



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Evaluación de la accesibilidad web
con herramientas automáticas y un
método heurístico para usuarios con
baja visión

Nelly Patricia Acosta Vargas



Tesis **Doctorales**

UNIVERSIDAD de ALICANTE

Unitat de Digitalització UA

Unidad de Digitalización UA



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

INSTITUTO UNIVERSITARIO DE INVESTIGACIÓN
INFORMÁTICA

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

**Evaluación de la accesibilidad web con
herramientas automáticas y un
método heurístico para usuarios con
baja visión**

Nelly Patricia Acosta Vargas

Tesis presentada para aspirar al grado de

DOCTORA POR LA UNIVERSIDAD DE ALICANTE

DOCTORADO EN INFORMÁTICA

Dirigida por:

Dr. Sergio Luján Mora

Febrero 2020

TESIS DOCTORAL EN FORMA DE COMPENDIO DE PUBLICACIONES

Evaluación de la accesibilidad web con herramientas automáticas y un método heurístico para usuarios con baja visión

El presente trabajo realizado por Nelly Patricia Acosta Vargas, bajo la dirección del Dr. Sergio Luján Mora, para optar por el grado de Doctora en Informática, se presenta en la Universidad de Alicante y se estructura según la normativa establecida para la presentación de tesis. En la primera parte se incluye una síntesis del trabajo elaborado; la segunda parte contiene una reproducción de las publicaciones científicas realizadas en la modalidad de compendio; la tercera parte contiene las conclusiones, aportaciones y trabajos futuros. Finalmente, se incluye la sección apéndices que contiene varias publicaciones realizadas durante el doctorado, las mismas que no fueron incluidas como parte del compendio para garantizar la unidad temática de los presentados.

Universidad de Alicante

Febrero 2020

Dedicatoria

Esta tesis está dedicada a:

Mi madre María Inés por sus sabios consejos.

Mi padre Jorge Alberto que desde el cielo siempre me cuida.

María Belén y Luis Antonio, mis queridos hijos que más que el motor de mi vida fueron mi parte esencial y motivacional de lo que hoy puedo presentar como tesis.

Mi esposo Luis por ser el mejor amigo y compañero, por cada momento en unión familiar y tiempo compartido en el desarrollo de este trabajo, gracias por comprender que cada logro en la vida demanda algunos sacrificios.

Mi suegro Luis Salvador Suárez por su apoyo incondicional.

Mis hermanas Rosy, Mary, Glory e Irene que siempre me han inspirado a ser fuerte y a luchar en la vida.

Mis amigos y compañeros que me apoyaron y me motivaron a seguir aprendiendo.

Agradecimientos

Mi gratitud a:

Dios y a la Virgen María, quienes inspiraron mi espíritu para la conclusión de esta tesis doctoral.

Sergio Luján Mora, por brindarme la oportunidad de recurrir a su experiencia científica y consejos.

La Universidad de Alicante y a la Universidad de Las Américas que me apoyaron a perseguir este gran reto.

Tannya Lozada, Paquita Proaño y Óscar Espinosa por su apoyo y gestión para publicar mis trabajos de investigación.

Luis Salvador, Rasa Zalakeviciute, Yves Rybarczyk, Mario González, Karina Jimenes y a Jorge Luis Pérez Medina por compartir sus conocimientos en otras áreas de investigación.

Todas las personas que colaboraron de múltiples maneras en la realización del presente trabajo de investigación.

Alicante, febrero de 2020
Nelly Patricia Acosta Vargas

Resumen

*Hold my hand and walk with me.
We must break the back of social inequity;
We must empower every individual with a disability
To live with dignity in an inclusive society.
William E. Lightbourne (Dicapta Foundation, 2018)*

La Organización de las Naciones Unidas considera que la Educación para Todos (EPT) involucra el acceso a la educación para todos los individuos, incluidas a las personas con discapacidad. Del mismo modo, la Organización Mundial de la Salud en el reporte sobre la discapacidad revela que más de mil millones de individuos sobrellevan algún tipo de discapacidad, que corresponde al 15% de la población a nivel mundial, dicho porcentaje tiende a crecer como consecuencia de la edad avanzada de la población y los padecimientos crónicos.

