través de encuestas tipo Likert. Los resultados cuantitativos mostraron incrementos superiores a 2 puntos en todos los indicadores, alcanzando valores superiores a 4.4 sobre 5, en comparación con la versión inicial, que no superaba 2.5. Los resultados cualitativos reflejaron una experiencia más clara, estructurada y accesible, con mayor facilidad para identificar elementos, navegar y usar tecnologías asistivas. Estos hallazgos evidencian que la aplicación del principio de perceptibilidad no solo favorece el cumplimiento de los requisitos técnicos del estándar WCAG 2.1, sino que también genera un impacto positivo en la inclusión digital y en la experiencia de uso de personas con discapacidad visual.

Palabras clave: accesibilidad web, WCAG 2.1, perceptibilidad, discapacidad visual, evaluación de accesibilidad, metodología RAD

Abstract

The university web platform intended for individuals with visual impairments had significant accessibility limitations that restricted independent use. This Integrative Project aimed to implement the perceivability principle of the WCAG 2.1 standard, at conformance level AA, using the agile Rapid Application Development (RAD) methodology, which enabled rapid iterations of design, development, evaluation, and improvement. The main deficiencies identified included the absence of text alternatives, insufficient color contrast, poorly descriptive labels, and inadequate semantic structure. These issues were addressed by incorporating descriptive alt attributes, aria-label attributes, a hierarchical HTML5 structure, and CSS enhancements to improve visibility, focus indication, and keyboard navigation. The evaluation combined automated assessment using TAW, manual testing with the NVDA screen reader, and direct validation with users with visual impairments through Likert-type surveys. Quantitative results showed improvements of more than 2 points across all indicators, reaching scores above 4.4 out of 5, compared with the initial version, which did not exceed 2.5. Qualitative findings revealed a clearer, more structured, and more accessible user experience, with greater ease in identifying interface elements, navigating the platform, and using assistive technologies. These findings demonstrate that applying the perceivability principle not only fulfills the technical requirements of WCAG 2.1 but also has a tangible positive impact on digital inclusion and on the user experience of individuals with visual impairments.

Keywords: web accessibility, WCAG 2.1, perceptibility, visual impairment, accessibility assessment, RAD methodology

^{1,*}Universidad Nacional de Loja, Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables, Carrera de Computación, Loja, Ecuador. Autor para correspondencia ✉: fjalvarez@unl.edu.ec.

Forma sugerida de citación: F. Álvarez-Pineda, Y. Urrego-Gómez, P. Ordóñez-Ordóñez y H. Torres-Carrión, "Implementación de accesibilidad web según WCAG 2.1: perceptibilidad," *Ingenius, Revista de Ciencia y Tecnología*, N.º 36, pp. 70-83, 2026. DOI: <https://doi.org/10.17163/ings.n36.2026.06>.

1. Introducción

La accesibilidad web representa un componente esencial para la inclusión digital, especialmente para las personas con discapacidad visual, quienes enfrentan barreras constantes en el uso de sitios y plataformas en línea. A pesar de los esfuerzos normativos y técnicos impulsados por organismos internacionales como el W3C, múltiples estudios coinciden en que la mayoría de los entornos digitales aún presentan dificultades de navegación, interpretación visual y acceso a la información [1].

El estándar Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1, publicado por el World Wide Web Consortium (W3C), define un conjunto de pautas estructuradas en torno a cuatro principios fundamentales: perceptible, operable, comprensible y robusto. Dentro de estos, el principio de perceptibilidad adquiere especial relevancia para las personas con discapacidad visual, ya que establece que los componentes de la interfaz y los contenidos deben presentarse de manera que puedan ser percibidos por los usuarios a través de distintos canales sensoriales [1]. Esto incluye requisitos como el uso adecuado de texto alternativo, contraste visual suficiente, uso de encabezados jerárquicos y compatibilidad con tecnologías de asistencia, como lectores de pantalla.

Estudios recientes han revelado importantes brechas entre la teoría del estándar y su aplicación práctica. Una revisión sistemática publicada en Discover Computing evidenció que muchas plataformas digitales no cubren adecuadamente los criterios mínimos de accesibilidad para personas con baja visión o ceguera, especialmente en dispositivos móviles, donde los problemas de percepción aumentan [2]. A esto se suma una evaluación empírica de los principales sitios de comercio electrónico, donde más del 60 % de los usuarios con discapacidad visual manifestaron frustración ante la ausencia de etiquetas, estructuras semánticas coherentes y navegación accesible [3].

Asimismo, investigaciones aplicadas a entornos académicos, como el análisis realizado en Finlandia sobre los sitios web de instituciones de educación superior, mostraron que el cumplimiento del principio de perceptibilidad varía considerablemente, incluso cuando existe una legislación que exige accesibilidad digital [4]. Por otro lado, enfoques cualitativos basados en la experiencia directa de usuarios ciegos han destacado que la falta de participación activa de personas con discapacidad visual en el diseño y evaluación de plataformas limita el alcance real de la accesibilidad [5].

En el contexto ecuatoriano, la accesibilidad digital ha comenzado a ganar reconocimiento como un componente clave de la inclusión social y tecnológica. Diversos marcos normativos, como la Norma Técnica de Discapacidades, han establecido directrices orientadas a garantizar el acceso equitativo a plataformas

digitales para personas con discapacidad, incluyendo aquellas con discapacidad visual [6]. Sin embargo, el cumplimiento efectivo de estas normativas sigue siendo limitado. A pesar de los esfuerzos institucionales, numerosos estudios indican que muchas plataformas públicas y educativas en el país aún presentan barreras significativas para las personas con discapacidad visual, especialmente en relación con los principios de accesibilidad establecidos por las WCAG [7].

En este contexto, el presente estudio se centra en analizar la aplicación del principio de perceptibilidad del estándar WCAG 2.1 en una plataforma web universitaria destinada a facilitar el acceso a contenidos digitales para personas con discapacidad visual. Un ejemplo relevante son las herramientas que convierten documentos de texto en audio, como aquellas usadas en entornos académicos para lectura asistida, las cuales han demostrado ser estrategias clave de inclusión cuando se integran desde su diseño en plataformas accesibles [8].

No obstante, diversas investigaciones señalan que muchos de estos sistemas no cumplen con los criterios mínimos de accesibilidad según las WCAG, lo que genera dificultades tanto en la percepción del contenido como en su interacción mediante tecnologías de asistencia.

A partir de esta problemática, la investigación se orienta a responder la siguiente pregunta: ¿En qué medida la aplicación del principio de perceptibilidad del estándar WCAG 2.1 en plataformas web universitarias mejora la accesibilidad para personas con discapacidad visual? Para ello, se adopta una metodología de desarrollo ágil RAD (Rapid Application Development) ampliamente utilizada en el desarrollo de soluciones accesibles [9], que incluye una evaluación inicial con la herramienta TAW (Test de Accesibilidad Web) [10], la definición de requisitos técnicos, el rediseño de interfaces accesibles mediante prototipos en Figma, la implementación progresiva de mejoras, las validaciones automáticas y pruebas manuales, seguidas de una evaluación con usuarios reales.

Este enfoque busca demostrar el impacto que puede tener la integración sistemática de pautas de accesibilidad en el diseño y desarrollo de plataformas digitales inclusivas dentro del ámbito educativo [11].

