

Recibido 16 Ene. 2025

ReCIBE, Año 14 No. 1, Mzo. 2025

Aceptado 13 Feb. 2025

Propuesta de mejora de guía de revisión de la Accesibilidad Web visual basada en métricas

Proposal to improve the review guide for visual Web Accessibility based on metrics

Veronica K. Pagnoni
vero_pagnoni@hotmail.com
Sonia I. Mariño¹
simarinio@yahoo.com

¹ Departamento de Informática de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional del Nordeste. Licenciada en Sistemas.

Resumen.

El artículo trata la evaluación de la Accesibilidad Web basada en las percepciones visuales de usuarios de una Plataforma Educativa de formación docente continua de alcance nacional. Se presenta una mejora de la guía de evaluación de la AW presentada con anterioridad basada en un conjunto de métricas asociadas. La validación de la propuesta se realizó en el período septiembre-octubre de 2019. La investigación descriptiva transversal sistematizó 101 apreciaciones respecto a tres páginas seleccionadas de una Plataforma Educativa utilizando la guía de evaluación incluyendo aspectos para capturar datos de las percepciones visuales. El análisis de los resultados utiliza métricas basadas en aportes de otros autores y adecuada a la problemática. La validación de la propuesta al caso de estudio, indica que los principios Perceptible y Comprensible presentan mayores dificultades, lo cual se refleja en barreras de acceso. El análisis pormenorizado, indica las mejoras sustantivas a contemplar en el diseño web y su evaluación con métodos que incluyen como herramientas guías de evaluación aplicadas por los usuarios y métricas para cuantificar el grado de AW cumplimentado. Finalmente, se sostiene la importancia de incluir a los usuarios en revisiones de la AW para disponer de una visión más amplia que complementa a las evaluaciones automáticas.

Palabras clave: Accesibilidad Web, Métricas, Discapacidad visual, Participación de usuarios, Plataforma Educativa.

Abstract

The article deals with the evaluation of Web Accessibility based on the visual perceptions of users of an Educational Platform for continuous teacher training of national scope. An improvement of the AW evaluation guide presented previously is presented based on a set of associated metrics. The validation of the proposal was carried out in the period September-October 2019. The cross-sectional descriptive research systematized 101 assessments regarding three selected pages of an Educational Platform using the evaluation guide including aspects to capture data on visual perceptions. The analysis of the results uses metrics based on contributions from other authors and appropriate to the problem. The validation of the proposal for the case study indicates that the Perceptible and Understandable principles present greater difficulties, which is reflected in access barriers. The detailed analysis indicates the substantive improvements to be considered in the web design and its evaluation with methods that include as tools evaluation guides applied by users and metrics to quantify the degree of AW completed. Finally, the importance of including users in AW reviews is maintained to have a broader vision that complements automatic evaluations.

Keywords: Web Accessibility, Metrics, Visual Impairment, User Engagement, Educational Platform

1. Introducción

La Organización Mundial de la Salud (2011) define a la discapacidad como “una condición del ser humano que, de forma general, abarca las deficiencias, limitaciones de actividad y restricciones de participación de una persona”, también alude entre los obstáculos discapacitantes la “falta de accesibilidad”, debido a que las personas con discapacidad, en comparación con las no discapacitadas, tienen tasas significativamente más bajas de uso de las TIC. Esta organización afirma que suprimir los obstáculos en los diferentes ámbitos ayudará a que los usuarios con discapacidad participen efectivamente en ellos; esto solo se logrará a partir del trabajo conjunto entre los sectores público y privado, así como con la participación de los distintos actores involucrados. En este sentido, Pereyra (2014) expresa que, así como se crean rampas para que todas las personas puedan circular sin inconvenientes por una ciudad, también se deben crear rampas tecnológicas, de manera tal, que se garantice la accesibilidad de todos a la información y el conocimiento.

Según la Organización Mundial de la Salud (2023) 1300 millones de personas, es decir, 1 de cada 6 personas en el mundo poseen una discapacidad. La discapacidad o la atención a esta problemática puede abordarse desde diversas aristas, una de ella trata la Accesibilidad Web (AW) dada la connotación de las TIC en la sociedad actual.

Con la finalidad de aportar en este contexto de complejidades emergentes, el artículo expone las “Pautas de Accesibilidad de Contenido Web” (WCAG) siguiendo al W3C (2009).

Se presenta una fundamentación teórica que contribuye y contextualiza el contenido del artículo, comentando aspectos generales de la Accesibilidad Web y su relevancia en la sociedad actual en donde prima disponer contenidos desde la WWW. Así como la importancia del uso de métricas para mejorar la medición de la AW de contenidos Web.

La metodología da cuenta de la sistematicidad del trabajo abordado. Sustentado en conocimientos y otros trabajos previos, se precisan cuestiones particulares que diferencian este artículo en relación a otros. Permite dar cuenta de la evolución en el abordaje de la AW. Metodología que puede replicarse.

En los resultados se exponen la mejora a la guía de evaluación expuesta en Pagnoni y Mariño (2021).

La mejora se centra en establecer ponderaciones para los criterios evaluados y proponer un conjunto de métricas que pueden aplicarse a cualquier producto virtual para medir su AW.

Asimismo, se presenta en esta sección la validación de la guía mejorada y las métricas descriptas, presentando los resultados en tablas y gráficas que facilitan la interpretación de los datos.

En las discusiones se realizan análisis exponiendo las contribuciones de las métricas a los resultados originales, estableciendo los nuevos hallazgos al utilizarlas. Finalmente, se concluye que existe la necesidad de profundizar en la difusión y aplicación de la AW como una medida de calidad dirigida a todos los sujetos de la sociedad del conocimiento.

2. Fundamentación teórica

2.1 Accesibilidad web a los contenidos

La AW asegura que personas con algún tipo de discapacidad puedan utilizar la Web, lo que implica, un diseño Web que permita que estas personas puedan percibir, entender, navegar e interactuar con el contenido Web (Luján Mora, 2020).

Siendo la Web un medio imprescindible en la actualidad, distintas organizaciones como ISO (2021), W3C (Shawn, 2019) y AENOR (2020) diseñaron diversas normas, estándares y guías, referidas al diseño e implementación de páginas web. En un contexto colaborativo y dirigido a atender las discapacidades estas se promulgan con la finalidad de mejorar la calidad de vida de los e-ciudadanos.

En su versión 2.0 de la WCAG, se disponen de 4 principios teóricos que buscan garantizar el acceso a los contenidos, identificados como Perceptible, Operable, Comprensible y Robusto (W3C, 2016). Cabe destacar que estos principios se componen de criterios y puntos de verificación, los que se corresponde con uno de los tres niveles de prioridad establecidos por las pautas. Así se identifican las siguientes tres prioridades:

- Prioridad 1: son aquellos requisitos que un desarrollador Web tiene que cumplir, de otra manera ciertos grupos de usuarios no podrán acceder a la información de un sitio Web.
- Prioridad 2: son aquellos puntos que un desarrollador Web debe cumplimentar, para evitar que sea muy difícil acceder a la información para ciertos grupos de usuarios.
- Prioridad 3: son aquellos requerimientos que un desarrollador Web debe cumplir, de lo contrario algunos usuarios experimentarían ciertos problemas para acceder a la información.

Los niveles de conformidad se establecen en función a los puntos de verificación:

- Nivel de Conformidad "A": todos los puntos de verificación de Prioridad 1 se satisfacen.
- Nivel de Conformidad "Doble A": todos los puntos de verificación de Prioridad 1 y 2 se satisfacen.
- Nivel de Conformidad "Triple A": todos los puntos de verificación de Prioridad 1,2 y 3 se satisfacen.