Asimismo, existen millones de sitios web educativos, pero no todos son accesibles. La accesibilidad web asume como finalidad lograr que las páginas web puedan ser útiles para la mayor cantidad de personas, independientemente de las capacidades, conocimientos, y características técnicas de los dispositivos que utilicen para navegar en la web. En este contexto, el involucramiento con este tema de gran interés educativo y social surge desde el año 2015 bajo la dirección del Dr. Sergio Luján Mora en calidad de director de esta tesis. La accesibilidad web en muchos países no se la considera en el desarrollo de aplicaciones, por lo cual no existe políticas claras en la legislación de varios países, los gobiernos han descuidado este parámetro esencial en la educación inclusiva, y más aún en los países de Latinoamérica.

Existen millones de sitios web de educación superior, cada uno con su propio estilo y forma. Sin embargo, no todos los sitios web cumplen con los requisitos de estandarización propuestos por el *World Wide Web Consortium* (W3C) en los cuales se establecen las directrices para que los sitios web se comporten de forma efectiva y tengan calidad de acceso en su estructura. La aplicación de estándares web aporta a las entidades educativas para hacerlos más inclusivos, un sitio web bien diseñado y desarrollado debe cumplir con las normas que establece el W3C, los estándares también permiten

aumentar el número de potenciales visitas a la página web.

Independientemente del contexto del usuario, se considera accesible a un sitio web, cuando no presenta barreras que dificulten el acceso al mismo. De igual forma, una página web que aplica los lineamientos de accesibilidad aumenta la probabilidad de que se visualice adecuadamente en cualquier tipo de dispositivo y navegador. Otro aporte significativo es que tiende a disminuir los costos de creación, diseño y desarrollo, aunque inicialmente hacer un sitio web accesible supone un costo mayor.

Cabe indicar que una vez que se aplican los conocimientos y los lineamientos de accesibilidad el costo de desarrollo y mantenimiento de un sitio web es menor frente a uno que no es accesible. Un sitio web accesible contiene páginas que cumplen con los lineamientos de las *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG) 2.0 y 2.1 desarrolladas por el W3C, lo que implica que el sitio es menos propenso a contener errores.

En las universidades, los sitios web se han convertido en un medio de relación y comunicación entre estudiantes, docentes, personal administrativo y la comunidad universitaria; por lo antedicho el sitio web debe tener una facilidad de acceso universal.

Por consiguiente, esta investigación se orienta en estudiar la accesibilidad de los sitios web de varios países de Latinoamérica, para evaluar si cumplen con los estándares mínimos de accesibilidad web establecidos por el W3C.

Además, este estudio se enfoca a las personas interesadas en conocer el estado relativo a la accesibilidad y estándares de las WCAG 2.0 y 2.1 en los sitios web de varias instituciones de Latinoamérica, y la importancia de utilizar estas normas. Este estudio investigó si los sitios web educativos de Latinoamérica cumplen con los lineamientos vigentes de accesibilidad web y si estas condiciones dependen de la ubicación en el ranking establecido por Webometrics¹, en donde se encuentran aproximadamente 3,942 universidades de Latinoamérica.

El estudio permitió evaluar la accesibilidad de 348 páginas de inicio de las universidades de Latinoamérica, de acuerdo con el cálculo del tamaño de la muestra, que comprende un 5% de margen de error.

En la evaluación de la accesibilidad de los sitios web aplicamos herramientas de revisión automática y un método manual que permitan comprobar los estándares de accesibilidad. Este proceso involucró tres fases, en la primera fase, se revisaron varias herramientas para la evaluación de la accesibilidad web, que permitieron evaluar a través del *Uniform Resource Locator* (URL) de cada página web para determinar si cumplen con los lineamientos de las WCAG 2.0 y 2.1.

En la segunda fase, se aplicó un método manual en los sitios web para probar que el método se puede replicar a cualquier sitio web, en esta fase, contamos con el aporte de dos expertos en accesibilidad web. Finalmente, en la tercera fase se implementó la evaluación heurística de la accesibilidad web, en la cual se aplicó una modificación al método de *Barrier Walkthrough* (BW) propuesto por Brajnik (2006).