2. Materiales y métodos

2.1. Metodología de desarrollo

El proceso de implementación de las mejoras de accesibilidad se realizó utilizando el enfoque RAD. Esta metodología fue seleccionada por su capacidad de permitir ciclos cortos de desarrollo, revisión y entrega continua de mejoras, lo que resultó adecuado para un proceso centrado en la corrección iterativa de barreras de accesibilidad [12].

El modelo RAD permitió estructurar el trabajo en cuatro fases: análisis de requisitos, análisis y diseño, construcción y evaluación.

2.2. Herramientas y materiales

Para el desarrollo y evaluación del proyecto se utilizaron los siguientes recursos:

- **Herramienta de evaluación automática:** TAW (Test de Accesibilidad Web), para el análisis inicial y final del cumplimiento de las pautas WCAG 2.1.
- **Tecnología de asistencia:** lector de pantalla NVDA, empleado en las evaluaciones manuales de navegación y lectura del contenido web.
- **Normativa de referencia:** principio de perceptibilidad del estándar WCAG 2.1, nivel AA.
- **Instrumentos de recolección de datos:** cuestionarios de satisfacción y entrevistas semiestructuradas para obtener retroalimentación cualitativa de los usuarios finales.

Si bien la herramienta TAW permitió realizar una evaluación automática inicial y final del cumplimiento de los criterios asociados al principio de perceptibilidad, su uso presenta limitaciones metodológicas que deben ser consideradas. En particular, las herramientas automáticas no permiten verificar de manera completa aspectos relacionados con la calidad de la experiencia de uso, la interpretación contextual del contenido, la claridad de las instrucciones, la pertinencia de los textos alternativos ni la interacción real con tecnologías de asistencia. Asimismo, existen elementos clasificados como advertencias o no verificables que requieren revisión manual para determinar si constituyen efectivamente una barrera de accesibilidad. Por esta razón, los resultados obtenidos con TAW fueron complementados con pruebas manuales mediante el lector de pantalla NVDA y con validación directa con usuarios. Además, se reconoce que otras herramientas de evaluación, como Axe y WAVE, pueden aportar una revisión complementaria al detectar problemas que no siempre son identificados del mismo modo por una sola plataforma automática.

2.3. Procedimiento metodológico

La investigación contempló dos etapas principales: la implementación de mejoras de accesibilidad conforme al principio de perceptibilidad de las WCAG 2.1 y la evaluación de su impacto en la accesibilidad de la plataforma web.

La Figura 1 muestra el flujo de trabajo seguido durante la implementación de las mejoras técnicas.

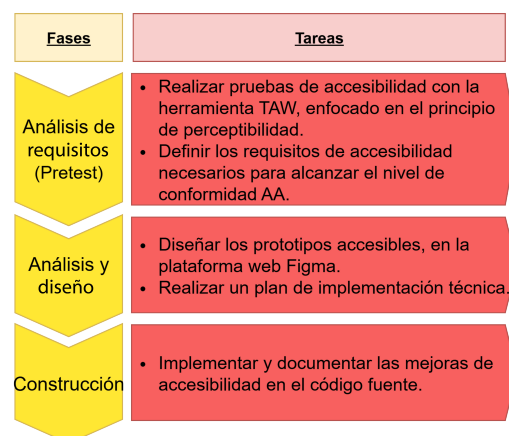


Figura 1. Procedimiento para la implementación de mejoras de accesibilidad.

Posteriormente, se procedió a la evaluación del impacto de las mejoras realizadas, organizada en 5 fases: planificación, ejecución de pruebas automáticas, pruebas manuales, validación y entrega, lo que permitió validar la versión final de la plataforma web. Las tareas de cada una de estas fases se detallan en la Figura 2.



Figura 2. Procedimiento para la evaluación del impacto de las mejoras de accesibilidad.

2.4. Evaluación inicial (Pretest)

Para llevar a cabo la evaluación inicial de accesibilidad bajo el principio de perceptibilidad del estándar WCAG 2.1 (nivel AA), se creó una rama de desarrollo específica denominada “test” dentro del proyecto web

original. Esta versión fue adaptada para permitir la evaluación automática, eliminando capas de seguridad como la autenticación basada en tokens y realizando el volcado de datos de usuario. De esta manera, la herramienta de análisis podría acceder de manera directa a cada una de las secciones clave de la plataforma.

Posteriormente, esta versión del sistema fue desplegada en una máquina virtual dentro del portal Azure, asegurando un entorno de pruebas accesible desde internet. Se identificaron y recopilaron las URL correspondientes a las diez páginas principales de la plataforma web, incluyendo interfaces como el inicio de sesión, registro de usuario, dashboard, configuración global, extractor de contenido, reproductor, información institucional, perfil de usuario, recuperación de contraseña y solicitud de nueva clave (véase la Figura 3).

Cada una de estas direcciones fue evaluada de manera individual mediante la herramienta automática TAW. La evaluación se centró exclusivamente en los criterios relacionados con el principio de perceptibilidad, extrayendo los resultados correspondientes a problemas detectados, advertencias y elementos que no pudieron ser verificados automáticamente.

Dado que las herramientas automáticas presentan restricciones para evaluar ciertos criterios dependientes del contexto de uso y de la interacción real con tecnologías de asistencia, estos hallazgos se consideraron como una base diagnóstica inicial y no como una verificación exhaustiva de la accesibilidad.

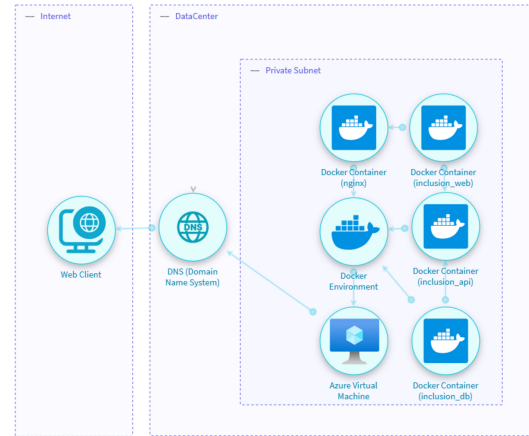


Figura 3. Diagrama de despliegue del sistema.

A partir de estos hallazgos, se definieron los requisitos de accesibilidad necesarios para guiar el rediseño y la mejora de la plataforma, tal como se detalla en la siguiente sección.

2.5. Diseño de mejoras

Con base en los criterios establecidos por el nivel de conformidad AA del principio de perceptibilidad de las WCAG 2.1, se definieron los requisitos funcionales y no funcionales que orientarían las modificaciones a implementar en la plataforma. Estos se agruparon en dos categorías: requisitos funcionales generales de accesibilidad (Tabla 1) y requisitos no funcionales (Tabla 2).