2.2 Métricas

Las innovaciones en el s. XXI pueden abordarse considerando como las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) impactan significativamente en la sociedad a través de la salud, educación, cultura, economía y todas aquellas actividades que emergen. Para identificar el impacto, se utilizan distintos instrumentos, entre ellos las métricas.

Según González López, Banegil Palacios y Buenadicha Mateos (2013) una de las decisiones más complejas en la generación de una métrica es la ponderación que deben considerarse para cada una de las distintas características que se tienen en cuenta. Estos autores afirman que “el análisis factorial de componentes principales ofrece una solución al dividir estas características en componentes que se pueden considerar índices aditivos en sí” (p. 20).

En Lugo García y García Perez (2011) se establece que las organizaciones deben definir sus métricas considerando sus objetivos y necesidades de información. Según Basili, Caldiera y Rombach (1994) la aplicación de métricas debe surgir naturalmente al mirar los objetivos puntuales de un proceso. Las métricas son importantes para controlar, entender y mejorar productos y procesos en el desarrollo de software mejorando así su calidad. Martins y Duarte (2022) definen las métricas de AW como fórmulas que son aplicadas utilizando los datos proporcionados por evaluaciones manuales, semi-automáticas o automáticas.

Las métricas cuantitativas para la AW sintetizan el resultado de las evaluaciones en un valor que se corresponde con el grado de accesibilidad cumplimentado. Su objetivo es brindar una idea de cuán accesible es el contenido evaluado. El análisis posibilita comparar diferentes versiones de una página y disponer de una visión global sobre una muestra determinada (Naftali, 2010).

Parmanto y Zeng (2005) agregan a la medición un peso que representa el problema potencial de cada barrera. En Bühler, Heck, Perlick, Nietzio y Ulltveit-Moe (2006) y Román Durán, Bernier Villamor & Fernández Rodríguez (2013) se incorporan la complejidad de una barrera y el impacto sobre los diferentes grupos de personas con discapacidad. Martins y Duarte (2022) evalúan 11 métricas de accesibilidad web. Estas métricas se calcularon automáticamente utilizando QualWeb.

2.3 Accesibilidad Web, Plataformas Educativas, mediciones

La pandemia causada por el SARS-COV-19 aceleró los procesos de transformación, siendo las plataformas web una herramienta estratégica para aportar valor en múltiples actividades sociales. La educación en el s. XXI se caracteriza por la diversidad de innovaciones que conducen a plataformas educativas destinadas a distintas comunidades de intereses. Por ello, identificar y valorar la Accesibilidad Web de los espacios virtuales agrega valor.

En particular, en una Plataforma Educativa (PE), la valoración centrada en la accesibilidad visual como criterio de calidad, resulta insuficiente si solo se consideran herramientas de evaluación automática. Por ello, con la finalidad de contemplar las necesidades de los potenciales usuarios se incorporan evaluaciones manuales (Tabares, Duque, Flórez, Castaño, & Ruiz, 2014).

En este sentido diversos autores expusieron sus hallazgos, sustentando el aporte de la presente investigación. A continuación, se sintetizan algunos de ellos.

Román Durán, Bernier Villamor y Fernández Rodríguez (2013) analizaron sitios web institucionales y midieron diversos indicadores relacionados con la Accesibilidad Web, utilizando herramientas y métricas para establecer el grado de cumplimiento de los estándares. En este trabajo los autores presentan el diseño de una medida cuantitativa para medir su nivel de accesibilidad, con objeto de establecer un ranking entre 79 universidades españolas para evaluarlas y compararlas. Se utilizaron indicadores para medir la accesibilidad web: accesibilidad, estándares web, búsqueda, usabilidad y calidad.

Hilera, Amado Salvatierra, Martínez, Viera, y Pestana (2014) combinaron los resultados del uso de herramientas automáticas y la revisión manual por parte de los usuarios para determinar el nivel de accesibilidad de un sitio web. Para llevar adelante la revisión manual utilizan una guía de preguntas que los usuarios participantes deben contestar a medida que navegan por el sitio. Además, realizan un estudio comparativo entre los resultados obtenidos con la aplicación de las herramientas automáticas y la revisión manual. Asimismo, Tabares, Duque, Flórez, Castaño y Ruiz (2014) realizan una validación automática con una herramienta y luego presentan a un grupo de expertos un instrumento para la evaluación manual. Los autores afirman que las revisiones por medio de herramientas automáticas y las manuales se complementan, y ambas deben considerarse al evaluar un sitio web. El instrumento utilizado para evaluación manual considera los aspectos de diseño, contenido, navegabilidad, funcionalidad y soporte en la evaluación manual en un repositorio de objetos de aprendizaje y sitios web para cursos virtuales.

Quizhpi (2015) propone una metodología para crear páginas web para discapacitados visuales. Definen las etapas de planificación, diseño, prototipado, codificación y pruebas para lograr una página web accesible según las normas WCAG 2.0.

Pinargote Ortega et al. (2018) aplicaron principios de diseño universal, Accesibilidad Web, usuarios invidentes y normas de accesibilidad al sitio web en base al marco legislativo del Ecuador, en busca de igualar derechos y oportunidades de las personas con ceguera total y parcial en el acceso a la información y a la comunicación.

Paniagua, Bedoya y Mera (2020) desarrollan un método para evaluar la accesibilidad y la usabilidad de una aplicación móvil. En este estudio se tiene como actores principales a usuarios con discapacidad los que llevan adelante las pruebas interactuando con las aplicaciones.

Mariño, Alfonzo y Godoy (2020) proponen inferir la calidad del proceso software centrado en la construcción de plataformas educativas por medio de la utilización de métricas. Se analizan diferentes aspectos de la AW realizando pruebas con TAW y Examinator en un sitio tomado como caso de estudio. Los resultados de estas evaluaciones aplican una métrica que brinda un puntaje ponderado para estimar el cumplimiento de los estándares en el sitio estudiado.

Estos artículos presentan en común la relevancia de integrar al usuario como evaluador y la aplicación de métricas para analizar los resultados de la validación. Por lo resumido precedentemente, aun cuando existen legislaciones en torno a la accesibilidad web, es indispensable asegurar que las Plataformas Educativas cumplimenten los estándares, consignando el papel del usuario.

3. Metodología

El estudio se encuadra en una investigación cuantitativa descriptiva, se busca caracterizar la Accesibilidad Web de las páginas de un portal a través de la percepción de los usuarios. Por ello, se aplicaron criterios y procedimientos expuestos por la WCAG 2.0, El diseño de la evaluación, constó de las siguientes fases:

Fase 1: Profundización de los aspectos teóricos referentes a Accesibilidad Web.

1.1 Definición de destinatarios: se abordó la Accesibilidad Web considerando la discapacidad visual de los potenciales usuarios, en este caso el perfil docente.

1.2 Relevamiento de proyectos similares de evaluación de la AW en la educación. Los resultados de esta etapa se sintetizaron en la sección 2, y refieren al abordaje teórico considerado en el trabajo.

Fase 2: Definición y aplicación de una metodología para el abordaje empírico del tema.

2.1 Estudio y elección de estándares referentes a la Accesibilidad Web: se seleccionó la norma WC3 en su versión WCAG 2.0 y se determinó el peso de influencia de los distintos principios en relación a los usuarios con discapacidad visual considerando los niveles de conformidad de los criterios. De esta manera, las ponderaciones establecidas varían del 1 al 3, asignando el peso 1 a criterios cuyo incumplimiento ocasionan barreras leves y que conforman el nivel de conformidad AAA, 2 a criterios que provocan obstáculos más notorios y que pertenecen al nivel de conformidad AA, y 3 a criterios elementales que se deben cumplimentar en un contenido web para que sea accesible y corresponden al nivel de conformidad A.