Una barrera de accesibilidad es cualquier condición que hace que sea difícil para las personas poder alcanzar un objetivo al interactuar con un sitio web (Brajnik y Lomuscio, 2007). La barrera es un modo de falla del sitio web, puede estar relacionada con la categoría de usuarios involucrados, el tipo de tecnología utilizada, el objetivo y las características del sitio web.

¹http://www.webometrics.info/es/Americas/Latin_America

Esta investigación permitió probar que las universidades de Latinoamérica con un alto prestigio académico no se han preocupado por brindar información accesible sobre la institución a través del sitio web, de tal forma que los usuarios puedan acceder fácilmente al sitio, independientemente de la discapacidad que presenten. Además, se identificaron las barreras de accesibilidad para las personas con limitación física o sensorial, que pueden representar un obstáculo al momento de acceder al contenido de la página web.

Esta investigación permitirá a las universidades, públicas y privadas, adecuar los sitios web para cumplir con las directrices de accesibilidad según la recomendación de las WCAG 2.0 y 2.1. Además, reveló que existen varias barreras de accesibilidad para lo cual planteamos sugerencias dirigidas a los diseñadores y desarrolladores de los sitios web.

Los resultados de la presente investigación fueron publicados entre los años 2016 y 2019, después de pasar por procesos de revisión ciega por pares, en revistas y congresos indexados en *Web of Science* (WOS) y *Scopus*. Se han realizado un total de 12 publicaciones principales: dos artículos en revistas de alto impacto con cuartil Q1 con índice *Journal Citation Reports (JCR) impact factor(IF)*, un tercer artículo publicado en una tercera revista indexada en Latindex, el artículo de la revista obtuvo el primer premio en el área de Computación e Informática; un cuarto artículo publicado en una revista publicada en *Data in Brief* corresponde a la clasificación de *SCImago Scientific Journal Rankings (SJR)* con cuartil Q1 y ocho artículos en memorias de congreso. Los artículos publicados en revistas con índice JCR IF son:

1. "Challenges to Assess Accessibility in Higher Education Websites: A Comparative Study of Latin America Universities". IEEE Access. JCR IF= 4.098. 2018.
2. "A Heuristic Method to Evaluate Web Accessibility for Users with Low Vision". IEEE Access. JCR IF= 4.098. 2019.

La comprobación de la accesibilidad de un sitio web es un reto esencial para los expertos en accesibilidad. Los usuarios que sufren cambios relacionados con la edad, como la baja visión, mala audición y disminución de la motricidad, entre otros, presentan barreras para acceder a los servicios que ofrece la web.

Los principales resultados que se han obtenido de este trabajo son: la caracterización de la accesibilidad web de los sitios educativos en varios países de Latinoamérica de acuerdo con la clasificación de Webometrics. En primer lugar, se realizó una evaluación de las herramientas de revisión automática más utilizadas para la evaluación de los sitios web.

Una herramienta de revisión automática no puede determinar si un texto alternativo es adecuado para una imagen, no puede analizar si ese texto es correcto sin interpretar el contenido de la imagen. Aunque las herramientas son una gran ayuda en el momento de la evaluación de la accesibilidad del sitio web, pudimos concluir que estas herramientas están lejos de ser infalibles y tienen limitaciones que pueden dar lugar a falsos positivos.

La evaluación de los sitios web depende de la experiencia de los evaluadores, así como de los juicios personales de los expertos. Consecuentemente, la herramienta WAVE fue aplicada en esta investigación porque proporciona un análisis completo de forma

automática. Los resultados indican que los sitios web de las instituciones tienen barreras relacionadas con la falta de texto alternativo para las imágenes.

Pudimos observar que los sitios web evaluados violan los requisitos de accesibilidad web establecidos en las WCAG 2.1. El mayor número de los problemas identificados con relación a la accesibilidad de los sitios web muestran que es obligatorio robustecer las políticas de accesibilidad web en cada país y brindar lineamientos en este espacio para que los sitios web sean cada vez más inclusivos.