Tabla 1. Requisitos funcionales de accesibilidad relacionados con perceptibilidad

ID	Pauta WCAG	Descripción	Prioridad
REQ-001	1.1.1	Inclusión de textos alternativos significativos en imágenes y gráficos.	Alta
REQ-002	1.3.1	Uso adecuado de etiquetas semánticas HTML5 y ARIA.	Alta
REQ-003	1.4.3	Garantizar un contraste mínimo de 4.5:1 entre texto y fondo.	Alta
REQ-004	1.4.4	Permitir redimensionamiento del texto hasta un 200 %, sin pérdida de funcionalidad.	Alta
REQ-005	1.4.5	Evitar el uso de imágenes de texto, salvo en casos excepcionales.	Alta

Tabla 2. Requisitos no funcionales para la mejora de la perceptibilidad

ID	Categoría	Descripción	Prioridad
RNF-001	Usabilidad	Garantizar accesibilidad para usuarios con discapacidad visual.	Alta
RNF-002	Rendimiento	Mantener tiempos de carga óptimos tras las modificaciones.	Media
RNF-003	Compatibilidad	Asegurar funcionamiento adecuado con lectores de pantalla.	Alta
RNF-004	Mantenibilidad	Documentar todas las adaptaciones para facilitar futuras actualizaciones.	Media

Una vez establecidos los requisitos, se procedió al diseño de prototipos accesibles utilizando la plataforma Figma, como se muestra en la Figura 4. Estos prototipos incorporaron criterios de diseño inclusivo, considerando:

- la correcta jerarquía semántica del contenido mediante el uso de encabezados estructurados;
- el uso de colores institucionales con suficiente contraste;

- la organización intuitiva de la interfaz, facilitando la navegación asistida;
- la reducción de elementos visuales distractores para favorecer la simplicidad;
- la inclusión de etiquetas claras y visibles en formularios, botones y enlaces.



Figura 4. Prototipo accesible de una pantalla clave de la plataforma en Figma.

Asimismo, se elaboró un plan de implementación técnica en concordancia con la metodología RAD. Este plan detalló:

- las tareas específicas a realizar para cada componente afectado;
- la priorización de intervenciones según la criticidad de las barreras detectadas;
- las tecnologías y buenas prácticas a aplicar (HTML semántico, ARIA, CSS accesible);
- el cronograma de desarrollo distribuido en ciclos iterativos;
- la documentación técnica de cada intervención para fines de validación y mantenimiento.

Adicionalmente, como parte del proceso de desarrollo y validación, se contó con un repositorio técnico del proyecto que documenta las modificaciones implementadas y las decisiones de diseño adoptadas, disponible en el siguiente enlace: <https://github.com/Yovin001/inclusionLectora>, con fines de reproducibilidad y validación de los resultados.

2.6. Implementación técnica

Con base en los requisitos funcionales y no funcionales definidos, se procedió a modificar el código fuente de las principales páginas de la plataforma web, aplicando los principios de diseño accesible establecidos por las WCAG 2.1 (nivel AA), cuyos resultados se sintetizan en la Tabla 3.

Tabla 3. Mejoras de accesibilidad implementadas en el código fuente

Problema identificado	Pauta WCAG 2.1 incumplida	Solución aplicada
Imágenes sin texto alternativo significativo	1.1.1 Contenido no textual.	Se agregaron atributos alt descriptivos o <code>aria-hidden="true"</code> para elementos decorativos.
Iconos sin alternativa textual	1.1.1 Contenido no textual.	Se añadieron <code>aria-label</code> dinámicos, se ocultaron con <code>aria-hidden="true"</code> o se eliminaron si eran innecesarios.
Uso de color sin suficiente contraste	1.4.3 Contraste mínimo.	Se ajustaron los colores en los estilos CSS para alcanzar un contraste mínimo de 4.5:1 en todos los estados.
Botones o enlaces sin etiquetas accesibles	4.1.2 Nombre, función, valor.	Se incorporaron atributos <code>aria-label</code> que describen claramente la función de cada botón o enlace.
Campos de formulario sin relaciones semánticas claras.	1.3.1 Información y relaciones.	Se utilizaron atributos <code>htmlFor</code> , <code>aria-describedby</code> y <code>role="alert"</code> para asociar etiquetas, entradas y mensajes.
Encabezados sin estructura jerárquica correcta	1.3.1 Información y relaciones.	Se reorganizaron las etiquetas <code><h1></code> , <code><h2></code> , <code><h3></code> para reflejar una jerarquía clara y semántica.
Controles sin foco visible	2.4.7 Foco visible.	Se aplicaron estilos personalizados al estado <code>:focus</code> para asegurar la visibilidad del foco en navegación por teclado.
Elementos definidos solo por color	1.4.1 Uso del color.	Se añadieron textos o atributos ARIA que permiten interpretar el propósito sin depender exclusivamente del color.
Ausencia del atributo <code>lang</code> en el documento	3.1.1 Idioma de la página.	Se declaró el idioma español en el HTML raíz mediante <code>lang="es"</code> para tecnologías de asistencia.
Mensajes de estado no accesibles	4.1.3 Mensajes de estado.	Se propuso usar <code>role="alert"</code> o <code>aria-live="assertive"</code> en contenedores de mensajes (en algunos casos, quedó pendiente).
Controles de audio sin alternativas textuales	1.2.1 Solo audio (grabado).	Se recomendó añadir una transcripción textual accesible para usuarios con discapacidad auditiva.
Elementos visuales eliminados por falta de función o accesibilidad	N/A	Se retiraron del código aquellos elementos que no contribuían funcionalmente y no cumplían criterios de accesibilidad.

Con el fin de ilustrar el impacto de las mejoras implementadas, las Figuras 5 y 6 presentan una comparación entre la interfaz original de la plataforma y la versión accesible desarrollada. En esta comparación se evidencian cambios en aspectos como el contraste de colores, la organización visual de los elementos y la claridad de los componentes interactivos.

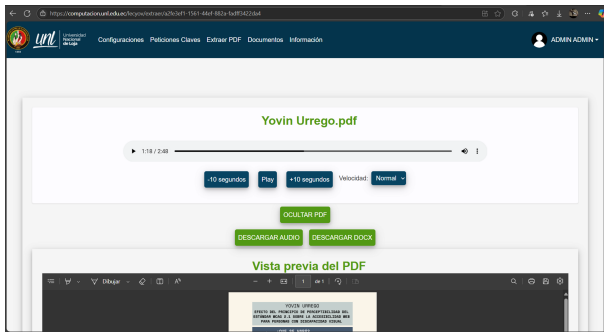


Figura 5. Interfaz original con barreras de accesibilidad.

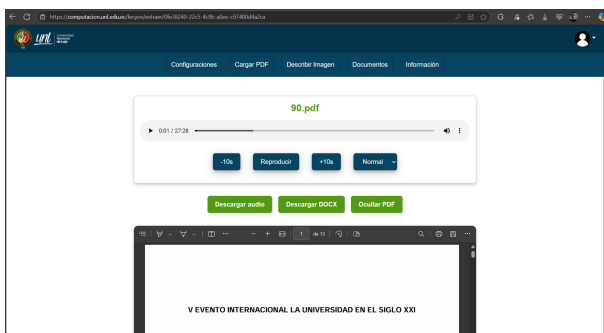


Figura 6. Interfaz accesible tras la implementación de mejoras de perceptibilidad según WCAG 2.1.

Si bien la interfaz visual de la plataforma no fue modificada de manera drástica, se realizaron ajustes técnicos orientados a mejorar su interpretación por parte de las tecnologías de asistencia. En particular, se priorizó el etiquetado accesible de los componentes, la organización semántica de la estructura y la correcta definición de nombres, roles y descripciones para elementos interactivos.

Uno de los aspectos más relevantes de la intervención fue la mejora en el etiquetado accesible de los elementos de la interfaz. Se incorporaron atributos como `aria-label`, `aria-describedby` y asociaciones semánticas adecuadas entre etiquetas y campos de formulario, lo que permitió una mejor interpretación por parte del lector de pantalla.

Para evidenciar estos cambios técnicos, las Figuras 7, 8 y 9 muestran ejemplos obtenidos mediante el inspector de accesibilidad del navegador. En estas capturas se observa una mejora en el etiquetado y en la estructura accesible de los componentes, lo que favorece su correcta lectura e interpretación por parte del lector de pantalla.