2.2 Estudio y elección de herramientas para la medición de la accesibilidad web. La elección de las herramientas para evaluar la AW se sustentó en la disponibilidad de las mismas, y su uso en numerosos trabajos. Por ello, se considera privilegiar su introducción a fin de capitalizar experiencias. Estas herramientas proporcionan los resultados de las pruebas, es decir, datos a contrastar o complementar con otros tipos de evaluaciones. Se optó por:

2.2.1 Mejora de la guía de revisión manual diseñada para la AW: en Pagnoni y Mariño (2021) se propuso una guía indicando preguntas asociadas a los criterios de AW según el estándar WCAG 2.0. la propuesta se basó en García (2006), Mora (2006), Hilera, Fernández, Suárez y Vilar (2012), y Tabares, Duque, Flórez, Castaño y Ru (2014).

2.2.2 Diseño de métrica para medir la AW: determinación de medidas que aporten a cuantificar el incumplimiento de la AW de las páginas evaluadas. Se contemplaron los aportes definidos por Parmanto y Zeng (2005), Bühler, Heck, Perlick, Nietzio y Ulltveit-Moe (2006), González López, Banegil Palacios y Buenadicha Mateos (2013).y Román Durán, Bernier Villamor & Fernández Rodríguez (2013).

2.2.3 Caracterización de los usuarios: se relevaron ciertas características de los usuarios participantes tales como: edad, género, tipo de dispositivo que utiliza para conectarse y si cuenta con algún problema visual.

2.3. Configuración del equipo software y hardware: configuración del hardware utilizado: Intel(R) Core(TM) i5-1035G1 CPU @ 1.00GHz 1.19 GHz. Memoria 8,00 GB. Sistema operativo Windows 10 de 64 bits procesador x64. Se utilizó como navegador Google Chrome.

2.4 Selección de las páginas web de la PE: para realizar las validaciones se consideraron tres páginas representativas de la plataforma educativa elegida. Como se mencionó en Pagnoni y Mariño (2021), el docente que realiza una formación, debe acceder al contenido de cada una de estas páginas, para visualizar las clases virtuales y realizar las actividades propuestas en la formación. La Página 1 es la página inicial, contiene la bienvenida a los cursantes, un menú para ordenar y filtrar las propuestas académicas y un listado de formaciones disponibles. La Página 2 permite que un cursante inicie sesión y acceda a las inscripciones de los cursos y a la plataforma virtual. La Página 3 corresponde a la pantalla de inicio de la Plataforma Educativa. La elección de las páginas se realizó considerando las más utilizadas por los destinatarios de la plataforma, una de las autoras es usuaria de la misma. Como limitación del artículo, se reconoce que no se accede al código fuente, para determinar el uso de plantillas.

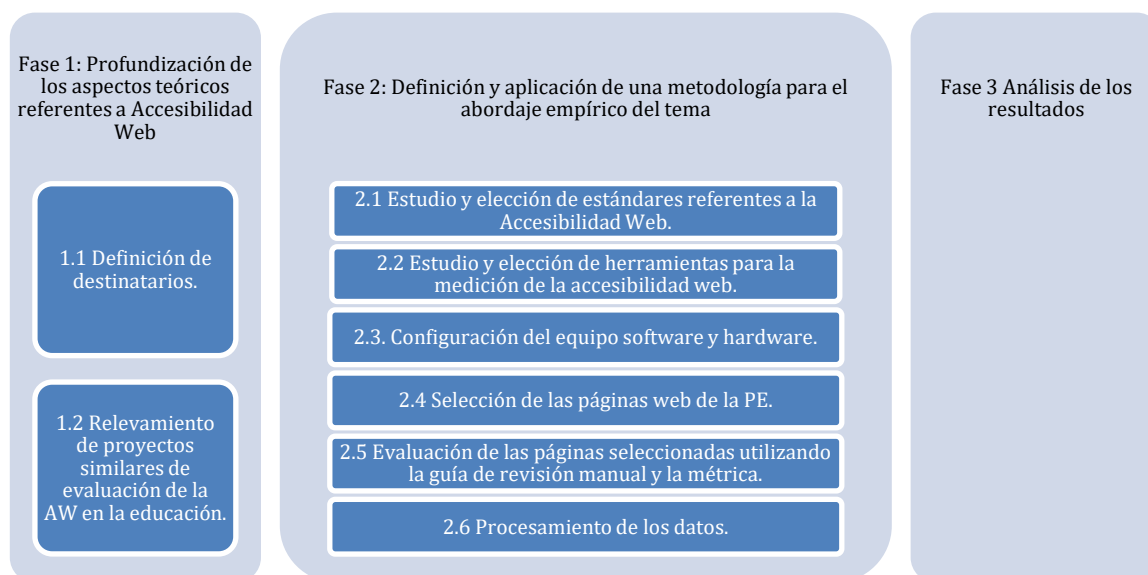
2.5 Evaluación de las páginas seleccionadas utilizando la guía de revisión manual definida en la sección 3.1, y la métrica, recursos diseñados sobre los aportes de otros autores (mencionados en 2.2.1 y 2.2.2).

2.6 Procesamiento de los datos: Se utilizó el software SPSS v.22.

Se eligió el software SPSS debido a que permite realizar una sistematización y ordenamiento de datos mediante tablas y gráficos, de manera rápida, posibilitando el análisis de la información sobre los aspectos medidos acerca de la AW en cada página.

Fase 3 Análisis de los resultados. Considerando la guía y las métricas establecidas se procesaron los datos y los resultados se analizaron contemplando cuestiones esenciales al contexto en que se inscribe la propuesta y que caracteriza a los participantes del estudio.

Figura 1- Fases de trabajo



4. Resultados

Los resultados se exponen considerando la guía de revisión y la métrica diseñada a partir de aportes de otros autores. La propuesta se valida con una muestra de 101 docentes, quienes respondieron en una encuesta aplicada en el año 2019.

4.1 Propuesta de mejora de guía basada en métricas

La validación por experiencia de usuario posibilita considerar el funcionamiento y la interacción de las personas con el contenido web en tiempo real. Es decir, se puede aportar aspectos de importancia acerca de la AW no detectados por herramientas automáticas (Asociación por los Derechos Civiles, 2019).

En este trabajo se presenta una mejora a la guía elaborada en Pagnoni y Mariño (2021), la cual se diseñó con objetivo de capturar la percepción de los potenciales usuarios de una Plataforma Educativa y contempla los criterios planteados por García (2006), Mora (2006), Hilera, Fernández, Zuárez y Vilar (2012), y Tabares, Duque, Flórez, Castaño y Ruiz (2014). La mencionada guía se compone de dos secciones: la primera caracteriza a los participantes y la segunda se constituye por una serie de interrogantes para evaluar cada una de las páginas. La propuesta de evaluación se sustenta en preguntas simples cuyas respuestas pueden resolverse navegando por el contenido web. Los interrogantes abarcan los principales criterios de la WCAG 2.0 siendo las posibles opciones de respuesta: Sí, Medianamente y No.

La mejora de esta guía de evaluación se concretó mediante la incorporación en la “Tabla de Criterios a evaluar e interrogantes” de las ponderaciones necesarias para la aplicación de las métricas propuestas.

En este estudio se consideraron los niveles de conformidad A (menos exigente), AA y AAA (más exigente) para establecer los pesos a cada incumplimiento de un criterio. Es por ello, que en este caso se establecieron ponderaciones del 1 al 3, fijando 1 a criterios cuyo incumplimiento provocan barreras leves (que forman parte del nivel de conformidad AAA) y el 3 a los criterios más básicos que debería cumplimentar un contenido web para ser accesible (correspondientes al nivel de conformidad A).

En la Tabla 1 se presentan todos los criterios a evaluar con las preguntas que permiten dar cuenta si el criterio se cumple o no. Cabe destacar que al realizar la validación solo se consideran las preguntas relacionadas con el contenido de las páginas web a evaluar, si un criterio no está presente en la página no se puede realizar su validación.

En la Tabla 1, se representa la guía de análisis expuesta en Pagnoni y Mariño (2021) y se muestran las ponderaciones asignadas.

Tabla 1- Criterios a evaluar, interrogantes y ponderaciones

Id	Criterio y nivel de conformidad	Pregunta	Peso
1	Criterio de conformidad 1.1.1 Contenido no textual - Nivel A	1) Si existen imágenes ¿si no pudieran visualizarse, se mantiene la información de la página?	3
2	Criterio de conformidad 1.4.1 Uso del Color - Nivel A	2) Si la página cuenta con textos o elementos con color ¿si estos carecieran de ese color se mantiene la información que transmiten?	3
3	Criterio de conformidad 1.4.3 Contraste (mínimo) - Nivel AA	3) El contraste entre la fuente (de los links, el texto en general, el texto de los botones) y el fondo ¿es suficiente para comprender con claridad lo que está escrito?	2
4	Criterio de conformidad 1.4.4 Cambiar el tamaño del texto - Nivel AA	4) El tamaño de la fuente (de los links, el texto en general, el texto de los botones) con la página visible a un 200% (sin agrandar o achicar) ¿ayuda a su visualización y comprensión?	2
5	Criterio de conformidad 2.4.2 Título de la página - Nivel A	5) ¿El título de la página es claro y comprensible, considerando el contenido de la misma?	3
6	Criterio de conformidad 2.1.2 Sin trampa de teclado - Nivel A	6) Si se utiliza la tecla TAB para moverse entre los elementos de la página ¿se puede acceder a todos?	3
7	Criterio de conformidad 2.4.7 Enfoque visible - Nivel AA	7) Cuando se presiona la tecla TAB para recorrer los elementos de la página ¿se puede ver alguna señal visual que muestre qué elemento está activo?	2
8	Criterio de conformidad 2.4.9 Propósito del vínculo (sólo vínculo) - Nivel AAA	8) Considerando el nombre de cada link ¿se comprende sin ambigüedades a dónde llevan estos enlaces?	1
9	Criterios de conformidad 1.3.1 Información y relaciones - Nivel A	9) En un formulario ¿cada dato a ingresar está acompañado de un texto que lo identifica?	3
10	Criterio de conformidad 2.2.1 Tiempo ajustable - Nivel A	10) ¿El tiempo ofrecido para completar los datos es suficiente?	3
11	Criterio de conformidad 3.3.2 Etiquetas o Instrucciones - Nivel A	11) ¿Los textos que acompañan a los espacios en blanco para introducir datos son suficientemente claros para comprender exactamente qué dato se espera que se coloque?	3
12	Criterio de conformidad 3.3.2 Etiquetas o Instrucciones - Nivel A	12) ¿Es fácil comprender cómo enviar los datos, considerando el color y texto del botón de envío?	3
13	Criterio de conformidad 3.3.3 Sugerencia de error - Nivel AA	13) En el caso de que se requiera la introducción de datos ¿el mensaje de incorporación de datos erróneos orienta al usuario para saber cuál fue el error cometido?	2
14	Criterio de conformidad 1.2.2 Contenido Multimedia - Nivel A	14) Si existen presentaciones o videos ¿están subtítulos?	3
15	Criterio de conformidad 1.4.2 Controles de audio - Nivel A	15) Si suena un audio de manera automática ¿existen controles para detener su reproducción?	3
16	Criterio de conformidad 2.2.2 Controles para las animaciones - Nivel A	16) Si hay animaciones que se muestran de manera automática ¿se muestran controles para detener su reproducción?	3
17	Criterio de conformidad 2.2.2 Pausar, detener, ocultar - Nivel A	17) Si existe cualquier otro contenido que se mueva en la página ¿éste se puede detener o pausar?	3

Id	Criterio y nivel de conformidad	Pregunta	Peso
18	Criterio de conformidad 3.1.1 Idioma de la página - Nivel A	18) ¿La página presenta una opción para cambiar el idioma?	3
19	Criterio de conformidad 4.1.1 Maquetación - Nivel A	19) Si hay tablas que muestran datos ¿las columnas están correctamente nombradas, considerando su contenido?	3

La innovación o propuesta de mejora radica en la asignación de ponderaciones y la generación de métricas para dar valor al grado de incumplimiento de la AW. A continuación, se presentan un conjunto de métricas, que utilizan las ponderaciones asignadas y se basan en las validaciones de los usuarios.

El valor agregado radica en la versatilidad de las métricas. Estas fórmulas se pueden aplicar a cualquier producto virtual. Es decir, a un documento, un material didáctico, una página, una aplicación, una plataforma, o a cualquier espacio o elemento que el usuario necesite acceder, navegar y utilizar.

En un sentido más general, estas métricas pueden ser usadas para medir una característica factible de ser descompuesta en diferentes aspectos evaluables de un producto sea virtual o no.

Validación de Incumplimiento Absoluta

La medida Validación de Incumplimiento Absoluta da idea del grado de incumplimiento de lo que se desee medir en valor absoluto de un producto. Para aplicar esta métrica se debe:

- Establecer los criterios a evaluar para medir la característica que se desea verificar su grado de incumplimiento.
- Determinar las posibles respuestas que podrá dar el validador para un criterio determinado.
- Definir las ponderaciones para cada criterio considerando la importancia de su cumplimiento.
- Identificar los criterios que se pueden evaluar en el producto, para poder establecer la cantidad total de criterios que se pueden evaluar.

$$VIA = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{M} \sum_{j=1}^M (V_{c_j} \cdot C_j) \right) \cdot P_{c_i}$$

.Donde:

V_{c_j} : valor j dado por el usuario al criterio i

C_j : cantidad de usuarios que dieron una respuesta j al criterio i

P_{c_i} : peso asignado al criterio i

M : cantidad de usuarios que validaron el producto

m : cantidad de posibles respuestas

n : cantidad de criterios evaluados

La importancia de esta métrica radica en que puede ser utilizada para comparar el grado de incumplimiento de una característica de un producto con el de otro. En su cálculo permite definir los aportes parciales de incumplimiento de cada criterio lo cual facilita la determinación de aquellos que deben ser considerados en la revisión del producto para lograr mejorar la característica evaluada. El VIA se utiliza para calcular las demás métricas VIM y VIR.

En este caso, el producto considerado es la PE elegida representada por las páginas seleccionadas, la característica que se desea medir es la Accesibilidad Web, los criterios son los establecidos Tabla 1 basados en las pautas WCAG 2.0, las posibles respuestas son: "Sí", "Medianamente" y "No" (siendo 3 la cantidad de posibles respuestas), las ponderaciones están establecidas considerando los niveles de conformidad al que pertenece el criterio, los usuarios que realizaron las validaciones fueron 101 docentes y la cantidad de criterios evaluados dependió del contenido de cada página.

Teniendo en cuenta las ponderaciones propuestas en la Tabla 1 el VIA variará entre 0 a 6. Es decir, 0 representa la carencia de errores de AW de ningún nivel de conformidad, y como máximo 6 cuando todos los criterios evaluados son del mayor peso y no se cumplimentan. Los aportes parciales de incumplimiento de cada criterio pueden observarse en las Tablas 2, 3 y 4, permitiendo identificar los que aportan más o menos a la AW de la PE.