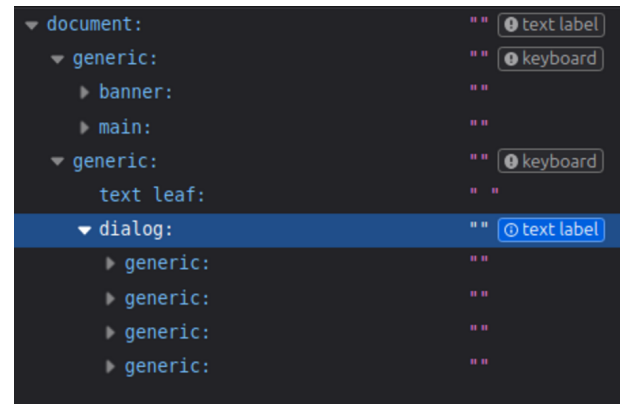


Figura 7. Estructura accesible en la versión original.

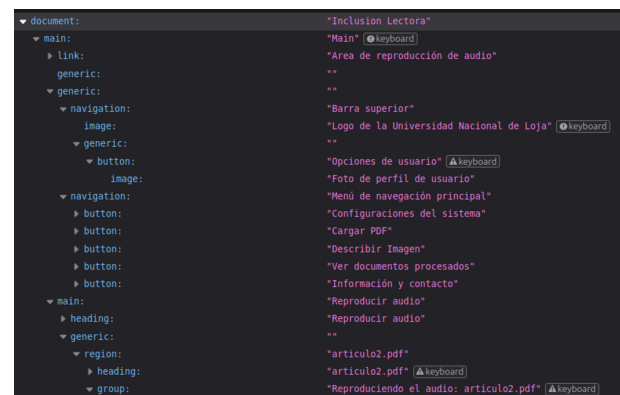


Figura 8. Estructura accesible en la versión mejorada: parte superior.

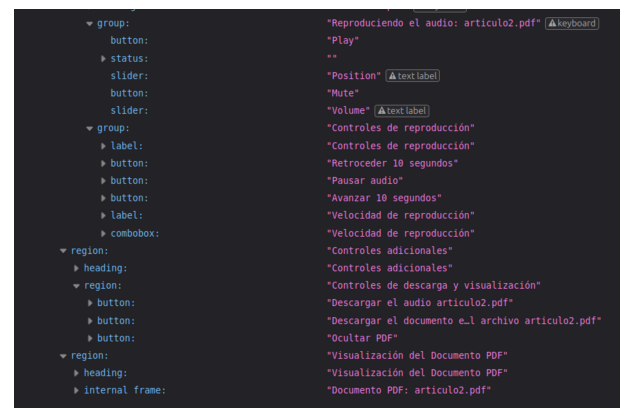


Figura 9. Estructura accesible en la versión mejorada: parte inferior.

2.7. Evaluación posterior (postest)

Para medir el impacto de las mejoras implementadas, se realizó una segunda evaluación automática, replicando el mismo enfoque metodológico del pretest [13]. Se creó una nueva rama del proyecto, denominada

“posttest”, que incorporaba todas las modificaciones correspondientes al principio de perceptibilidad.

Esta versión fue desplegada en un entorno de pruebas equivalente al utilizado inicialmente, y se reutilizaron las mismas URL de referencia de la plataforma, con el fin de asegurar la comparabilidad de los resultados.

La herramienta TAW fue nuevamente empleada para analizar cada página, enfocándose en los criterios de perceptibilidad. Se recopilaban los datos obtenidos sobre problemas detectados, advertencias y elementos no verificables.

En consecuencia, los resultados del posttest fueron interpretados de manera complementaria con la evaluación manual y la validación con usuarios, con el fin de evitar una interpretación exclusivamente automatizada del nivel de accesibilidad alcanzado.

Estos resultados se compararán con los obtenidos en la evaluación inicial, permitiendo estimar el efecto concreto de las intervenciones realizadas sobre la accesibilidad de la plataforma.

2.8. Evaluación manual

Se llevaron a cabo pruebas manuales de accesibilidad utilizando el lector de pantalla NVDA, con el objetivo de validar el cumplimiento del principio 1: Perceptibilidad del estándar WCAG 2.1 (nivel AA). Las evaluaciones se enfocaron en componentes clave de la interfaz, como campos de formulario, botones, enlaces, menús y estructuras de navegación, empleando acciones como tabulación, uso de teclas de dirección, activación por teclado y lectura secuencial.

Para asegurar objetividad en el proceso, se contó con la colaboración de una evaluadora externa al equipo de desarrollo: una estudiante universitaria con experiencia en el uso del lector NVDA. Su participación permitió validar la accesibilidad de la plataforma desde una perspectiva más cercana a la experiencia real de usuarios con discapacidad visual, identificando barreras que podrían pasar desapercibidas en una autoevaluación técnica [11].

2.9. Validación con usuarios

Como parte del proceso de validación, se organizó un taller presencial con usuarios con discapacidad visual en la Universidad Nacional de Loja. Los participantes fueron seleccionados por su experiencia en el uso de tecnologías de asistencia, particularmente lectores de pantalla como NVDA.

De una población inicial de 15 estudiantes con discapacidad visual en modalidad presencial, seleccionaron cuatro participantes para las pruebas. Esta elección se basó en criterios de disponibilidad, experiencia previa con lectores de pantalla y limitaciones

logísticas como conflictos de horario académico, dificultades de desplazamiento o restricciones tecnológicas. Desde un enfoque cualitativo, esta muestra reducida se justifica bajo el método de muestreo intencionado, comúnmente empleado en estudios exploratorios de accesibilidad [14].

Aunque la muestra utilizada fue reducida, su selección respondió al carácter exploratorio del estudio y al propósito de identificar barreras de accesibilidad relevantes en una etapa inicial de validación. En investigaciones de usabilidad y accesibilidad, las muestras pequeñas permiten detectar problemas frecuentes de interacción cuando se trabaja con tareas específicas y usuarios con experiencia en tecnologías de asistencia. No obstante, esta decisión metodológica limita el alcance inferencial de los resultados, por lo que los hallazgos deben interpretarse como evidencia contextual y no como una generalización estadística aplicable a toda la población universitaria con discapacidad visual.

Además, según el modelo propuesto por Jakob Nielsen, se estima que con 4 participantes es posible identificar aproximadamente el 75 % de los problemas de usabilidad más frecuentes. Esta estimación se basa en la fórmula:

$$P = N \times [1 - (1 - L)^n] \quad (1)$$

donde P representa el número estimado de problemas detectados, N el número total de problemas, L la probabilidad de que un usuario detecte un problema ($L \approx 0.31$) y n el número de usuarios evaluados [15]. Como argumenta Nielsen, incluso una sola persona usuaria puede revelar una proporción considerable de problemas críticos, y a medida que se agregan más usuarios, la cantidad de información nueva disminuye. Esta lógica respalda la eficiencia de utilizar muestras pequeñas en etapas tempranas, cuando el objetivo es descubrir y solucionar las barreras más evidentes.

Durante el taller, los usuarios realizaron tareas funcionales representativas del uso real de la plataforma, incluyendo los flujos de registro, inicio de sesión, carga de archivos PDF y reproducción de contenido en audio. Cada actividad fue ejecutada de manera autónoma utilizando el lector de pantalla NVDA. En los casos donde surgieron dificultades significativas, el equipo de desarrollo intervino de forma puntual para facilitar la continuidad del ejercicio.