Validación de Incumplimiento Máxima

La medida Validación de Incumplimiento Máxima, proporciona una medida del incumplimiento máximo que podría presentar el producto evaluado. Es decir, si no cumplimentara ninguno de los criterios evaluados, por lo que el valor de la respuesta del usuario sería el máximo posible.

$$VIM = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_{C_m} * P_{C_i}$$

Donde:

V_{C_m} : valor máximo de incumplimiento del criterio i

C_j : cantidad de usuarios que dieron una respuesta j al criterio i

P_{C_j} : peso del criterio j

n: cantidad de criterios evaluados

Esta valoración resulta de relevancia debido a que permite evaluar la medida en que el producto se acerca o se aleja del valor máximo de incumplimiento (comparando el VIA con su correspondiente VIM). Es decir, posibilita medir cuánto falta mejorar la característica evaluada para llegar al valor deseado de cumplimiento.

En este caso, proporciona una medida de cuánto se debe mejorar la página web evaluada para alcanzar el grado de AW deseado.

Validación de Incumplimiento Relativa

La métrica Validación de Incumplimiento Relativa, brinda idea del incumplimiento en valor relativo de la característica evaluada en el producto validado. Se calcula como la razón de la Validación de Incumplimiento Absoluta y la Validación de Incumplimiento Máxima.

$$VIR = \frac{VIA}{VIM}$$

Es importante considerar que en cada producto se podrá evaluar solo algunos aspectos debido a que otros no estarán presentes, por ello no es posible comparar directamente sus VIA. El VIR cobra relevancia puesto que permite la comparación del grado de incumplimiento entre dos productos sin importar la cantidad de aspectos evaluados en cada uno.

Esta medida puede tomar valores entre 0 y 1. Si el VIA toma el valor 0, significa que no existe incumplimiento de la característica evaluada. En el caso de que el VIA sea igual en valor al VIM, el VIR tomará su máximo valor 1, lo que representa que ninguno de los aspectos evaluados de la característica estudiada se cumplimenta.

En el caso de estudio, donde lo que se mide es el incumplimiento de la AW, si el VIR vale 0, no existe inaccesibilidad web en ningún criterio validado. Si el VIR toma el valor 1 significará que hay un incumplimiento de todos los criterios de AW evaluados.

4.2 Validación de la propuesta

Como se expuso, en Pagnoni y Mariño (2021) se realizó una experiencia en el año 2019 para determinar la percepción visual del perfil docente de la Plataforma Educativa tomada como caso de estudio. El estudio se centró en las respuestas de 101 docentes, usuarios de la Plataforma Educativa que conformaron la muestra.

La información de la Tabla 1, retoma la presentada en Pagnoni y Mariño (2021), incluyendo las ponderaciones para luego poder aplicar la métrica descripta, que cuantifica el grado de cumplimiento de la AW.

Las Tablas 2, 3 y 4 sistematizan los datos correspondientes a la percepción de los usuarios. La información se capturó al aplicar la guía propuesta consistente en 13 cuestiones (Tabla 1) a las Páginas 1, 2 y 3, respectivamente. En las tablas se explicita el identificador de las preguntas utilizadas para la evaluación, la cantidad de respuestas obtenidas de los encuestados clasificadas por tipo de respuesta ("Si", "Medianamente", "No"), el cálculo parcial del no cumplimiento considerando la métrica propuesta por cada criterio evaluado, la ponderación de cada criterio, el aporte de su incumplimiento al resultado final expresados en valores absolutos utilizados para el cálculo del VIA, porcentajes de incumplimiento de cada criterio para observar su aporte al total VIA, el aporte de su incumplimiento al resultado final expresados en valores absolutos utilizados para el cálculo del VIM, porcentajes de incumplimiento de cada criterio para observar su aporte al total VIM.

Cabe aclarar que en el caso de estudio: i) en evaluación de las Páginas 1 y 3 se contemplaron las primeras 8 cuestiones dado que los restantes criterios no aplican para la valoración de estas páginas, por ello el valor de "n" en para estas páginas es de 8 y para la Página 2 de 12; ii) la respuesta "Si" representa el cumplimiento del criterio, "Medianamente" indica el cumplimiento de ciertos elementos correspondientes al criterio y "No" refleja el incumplimiento del criterio por parte de todos los elementos de la página web; a modo de ejemplo, si se cuenta con 10 imágenes en la página, si las 10 poseen descripción la respuesta es "Si", si solo 4 disponen de descripción la respuesta es "Medianamente" y si ninguna la tiene la respuesta es "No"; iii) las respuestas a la evaluación que pueden dar los usuarios son "Si", "Medianamente" y "No", donde la variable V_{cj} toma los valores 0, 1 y 2, respectivamente; por lo que "m" tiene un valor 3, ya que son tres las posibles respuestas; iv) la cantidad de usuarios que realizaron la validación fue de 101 lo cual da el valor a M.

Tabla 2- Evaluación de la Página 1

Id	Cantidad de respuestas C_j			Cálculo parcial $m = 3$ $M = 101$ $\frac{1}{M} \sum_{j=1}^m (v_{Cj} \cdot C_j)$	Peso de un criterio P_{Ci}	Aporte de cada criterio al VIA $n = 8$		Cálculo parcial $V_{Cm} = 2$ $V_{Cm} * P_{Ci}$	Aporte de cada criterio al VIM $n = 8$	
	Si	Media-namente	No							
	$V_{C1}=0$	$V_{C2}=1$	$V_{C3}=2$			Absoluto	%		Absoluto	%
1)	78	15	8	0,31	3	0,12	22,46	6	0,75	15,79
2)	70	25	6	0,37	3	0,14	26,81	6	0,75	15,79
3)	83	16	2	0,20	2	0,05	9,66	4	0,50	10,53
4)	78	19	4	0,27	2	0,07	13,04	4	0,50	10,53
5)	89	12	0	0,12	3	0,04	8,70	6	0,75	15,79
6)	89	12	0	0,12	3	0,04	8,70	6	0,75	15,79
7)	89	12	0	0,12	2	0,03	5,80	4	0,50	10,53
8)	81	20	0	0,20	1	0,02	4,83	2	0,25	5,26
VIA_i =						0,51	100	VIM_i =	4,75	100
VIR_i =						0,11				

Figura 2- Aporte de cada criterio al VIA de la Página 1

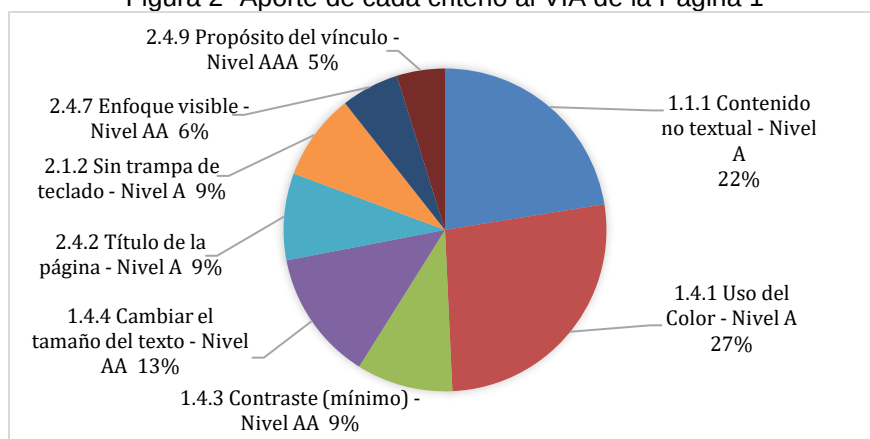


Tabla 3- Evaluación de la Página 2

Pre gunt a	Cantidad de respuestas C_j			Cálculo parcial $m = 3$ $M = 101$ $\frac{1}{M} \sum_{j=1}^m (V_{C_j} \cdot C_j)$	Peso de un criterio P_{Ci}	Aporte de cada criterio al total $n = 12$		Cálculo parcial $V_{Cm} = 2$ $V_{Cm} * P_{Ci}$	Aporte de cada criterio al VIM $n = 12$	
	Si	Mediana -mente	No							
	$V_{C_j}=0$	$V_{C_j}=1$	$V_{C_j}=2$			Absoluto	%		Absoluto	%
1)	82	17	2	0,21	3	0,05	7,50	6	0,50	10,00
2)	78	19	4	0,27	3	0,07	9,64	6	0,50	10,00
3)	82	18	1	0,20	2	0,03	4,76	4	0,33	6,67
4)	79	20	2	0,24	2	0,04	5,72	4	0,33	6,67
5)	89	11	1	0,13	3	0,03	4,64	6	0,50	10,00
6)	89	12	0	0,12	3	0,03	4,29	6	0,50	10,00
7)	89	12	0	0,12	2	0,02	2,86	4	0,33	6,67
8)	81	20	0	0,20	1	0,02	2,38	2	0,17	3,33
9)	101	0	0	0	3	0,00	0,00	6	0,50	10,00
10)	101	0	0	0	3	0,00	0,00	6	0,50	10,00
11)	86	14	1	0,28	3	0,07	10,10	6	0,50	10,00
12)	89	12	0							
13)	0	0	101	2	2	0,33	48,10	4	0,33	6,67
					$VIA_2 =$	0,69	100	$VIM_2 =$	5	100
					$VIR_2 =$	0,14				

Figura 3 Aporte de cada criterio al VIA de la Página 2

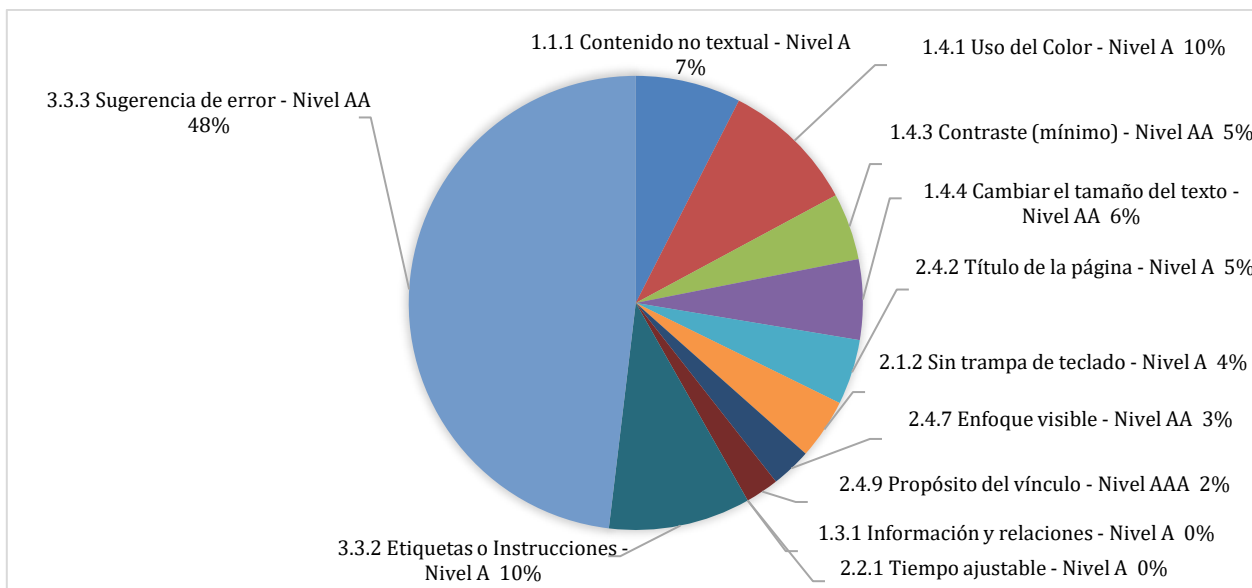


Tabla 4- Evaluación de la Página 3

Id	Cantidad de respuestas C_i			Cálculo parcial $m = 3$ $M = 101$	Peso de un criterio P_{ci}	Aporte de cada criterio al total $n = 8$		Cálculo parcial $V_{Cm} = 2$ $V_{Cm} * P_{Ci}$	Aporte de cada criterio al VIM $n = 8$	
	Si	Mediana -mente	No			Absoluto	%		Absoluto	%
	$V_{Ci}=0$	$V_{Ci}=1$	$V_{Ci}=2$							
				$\frac{1}{M} \sum_{m=1}^{j=1} (v_{C_j} \cdot C_j)$						
1)	82	17	2	0,21	3	0,08	17,95	6	0,75	15,79
2)	78	19	4	0,27	3	0,10	23,08	6	0,75	15,79
3)	82	18	1	0,20	2	0,05	11,40	4	0,50	10,53
4)	79	20	2	0,24	2	0,06	13,68	4	0,50	10,53
5)	89	11	1	0,13	3	0,05	11,11	6	0,75	15,79
6)	89	12	0	0,12	3	0,04	10,26	6	0,75	15,79
7)	89	12	0	0,12	2	0,03	6,84	4	0,50	10,53
8)	81	20	0	0,20	1	0,02	5,70	2	0,25	5,26
VIA ₃ =						0,43	100	VIM ₃ =	4,75	100
VIR ₃ =						0,09				

Figura 4- Aporte de cada criterio al VIA de la Página 3

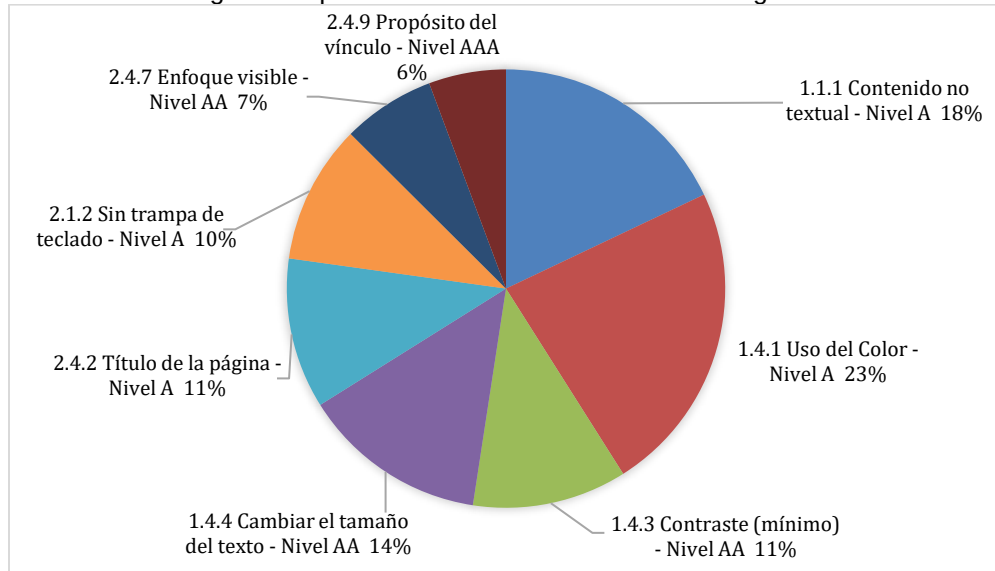
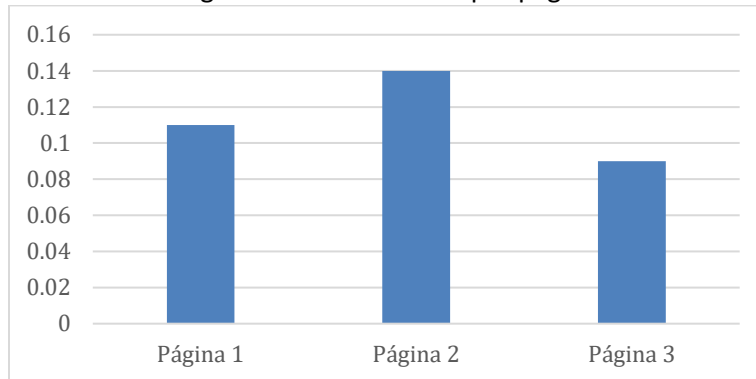