Tras completar los recorridos funcionales en la primera versión de la plataforma (sin mejoras de accesibilidad), se aplicaron instrumentos de validación para evaluar la percepción de accesibilidad. Posteriormente, se repitió el mismo proceso con la segunda versión (modificada según el principio de perceptibilidad). Finalmente, se realizó una entrevista comparativa entre ambas versiones. Todos los participantes completaron las pruebas en ambas versiones del sistema (pretest y posttest), permitiendo una comparación directa de la

experiencia de uso bajo las mismas condiciones experimentales.

Instrumentos aplicados para la evaluación de accesibilidad

Con el propósito de evaluar la experiencia desde una perspectiva tanto cuantitativa como cualitativa, se diseñaron y aplicaron los siguientes instrumentos:

- Encuesta con escala Likert (1 a 5), basada en criterios del principio de perceptibilidad de las WCAG 2.1.

- Preguntas abiertas para recoger observaciones detalladas.

- Entrevista comparativa entre versiones, orientada a validar las mejoras percibidas.

Encuesta tipo Likert: Este instrumento permitió valorar la percepción de accesibilidad en aspectos clave de la interfaz, considerando la facilidad de lectura, el uso de lectores de pantalla, la claridad de las instrucciones, la visibilidad de las alertas y la accesibilidad de los controles.

Tabla 4. Preguntas de la encuesta tipo Likert

Pregunta	Criterio WCAG asociado
¿Fue fácil percibir todos los textos en pantalla?	Contraste / legibilidad del texto.
¿El lector de pantalla leyó correctamente todos los elementos?	Alternativas textuales / etiquetas accesibles.
¿Las instrucciones fueron claras y perceptibles?	Ayudas contextuales / instrucciones visibles.
¿Las alertas o errores fueron fácilmente percibidos?	Alertas auditivas y visibles.
¿Los botones, campos y controles eran distinguibles y visibles al foco?	Foco visible / contraste / navegación por teclado.

Cada pregunta fue calificada en una escala del 1 (totalmente en desacuerdo) al 5 (totalmente de acuerdo), aplicándose por separado luego del uso de cada versión de la plataforma.

Preguntas abiertas: Para obtener retroalimentación cualitativa más profunda, se formularon preguntas abiertas luego del uso de cada versión. Estas permitieron identificar barreras percibidas, dificultades de navegación y sugerencias específicas desde la perspectiva del usuario.

Tabla 5. Preguntas abiertas para retroalimentación cualitativa

Pregunta
¿Fue fácil percibir todos los textos en pantalla?
¿Hubo algo que no pudiste percibir claramente en esta versión?
¿Qué parte te resultó más difícil de identificar o comprender?
¿En qué mejorarías esta versión?

Entrevista comparativa entre versiones: Al finalizar la validación de ambas versiones, se realizó una entrevista comparativa orientada a identificar diferencias percibidas, mejoras observadas y elementos aún

susceptibles de mejora. Esta actividad permitió validar la efectividad de las intervenciones desde una experiencia directa y comparativa.

Tabla 6. Preguntas de la entrevista comparativa entre versiones

Pregunta
¿Notaste alguna diferencia entre la primera y la segunda versión?
¿Cuál versión fue más clara o fácil de usar con tu lector de pantalla?
¿En qué parte sentiste mayor diferencia?
¿Percibiste mejor los mensajes, botones o alertas en la segunda versión?
¿Qué mejorarías en la versión accesible?

2.10. Análisis de resultados

El análisis de resultados se llevó a cabo mediante una triangulación metodológica que integró datos cuantitativos y cualitativos provenientes de tres fuentes: la evaluación automática, la evaluación manual con lector de pantalla y la validación con usuarios con discapacidad visual.

El análisis cuantitativo se abordó desde un enfoque descriptivo, debido al tamaño reducido de la muestra, por lo que no se hicieron pruebas inferenciales. Los resultados se interpretaron mediante promedios y tendencias observadas entre las versiones evaluadas.

Para la evaluación automática, se utilizaron los reportes generados por la herramienta TAW en las fases de pretest y postest. Los datos extraídos fueron estructurados en matrices comparativas por página evaluada, clasificando los elementos en tres categorías: errores, advertencias y elementos no verificables. A partir de esta matriz, se generaron gráficos de barras que permitieron visualizar el cambio entre versiones, destacando la disminución (o persistencia) de problemas relacionados con el principio de perceptibilidad.

En cuanto a la evaluación manual, se codificaron los hallazgos reportados por la evaluadora externa durante los recorridos funcionales, agrupándolos según el tipo de barrera detectada (visual, estructural, semántica) y el componente afectado (formularios, navegación, controles, contenido). Esta codificación permitió construir un mapa de barreras que luego fue contrastado con las mejoras aplicadas.

Los datos cualitativos y cuantitativos recogidos durante la validación con usuarios fueron analizados en dos niveles. Primero, se procesaron las respuestas a los cuestionarios Likert mediante medidas de tendencia central (promedios y desviaciones estándar), para identificar patrones de percepción en cuanto a accesibilidad, comprensión y navegabilidad. En segundo lugar, se efectuó un análisis temático de las entrevistas semiestructuradas y preguntas abiertas, organizando las respuestas en categorías emergentes vinculadas a la experiencia de uso, obstáculos detectados y sugerencias de mejora.

2.11. Consideraciones éticas

Todas las actividades de validación con usuarios se desarrollaron en cumplimiento de los principios éticos para investigaciones con seres humanos. Se obtuvo el consentimiento informado por escrito de todos los participantes, garantizando la voluntariedad de su participación, la confidencialidad de los datos recolectados y el anonimato de sus respuestas en la difusión de resultados.

3. Resultados y discusión

3.1. Resultados de las evaluaciones automáticas

Las evaluaciones iniciales identificaron barreras de accesibilidad relacionadas con contrastes de color insuficientes, ausencia de textos alternativos, estructuras semánticas deficientes y formularios sin etiquetas descriptivas.

Tras la implementación de mejoras, los errores críticos detectados por TAW se redujeron a cero en las páginas evaluadas, como se muestra en la Tabla 7. Entre las barreras identificadas inicialmente se encontraban los siguientes:

- **Contrastes de color insuficientes**, que dificultaban la lectura.
- **Falta de textos alternativos** en imágenes y elementos gráficos.
- **Estructura semántica inadecuada**, afectando su interpretación por tecnologías de asistencia.
- **Problemas en formularios**, como ausencia de etiquetas descriptivas.

Tabla 7. Comparación de errores de accesibilidad antes y después de la intervención

Categoría	Pretest	Postest	Reducción
Problemas	32	0	100 %
Advertencias	43	24	44.19 %
Elementos no verificados	40	40	0 %

Como se observa en la Tabla 7, se logró la eliminación total de errores críticos (“Problemas”), evidenciando una mejora técnica significativa. Asimismo, las advertencias se redujeron en un 44.19 %, reflejando avances en etiquetas y descripciones, aunque aún son susceptibles de mejora.

Los elementos clasificados como “no verificables” se mantuvieron sin cambios, debido a que requieren revisión manual o validación contextual con usuarios. Estos resultados evidencian el impacto positivo de aplicar el principio de perceptibilidad de las WCAG 2.1 mediante enfoques iterativos como RAD, contribuyendo a una experiencia web más accesible para personas con discapacidad visual.