Figura 5- Valores de VIR por página



5. Discusiones

Como se estableció en Pagnoni y Mariño (2021) en la experiencia realizada se determinó que:

- La edad de los usuarios consultados oscila en un 33% entre 21 y 30, en tanto un 80% menos de 50 años.
- Todos los usuarios usan computadora para acceder a la Plataforma Educativa, además, un 80% el teléfono móvil y un 7% Tablet.
- Más de la mitad de las personas consultadas (60%) presenta algún problema visual.
- Estos datos demuestran que numerosas personas tienen una visión natural imperfecta (un 60% de la muestra). Si bien existen tecnologías de apoyo visual, su costo puede hacerlas inaccesibles a todos los usuarios. Otro aspecto a contemplar, es que su uso puede resultar insuficiente cuando se utilizan teléfonos celulares, es por ello que “el contenido web debe estar preparado para una persona con estas deficiencias posea o no una tecnología correctiva” (Pagnoni & Mariño, 2021).
Mediante la aplicación de la métrica se puede observar que:
- Los valores totales que miden la falta de acceso (VIA) en la Página 1 alcanzó a 0,51, en la Página 2 a 0,69 y en la Página 3 a 0,43; en valores relativos (VIR) los obstáculos a la AW representan, tal como se muestra en la Figura 5, un 0,11, 0,14 y 0,09 respectivamente (siendo 1 el máximo posible). Si bien son valores bajos los criterios incumplidos, tal como se puede apreciar en las Figuras 2, 3 y 4, en su mayoría pertenecen al nivel de conformidad A el cual es indispensable alcanzar para asegurar una mínima accesibilidad. Lo expuesto reviste un gran obstáculo en el acceso y manejo del contenido web por parte de los usuarios con discapacidad visual.
- Se reafirma lo establecido en Pagnoni y Mariño (2021) en cuanto a que en las Página 1 y la Página 3, como puede observarse en la Figuras 2 y 4, el criterio que las hace más inaccesibles es 1.4.1 Uso del Color del Nivel de conformidad A, con un 26,81% y 23,05% respectivamente. El cumplimiento de este criterio tiene como finalidad ayudar a los usuarios con visión parcial, así como a los que tienen problemas para diferenciar entre colores (W3C, 2016a). Además, con el uso de la métrica se puede advertir en ambas páginas la falta de cumplimiento del criterio 1.1.1 Contenido no textual correspondiente al Nivel de conformidad A, con un 22,46% en la Página 1 y 17,92% en la Página 3, el cual hace referencia a que todo contenido no textual tiene una alternativa textual que cumple el mismo objetivo. Es importante el acatamiento de este criterio, dado que ayuda a las personas que poseen deficiencias para percibir contenido visual puesto que las tecnologías de asistencia pueden leer texto en voz alta, presentarlo visualmente o convertirlo a Braille (W3C, 2016b).
- Se reafirma lo establecido en Pagnoni y Mariño (2021) referente a que en la Página 2 el criterio que menos se cumple es 3.3.3 Sugerencia de error del Nivel de conformidad AA con un 48,13% del total, como puede apreciarse en la Figura 3. Este criterio concierne a la existencia de sugerencias para el usuario cuando este incurre en errores al ingresar datos. Estos mensajes posibilitan a los usuarios con problemas de visión que comprendan más fácilmente el porqué del error de entrada y cómo corregirlo (W3C, 2016d).
- Al evaluar la Pagina 1, se puede observar que existen criterios que presentaron igual número de repuestas si y medianamente, como las asociadas a las preguntas 5, 6 y 7; analizando en particular las preguntas 6 y 7 donde el peso del criterio varía, se evidencia que el criterio de conformidad 2.4.7 Enfoque visible - Nivel AA, realiza la menor contribución al incumplimiento de la AW.
- Al evaluar la Pagina 2 y 3, se puede observar que existen criterios que presentaron igual número de repuestas si, como las asociadas a las preguntas 1 y 3, y por otro lado 5, 6 y 7; analizando puntualmente las preguntas 1 y 3 y las preguntas 6 y 7, que poseen diferente peso se corrobora que los criterios de conformidad 1.4.3 Contraste (mínimo) - Nivel AA y 2.4.7 Enfoque visible - Nivel AA, contribuyen en menor medida al incumplimiento de la AW.

Como se mencionó Román Durán, Bernier Villamor y Fernández Rodríguez (2013) analizaron sitios de universidades españolas ponderando y midiendo de general diversos aspectos inherentes a la Accesibilidad Web; por ejemplo, miden el índice de “Estándares Web” estableciendo de manera global su cumplimiento o no en una página del sitio evaluado, en tanto en este trabajo se ponderan y se miden criterios específicos de la AW, haciendo mucho más minuciosa la medición.

En Hilera, Amado Salvatierra, Martínez, Viera, y Pestana (2014) y Tabares, Duque, Flórez, Castaño y Ruiz (2014) se usaron guías de preguntas para realizar la revisión manual del sitio estudiado. A diferencia de estos estudios, en el que se presenta en este artículo, se utilizan guías de revisión manual ponderando las barreras encontradas, para posibilitar medir mediante métricas la AW considerando la gravedad de dificultad hallada.

Como se expuso en Quizhpi (2015), Paniagua, Pinargote Ortega y Mera (2018), Bedoya y Mera (2020), se proponen métodos para lograr contenidos web más accesibles, otorgando a los usuarios un papel preponderante. Como aporte, este trabajo además de contar con la colaboración de los usuarios presenta un conjunto de ponderaciones y métricas que ayudan a definir valores acerca del grado de cumplimiento de la AW del sitio evaluado.

En el trabajo de Mariño Alfonso y Godoy (2020) se usan validadores para evaluar algunos aspectos de la AW, a los cuales se le asignan ponderaciones, para luego aplicar una métrica. En la propuesta presentada en este artículo, se proponen ponderaciones y métricas diferentes. En particular el conjunto de medidas que se exponen aporta nuevas formas de medir la Accesibilidad Web y pueden aplicarse a diversos espacios o elementos que un usuario pueda ingresar y recorrer.

6. Conclusiones

El artículo propuso una mejora a una guía de evaluación de la accesibilidad web incorporando métricas para cuantificar el cumplimiento de este criterio de calidad de acceso a la información. Para validar la propuesta se retomó la evaluación de una Plataforma Educativa desde la percepción visual de usuarios, contemplando los principios de la norma WCAG 2.0. Los hallazgos derivados de la propuesta, y tratados a través de la métrica, dan cuenta del incumplimiento total de los principios de Accesibilidad Web en las tres páginas elegidas.

Se corroboraron los resultados previamente expuestos en Pagnoni y Mariño (2021), precando los errores mencionados más graves, y el aporte de estos en la inaccesibilidad total de cada página. El uso de métricas asociadas a la guía de revisión aporta valiosa y precisa información, ya que se tiende a considerar que las respuestas diferentes de “Sí” tienen el mismo peso; esto no ocurre utilizando la métrica debido a que no solo los criterios tienen peso sino también las diferentes respuestas. Además, las métricas propuestas se pueden utilizar para medir la AW de cualquier producto virtual. El aporte de estas métricas reside en su versatilidad, pueden ser aplicadas ajustando la categorización de respuestas y la ponderación de los criterios, así como también se pueden utilizar sin importar la cantidad de personas que realicen la validación manual. En un sentido amplio las mediciones propuestas se pueden utilizar para dar valor de cumplimiento a una característica factible de ser descompuesta en diferentes aspectos que pueden ser validados por usuarios.