3.2. Resultados de la evaluación manual

La evaluación con NVDA reveló diversas barreras perceptivas, como errores en la activación de botones, falta de confirmaciones en acciones críticas, etiquetas incorrectas y conflictos entre la narración del lector y la reproducción de audio.

La mayoría de estos problemas fueron corregidos durante el proceso de mejora, como se resume en la Tabla 8, donde se agrupan los principales hallazgos por caso de prueba y su estado de resolución.

Tabla 8. Resumen de resultados de la evaluación manual con NVDA

Caso de prueba	Problemas identificados	Estado
Login.	Lectura de errores al escribir, botón desactivado, cambio de tamaño al mostrar advertencias.	Resueltos
Registro	Lectura incorrecta de confirmación de clave, campos que aceptan letras, orden incorrecto de botones.	Parcialmente resueltos
Olvido de clave	Botón desactivado sin retroalimentación.	Resuelto
Dashboard	El lector no anuncia resultados de búsqueda ni confirma la eliminación.	Resueltos
Reproductor	Superposición de narración entre lector y audio.	No resuelto
Extractor	Botones poco descriptivos, problemas al cargar archivos.	Resueltos
Configuración global.	Lectura innecesaria de advertencias, mensajes incorrectos al fallar la eliminación.	Resueltos
Perfil y cambio de clave	Lectura incorrecta de botones de contraseña y etiquetas no estándar.	Resueltos
Todas las páginas	Ausencia de enlace “saltar al contenido” y orden poco intuitivo de botones de guardar/cancelar.	Resueltos

Las pruebas manuales confirmaron que la mayoría de las barreras iniciales fueron eliminadas, mejorando sustancialmente la experiencia de navegación con tecnologías de asistencia. No obstante, se identificaron aspectos que requieren revisiones futuras, especialmente en el componente de audio, donde persisten conflictos de percepción.

3.3. Resultados de la validación con usuarios

Como parte del proceso de validación de la accesibilidad del sistema, se llevaron a cabo pruebas con 4 participantes con discapacidad visual, quienes completaron todos los flujos de interacción en ambas versiones del sistema (versión inicial y versión accesible). Posteriormente, se aplicaron encuestas de satisfacción con preguntas tipo Likert, se hicieron entrevistas abiertas para captar observaciones cualitativas, y se llevó a cabo una entrevista comparativa entre versiones para conocer la percepción general de los participantes.

3.3.1. Resultados de la encuesta tipo Likert

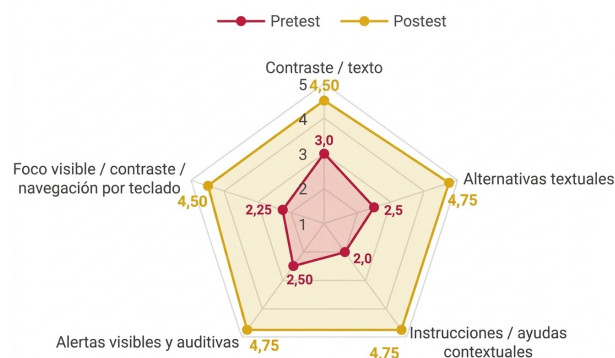
Los resultados obtenidos mediante la escala de Likert evidencian una mejora sustancial en la percepción de accesibilidad en la versión accesible del sistema. Se evaluaron cinco aspectos fundamentales relacionados con el principio de perceptibilidad de la norma WCAG 2.1, nivel AA: legibilidad de textos, visibilidad de botones y controles, percepción de alertas, claridad de instrucciones y lectura de documentos por parte del lector de pantalla.

Como puede observarse en la Tabla 9, todos los aspectos evaluados muestran una mejora significativa tras la implementación de las mejoras de accesibilidad basadas en el principio de perceptibilidad del estándar WCAG 2.1, nivel AA. En particular, el contraste del texto mejoró de 3.00 a 4.50; las alternativas textuales, de 2.50 a 4.75; las instrucciones y ayudas contextuales, de 2.00 a 4.75; las alertas visibles y auditivas, de 2.50 a 4.75; y el foco visible, contraste y navegación por

teclado, de 2.25 a 4.50. La lectura adecuada de documentos por parte del lector de pantalla también evidenció un notable incremento (de 2.00 a 5.00), lo cual indica que las intervenciones aplicadas fueron eficaces para mejorar la interacción mediante tecnologías de asistencia.

Tabla 9. Promedios obtenidos en cada ítem para ambas versiones evaluadas

Criterio evaluado	Pretest	Posttest
Contraste / texto	3.00	4.50
Alternativas textuales	2.50	4.75
Instrucciones / ayudas contextuales	2.00	4.75
Alertas visibles y auditivas	2.50	4.75
Foco visible / contraste / navegación por teclado	2.25	4.50

**Figura 10.** Comparación gráfica de puntuaciones por elemento evaluado (escala 1 a 5).

3.3.2. Resultados de la entrevista con preguntas abiertas

Las entrevistas abiertas permitieron obtener una visión cualitativa y detallada de la experiencia de los usuarios. A continuación, se resumen los hallazgos más relevantes, organizados por categoría de análisis.

Percepción de elementos visuales: En la versión inicial, los usuarios reportaron dificultades para distinguir algunos elementos visuales. Se mencionaron problemas como botones con colores similares que no permitían diferenciar sus funciones, así como diálogos poco perceptibles o mal estructurados. En contraste, en la versión accesible, los usuarios señalaron una experiencia más clara, indicando que los elementos visuales eran más distinguibles y que el lector NVDA interpretó correctamente los cambios dinámicos de la interfaz, como mensajes emergentes y cambios de foco.

Comprensión y navegabilidad: La navegación en la primera versión generó confusiones, especialmente en la identificación de botones del reproductor, el proceso de carga de documentos y la localización de mensajes de estado. En la versión accesible, estos obstáculos fueron notablemente reducidos. Los usuarios manifestaron que la organización de los contenidos y la respuesta del lector de pantalla facilitaron una comprensión más intuitiva del sistema.

Sugerencias de mejora: Entre las sugerencias recopiladas se propuso incorporar una opción para seleccionar la página de inicio de lectura en los documentos, permitir la carga de archivos .doc, mejorar la redacción de los diálogos informativos y añadir funciones para saltar a secciones específicas del contenido. Varias de estas recomendaciones ya se encontraban implementadas en la versión accesible evaluada.

3.3.3. Resultados de la entrevista comparativa entre versiones

En la entrevista final se pidió a los usuarios comparar ambas versiones de la plataforma. Las respuestas reflejaron una clara preferencia por la versión accesible (V2), destacando mejoras sustanciales tanto en el diseño como en la compatibilidad con tecnologías de asistencia.

Percepción general: Los usuarios coincidieron en que la versión accesible ofrecía una experiencia más clara, menos confusa y con una estructura visual y semántica más organizada. Se destacó la mejora en la presentación de los contenidos y la reducción de la sobrecarga cognitiva durante la navegación.

Compatibilidad con lector de pantalla: Se reportó una navegación más fluida y comprensible con el lector de pantalla en la versión accesible. La mejora en la estructura del HTML, el orden de tabulación y el uso adecuado de etiquetas ARIA contribuyeron a una interacción más efectiva.

Áreas con mayor mejora percibida: Los elementos que mostraron mayor mejora fueron los botones, los focos de navegación, los mensajes contextuales y los diálogos informativos. Algunos usuarios también destacaron que ahora se podían identificar correctamente los espacios en blanco y las secciones previamente omitidas por el lector de pantalla.