Por lo tanto, la mejora de la guía basada en métricas, propuesta en este artículo contribuyen a determinar el nivel de AW, además las ponderaciones y las respuestas de los usuarios pueden ser ajustadas a otros estudios, considerando diferentes aspectos de la AW a medir u otros perfiles de usuario.

Referencias

- ISO / TMBG Junta de Gestión Técnica. (2021). *GUÍA ISO / IEC 71: 2014. Guía para abordar la accesibilidad en los estándares*. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/57385.html>
- AENOR. (2020). *Declaración de Accesibilidad*. Obtenido de <https://www.aenor.com/declaracion-de-accesibilidad>
- Asociación por los Derechos Civiles. (2019). *El acceso a los servicios de la información y la comunicación de las Personas con discapacidad*. Obtenido de <https://accesibilidad-digital.adc.org.ar/adc-informe-empirico.pdf>
- Basili, V., Caldiera, G., & Rombach, H. D. (1994). The Goal Question Metric Approach. *Encyclopedia of Soft. Eng.- vol. 2*, 528-532.
- Bühler, C., Heck, H., Perlick, O., Nietzio, A., & Ulltveit-Moe, N. (2006). Interpreting Results from Large Scale Automatic Evaluation of Web Accessibility. K. Miesenberger et al. (Eds.): *ICCHP*, 184–191.
- García, F. (2006). De la convergencia tecnológica a la convergencia comunicativa en la educación y el progreso. *ICONO 14-REVISTA DE COMUNICACIÓN Y NUEVAS TECNOLOGÍAS – ISSN: 1697 - 8293*(7).
- González López, Ó. R., Banegil Palacios, T. M., & Buenadicha Mateos, M. (2013). *El índice cuantitativo de calidad web como instrumento objetivo de medición de la calidad de sitios web corporativos*. Investigaciones Europeas de Dirección y Economía.
- Hilera, J. R., Amado-Salvatierra, H., Martínez, D., Viera, J., & Pestana, L. (2014). Accesibilidad web: Estudio de un caso con evaluación automática y evaluación de usuarios. *VI Congreso Internacional sobre Aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicaciones Avanzadas (ATICA2014)*, 149-156.
- Hilera, J. R., Fernández, L., Suárez, E., & Vilar, E. T. (2012). Evaluación de la accesibilidad de páginas web de universidades españolas y extranjeras incluidas en rankings universitarios internacionales. *Revista Española de Documentación Científica*.
- ISO / TMBG Junta de Gestión Técnica. (2021). *Guía para abordar la accesibilidad en los estándares*. Obtenido de <https://www.iso.org/standard/57385.html>
- Lugo García, J. A., & García Pérez, A. M. (2011). Colección automática de métricas hacia un repositorio de mediones. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (58), 199-207.
- Luján Mora, S. (2020). *Accesibilidad Web*. Obtenido de Definición de accesibilidad web: <http://accesibilidadweb.dlsi.ua.es/?menu=definicion>
- Luján Mora, S. (2020). *Accesibilidad Web. Definición de accesibilidad web*. Obtenido de <http://accesibilidadweb.dlsi.ua.es/?menu=definicion>
- Mariño, S. I., Alfonso, P. L., & Godoy, M. V. (2020). Medidas de accesibilidad web. Aplicación en una plataforma educativa. *European Scientific Journa*, 16(1), 11-22,. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2020.v16n1p11>
- Martins, B., & Duarte, C. (2022). *Large-scale study of web accessibility metrics*. *Univ Access Inf Soc* . Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s10209-022-00956-x>
- Mora, S. L. (2006). *Accesibilidad en la Web: ¿Qué hace el atributo alt?* Recuperado el diciembre de 2016, de http://accesibilidadenlaweb.blogspot.com.ar/2006/03/qu-hace-el-atributo-alt_17.html
- Naftali, M. R. (2010). *Análisis e Integración de métricas para la Accesibilidad Web (Tesis de Grado)*. Facultad de Ingeniería. Universidad de Buenos Aires.
- Organización Mundial de la Salud. (2011). *Informe Mundial sobre la Discapacidad*. Ginebra, Suiza.
- Organización Mundial de la Salud. (marzo de 2023). *Discapacidad. Datos y cifras*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/disability-and-health>
- Pagnoni, V. K., & Mariño, S. I. (2021). Una guía de Accesibilidad Web para portales educativos. La revisión de usuarios. *Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. CACIC 2021*. .
- Paniagua L., A., Bedoya R., D., & Mera, C. (2020). *Un método para evaluar la accesibilidad y usabilidad en aplicaciones móviles*. Obtenido de *Tecnológicas* , 23 (48), 99-117: <https://doi.org/10.22430/22565337.1553>
- Parmanto, B., & Zeng, X. (2005). Metric for Web accessibility evaluation. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 1394-1404.
- Pereyra, J. M. (2014). *Tecnología, educación y accesibilidad: nociones didácticas, pedagógicas y técnicas sobre nuevos espacios de aprendizaje*. 14º Simposio Argentino de Informática y Derecho.
- Pinargote Ortega, M., Cruz Felipe, M. d., & Ureta, G. D. (2018). *Propuesta de sitio web accesible para personas con discapacidad visual*. Obtenido de DOI: 10.18502/keg.v3i1.1509

- Quizhpi, M. (2015). *Creación de páginas Web accesibles a usuarios con Discapacidad (Informe de Tesis)*. Obtenido de <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/4932>
- Román Durán, M., Bernier Villamor, J. L., & Fernández Rodríguez, G. (2013). Estudio Cuantitativo de la Accesibilidad Web de las Universidades Españolas. *Ibersid*, 49-55. ISSN 1888-0967.
- Shawn, L. H. (marzo de 2019). *Resumen de los estándares de accesibilidad de W3C*. Obtenido de <https://www.w3.org/WAI/standards-guidelines/es>
- Shawn, L. H. (2019). *Resumen de los estándares de accesibilidad de W3C*. Obtenido de <https://www.w3.org/WAI/standards-guidelines/es>
- Tabares, V., Duque, N. D., Flórez, J., Castaño, N., & Ruiz, K. J. (2014). Evaluación de accesibilidad en sitios web educativos. *Revista Vínculos*, 29-40.
- W3C. (2009). *Web Content Accessibility Guidelines 2.0 (WCAG)*. Recuperado el 2015, de <http://www.sidar.org/traduccion/wcag20/es/>
- W3C. (2016). *Entendiendo WCAG 2.0: Una guía para comprender e implementar las Pautas de Accesibilidad al Contenido Web 2.0*. Obtenido de <https://www.w3.org/TR/UNDERSTANDING-WCAG20/Overview.html#contents>
- W3C. (2016a). *Entendiendo WCAG 2.0. Uso del color*. Obtenido de <https://www.w3.org/TR/UNDERSTANDING-WCAG20/visual-audio-contrast-without-color.html>
- W3C. (2016b). *Entendiendo WCAG 2.0. Contenido no textual*. Obtenido de <https://www.w3.org/TR/UNDERSTANDING-WCAG20/text-equiv-all.html>
- W3C. (2016d). *Entendiendo WCAG 2.0. Sugerencia de error*. Obtenido de <https://www.w3.org/TR/UNDERSTANDING-WCAG20/minimize-error-suggestions.html>



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons
Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.