Percepción de mensajes y alertas: Los mensajes del sistema, los errores y las alertas fueron mejor percibidos en la versión accesible, tanto en su formato visual como en su interpretación por el lector de pantalla. Esto contribuyó a una mejor comprensión de los estados del sistema y de las acciones requeridas.

Sugerencias adicionales: Aunque la versión accesible mejoró notablemente la experiencia, los usuarios propusieron seguir incorporando funcionalidades orientadas a la personalización de la lectura, como la posibilidad de definir puntos de inicio específicos o saltos a secciones determinadas para facilitar la navegación en documentos extensos.

3.4. Discusión de los hallazgos

Los resultados obtenidos permiten afirmar que la aplicación del principio de perceptibilidad del estándar WCAG 2.1 tiene un impacto positivo y medible en la mejora de la accesibilidad web para personas con discapacidad visual en el entorno universitario. La implementación técnica se basó en los criterios del nivel AA de dicho estándar [1], aplicando prácticas como el uso de etiquetas semánticas, atributos alternativos, contraste adecuado y roles ARIA, en concordancia con lo propuesto por Miranda y Araujo [8] y Manu et al. [4].

En primer lugar, las evaluaciones automáticas realizadas con la herramienta TAW evidenciaron la eliminación total de errores críticos (100 %) tras la intervención. Esta mejora se atribuye a la aplicación sistemática de pautas de accesibilidad, especialmente en aspectos como el contraste del texto, la inclusión de descripciones textuales y la estructura semántica clara. Estos resultados coinciden con estudios previos que identifican los errores de perceptibilidad como los más determinantes en la experiencia de usuarios con discapacidad visual [7], [11] y han sido también documentados por Henkelmann y Fertig [5].

Asimismo, se observó una reducción del 44.19 % en las advertencias relacionadas con etiquetas, descripciones y relaciones entre elementos. Este resultado sugiere que, aunque las herramientas automáticas son útiles para identificar barreras perceptivas, presentan limitaciones importantes para evaluar ciertos aspectos como el redimensionamiento del texto o la retroalimentación auditiva, por lo que es indispensable complementarlas con evaluaciones manuales y pruebas con usuarios reales [10], [16].

Las pruebas manuales con NVDA confirmaron que la mayoría de las barreras iniciales fueron corregidas, incluyendo la lectura errónea de botones, problemas de enfoque y ausencia de retroalimentación. Sin embargo, persistieron dificultades como la superposición entre la voz del lector de pantalla y el reproductor de audio, lo cual ha sido señalado también por Kerdar et al. [2] y refuerza la idea de que algunos conflictos perceptivos

no siempre se resuelven únicamente con ajustes técnicos, sino que requieren un rediseño funcional centrado en el usuario.

Los resultados de la encuesta tipo Likert reflejan una mejora sustancial en todos los aspectos evaluados (ver Tabla 9). Especialmente notables fueron los incrementos en la visibilidad de botones, la claridad de instrucciones y la lectura de documentos, alcanzando el valor máximo (5.0). Este hallazgo concuerda con lo planteado por la WAI del W3C [17], que enfatiza la importancia de que los contenidos sean distinguibles y comprensibles tanto visual como auditivamente para garantizar la perceptibilidad.

Las entrevistas cualitativas proporcionaron una visión más profunda sobre la experiencia de los usuarios. Los participantes destacaron mejoras en la organización visual, la identificación de elementos y la interpretación del contenido por parte del lector de pantalla. También se manifestó un aumento en la autonomía de navegación. Estas percepciones confirman la relación entre accesibilidad y usabilidad descrita por Petrie y Kheir [3], así como la importancia de una retroalimentación sonora clara, como señalan Henkelmann y Fertig [5] y Laamanen et al. [4].

No obstante, algunas recomendaciones emitidas por los usuarios no se relacionan estrictamente con el principio de perceptibilidad, sino con funciones adicionales como la posibilidad de seleccionar la página de inicio de lectura o facilitar el salto entre secciones. Estas observaciones sugieren que la accesibilidad integral debe considerar también los principios de operabilidad y comprensibilidad del estándar WCAG 2.1 [1], y que su implementación requiere un enfoque iterativo y participativo, como proponen Miranda y Araujo [8].

Además, desde perspectivas críticas de la discapacidad digital, la accesibilidad no se limita al cumplimiento técnico, sino que implica considerar la experiencia real de los usuarios en contextos sociales y tecnológicos específicos [18].

Si bien las WCAG 2.1 constituyen una guía técnica fundamental para mejorar la accesibilidad web, su cumplimiento no garantiza por sí solo una experiencia plenamente accesible en contextos académicos reales. Existen aspectos como la claridad contextual de los contenidos, la carga cognitiva durante la navegación y la interacción con componentes dinámicos que no siempre pueden ser valorados de forma suficiente mediante criterios normativos o herramientas automáticas. Por ello, en entornos universitarios complejos, la aplicación de estas pautas debe complementarse con evaluaciones manuales, validación con usuarios y un enfoque centrado en la experiencia real de las personas con discapacidad visual.

No obstante, los resultados deben interpretarse con cautela. Aunque se evidencian mejoras significativas en la accesibilidad percibida, estas se evaluaron en un contexto controlado y con una muestra limitada,

lo que restringe su generalización. Además, algunos aspectos de la accesibilidad, como la interacción con componentes dinámicos o la gestión de contenido multimedia, continúan representando desafíos que no fueron completamente abordados en este estudio. En este sentido, futuros trabajos podrían ampliar el análisis incorporando otros principios del estándar WCAG 2.1 y evaluaciones en contextos de uso más diversos.

En síntesis, la implementación del principio de perceptibilidad mejoró significativamente la accesibilidad para personas con discapacidad visual, tanto desde una perspectiva técnica como desde la experiencia de uso. Estos hallazgos responden afirmativamente a la pregunta de investigación, al demostrar que las mejoras no solo permitieron avanzar en el cumplimiento normativo, sino que también generaron efectos concretos en la interacción, comprensión y autonomía de los usuarios. En consecuencia, el estudio confirma que la accesibilidad efectiva en contextos universitarios requiere no solo ajustes técnicos, sino también procesos de evaluación continua centrados en la experiencia de las personas con discapacidad visual.

4. Conclusiones

La aplicación del principio de perceptibilidad del estándar WCAG 2.1, nivel AA, incidió de manera significativa en la mejora de la accesibilidad de una plataforma web universitaria para personas con discapacidad visual, al facilitar la comprensión, la navegación y el uso autónomo del sistema por parte de este grupo de usuarios. Los resultados muestran incrementos superiores a 2 puntos en todos los indicadores de la encuesta tipo Likert, con valores superiores a 4,4 sobre 5 en la versión accesible, frente a valores inferiores a 2,5 en la versión original. Esto se logró gracias a la reducción total de errores críticos detectados mediante herramientas automáticas y a una preferencia clara de los usuarios por la nueva versión accesible. Lo anterior demuestra que la incorporación adecuada de dicho principio impacta positivamente en la experiencia de usuario, tanto técnica como perceptiva.

El uso de la metodología RAD facilitó la implementación iterativa de mejoras asociadas al principio de perceptibilidad, facilitando la solución de diversas deficiencias de accesibilidad previamente detectadas, tales como la ausencia de alternativas textuales, el contraste de color inadecuado, el uso incorrecto de etiquetas y una jerarquía semántica insuficiente. Para solucionar estas deficiencias se integraron soluciones técnicas como el uso de atributos aria-label, etiquetas alt en imágenes, elementos estructurales de HTML5 y ajustes en las hojas de estilo CSS para asegurar el foco visible y la navegación con teclado.

Las entrevistas con usuarios confirmaron una experiencia más fluida, con retroalimentación más clara

y mayor compatibilidad con lectores de pantalla. La versión accesible fue valorada como notablemente más usable y comprensible, consolidando así la efectividad de la aplicación del principio de perceptibilidad del estándar WCAG 2.1, lo cual fue verificado mediante evaluación con herramientas automáticas, pruebas manuales y validación con usuarios.

La aplicación del estándar de perceptibilidad en una plataforma web universitaria para personas con discapacidad visual permitió crear un entorno digital que no solo mejora el cumplimiento técnico de los criterios asociados al principio de perceptibilidad de las WCAG 2.1, sino que además mejora sustancialmente la experiencia de uso para este grupo de usuarios.

La combinación de una metodología ágil, intervenciones técnicas específicas y validación con usuarios finales permitió avanzar en el cumplimiento técnico de las WCAG 2.1 y, al mismo tiempo, generar una experiencia más inclusiva, clara y eficiente para personas con discapacidad visual.

Limitaciones del estudio

El estudio presenta algunas limitaciones que deben ser consideradas en la interpretación de los resultados. En primer lugar, el tamaño de la muestra fue reducido, lo que responde al carácter exploratorio de la investigación y limita la generalización de los hallazgos a otras poblaciones.

En segundo lugar, los mismos participantes evaluaron ambas versiones del sistema (pretest y posttest), lo que podría introducir un sesgo de aprendizaje que influya en la percepción de mejora.

Asimismo, el uso de herramientas automáticas como TAW presenta limitaciones inherentes, ya que no permite evaluar completamente aspectos relacionados con la experiencia de uso, la comprensión contextual del contenido o la interacción con tecnologías de asistencia.

Finalmente, el estudio se centró únicamente en el principio de perceptibilidad del estándar WCAG 2.1, por lo que no se evaluaron de manera integral los principios de operabilidad, comprensibilidad y robustez.

Agradecimientos

Se agradece a la Universidad Nacional de Loja por el respaldo institucional brindado durante el desarrollo de este trabajo, así como por facilitar los espacios y recursos necesarios para la realización de las pruebas de accesibilidad.

De manera especial, se expresa un sincero agradecimiento a los usuarios con discapacidad visual que participaron activamente en el proceso de validación. Su colaboración, retroalimentación y compromiso fueron

fundamentales para identificar barreras reales y orientar mejoras significativas en la plataforma desarrollada.

Financiamiento

Esta investigación forma parte del proyecto de vinculación denominado “Inclusión lectora de los estudiantes con discapacidad visual de la Universidad Nacional de Loja mediante innovación tecnológica”, con código FEIRNNR-C-001, financiado por la Universidad Nacional de Loja.

Rol de los autores

- **Francisco Álvarez-Pineda:** conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, administración del proyecto, supervisión, validación, visualización, escritura – revisión y edición.
- **Yovin Urrego-Gómez:** conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, software, validación, visualización, escritura – borrador original.
- **Pablo Ordóñez-Ordóñez:** conceptualización, validación, visualización, escritura – revisión y edición.
- **Hernán Torres-Carrión:** conceptualización, validación, visualización, escritura – revisión y edición.

Referencias

- [1] W3C. (2018) Web content accessibility guidelines (WCAG) 2.1. World Wide Web Consortium. [Online]. Available: <https://upsalesiana.ec/ing36ar6r1>
- [2] S. Hamideh Kerdar, L. Bächler, and B. M. Kirchhoff, “The accessibility of digital technologies for people with visual impairment and blindness: a scoping review,” *Discover Computing*, vol. 27, no. 1, Aug. 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s10791-024-09460-7>
- [3] H. Petrie and O. Kheir, “The relationship between accessibility and usability of websites,” in *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, ser. CHI07. ACM, Apr. 2007, pp. 397–406. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/1240624.1240688>
- [4] M. Laamanen, T. Ladonlahti, H. Puupponen, and T. Kärkkäinen, “Does the law matter? an empirical study on the accessibility of finnish higher education institutions’ web pages,” *Universal Access in the Information Society*, vol. 23, no. 1, pp. 475–491, Nov. 2022.

- [5] D. Henkelmann, “Exploring the link between accessible website design and user experience for humans with blindness and visual impairment: a quality study,” 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.35011/IDIMT-2023-101>
- [6] D. Soliz Carrión, L. Cadena Minotta, and T. Rosero, *Norma Técnica de Discapacidades. Servicios para personas con discapacidad*. Ministerio de Inclusión Económica y Social del Ecuador, 2014. [Online]. Available: <https://upsalesiana.ec/ing36ar6r6>
- [7] T. Acosta and S. Luján-Mora, “Análisis de la accesibilidad de los sitios web de las universidades ecuatorianas de excelencia,” *Enfoque UTE*, vol. 8, no. 1, pp. 46–61, Feb. 2017. [Online]. Available: <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v8n1.133>
- [8] D. G. Miranda and J. Araujo, “A framework for integrating web accessibility requirements in agile methodologies,” *Universidade Nova de Lisboa*, 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.5281/zenodo.4618349>
- [9] V. Stray, A. Bai, N. Sverdrup, and H. Mork, *Empowering Agile Project Members with Accessibility Testing Tools: A Case Study*. Springer International Publishing, 2019, pp. 86–101. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/978-3-030-19034-7_6
- [10] CTIC. (2024) Test de accesibilidad web. Fundación CTIC, Online Resource. [Online]. Available: <https://upsalesiana.ec/ing36ar6r10>
- [11] Y. Yesilada and S. Harper, *Web Accessibility: A Foundation for Research*. Springer London, 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-7440-0>
- [12] W. S. Davis and D. C. Yen, *The Information System Consultant’s Handbook: Systems Analysis and Design*, W. S. Davis and D. C. Yen, Eds. CRC Press, Apr. 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1201/9781420049107>
- [13] D. T. Campbell and J. C. Stanley, *Experimental and Quasi-Experimental Designs for Research*. Boston: Houghton Mifflin Company. Houghton Mifflin Company, 1963. [Online]. Available: <https://upsalesiana.ec/ing36ar6r13>
- [14] H. Boone and D. Boone, “Analyzing likert data,” *Journal of Extension*, vol. 50, no. 2, Apr. 2012. [Online]. Available: <https://doi.org/10.34068/joe.50.02.48>
- [15] J. Nielsen, *Usability Engineering*. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers, 1994. [Online]. Available: <https://upsalesiana.ec/ing36ar6r15>
- [16] M. Snaprud, K. Rasta, K. Andreasson, and A. Nietzio, *Benefits and Challenges of Combining Automated and User Testing to Enhance e-Accessibility – The European Internet Inclusion Initiative*. Springer International Publishing, 2014, pp. 137–140. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/978-3-319-08596-8_20
- [17] W3C. (2023) Web accessibility initiative (WAI). World Wide Web Consortium. [Online]. Available: <https://upsalesiana.ec/ing36ar6r17>
- [18] National Library of Australia. (2026) National library of Australia catalog record. New Media. Rowman & Littlefield. Accessed: May14, 2026. [Online]. Available: <https://upsalesiana.ec/ing36ar6r18>