Los futuros trabajos deberían seguir analizando la evolución de los sitios web, proporcionando clasificaciones actualizadas periódicamente y haciendo públicos los resultados y los informes. Se recomienda analizar los errores más frecuentes y aplicar las mejores prácticas para lograr sitios web más inclusivos que cumplan con las WCAG 2.1.

Por otro lado, existen métodos cualitativos y cuantitativos para evidenciar si un sitio web es accesible. La mayoría de los métodos aplican herramientas de revisión automática porque son de bajo costo, pero no presentan una solución ideal.

En cambio, los métodos heurísticos requieren un apoyo manual que ayudará al experto a evaluar la accesibilidad mediante el establecimiento de rangos de severidad. Razón por la cual, en esta investigación se utilizó una modificación del método de BW propuesto por [Brajnik \(2009\)](#) teniendo en cuenta las WCAG 2.1.

La modificación consistió en incluir un valor de persistencia para determinar la severidad de una barrera de accesibilidad. Este método permitió medir la accesibilidad de los sitios web para probar un proceso heurístico y obtener datos de muestra para el análisis e interpretación de resultados.

Nuestra propuesta permite probar una nueva heurística con un rango de persistencia más amplio, que ayude a los evaluadores a tener una aproximación más realista de la severidad de una barrera de accesibilidad web.

Sugerimos replicar un método combinado para diversos tipos de usuarios considerando la respectiva discapacidad. Sin embargo, al combinar con un método manual este proceso de evaluación puede tomar demasiado tiempo y por lo tanto es demasiado costoso para resolver las barreras de accesibilidad web.

Esta investigación concluyó que, aunque un sitio web está en una clasificación alta según un ranking, no necesariamente cuenta con un sitio web accesible e inclusivo. Este método puede ser replicado para otros sitios web al incluir diferentes tipos de discapacidades, escenarios de prueba y usuarios finales.

Para lograr una mejor evaluación de la accesibilidad de un sitio web, sugerimos combinar el uso de herramientas de evaluación automática con métodos heurísticos. Recordemos que ninguna herramienta puede sustituir la evaluación realizada por un experto en accesibilidad web. Por otra parte, los evaluadores sugieren reforzar la legislación de cada país con políticas que contribuyan al área de accesibilidad para la web y para aplicaciones móviles, tomando como guía las WCAG 2.1.

Sin embargo, es esencial la capacitación y actualización continua en temas relacionados con las WCAG, dirigidas a profesionales en el área de tecnologías de la información desde el inicio de la carrera para crear conciencia y mejorar las actitudes de programación. La labor futura debería seguir buscando métodos para analizar la evolución de los sitios web y mejorar la heurística. Además, como trabajo futuro, sugerimos a los investigadores adaptar este método a las aplicaciones móviles.

Como resultado de nuestra investigación encontramos que ningún sitio web seleccionado en la muestra alcanzó un nivel aceptable de accesibilidad. Por lo tanto, las universidades de Latinoamérica y los sitios web más visitados deben realizar esfuerzos significativos para perfeccionar la accesibilidad en los sitios web.

Por último, animamos a los diseñadores y creadores de sitios web a aplicar los lineamientos establecidos en las WCAG 2.0 y 2.1 como punto de partida a la hora de desarrollar sitios web accesibles. En conclusión, los sitios web deben hacer esfuerzos significativos para mejorar la accesibilidad, incluir la diversidad y construir sitios web inclusivos.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Abstract

The United Nations considers that Education for All (EFA) involves access to education for all individuals, including persons with disabilities. Similarly, the World Health Organization's report on disability reveals that more than one billion individuals bear some disability, which corresponds to 15% of the world's population, this percentage tends to grow as a result of the advanced age of the population and chronic conditions.

Likewise, there are millions of educational websites, but not all of them are accessible. Web accessibility aims to make web pages useful for as many people as possible, regardless of the skills, knowledge, and technical characteristics of the devices they use to navigate the web.

In this context, the involvement with this subject of great educational and social interest arises from 2015 under the direction of Dr. Sergio Luján Mora as director of this thesis. Web accessibility in many countries is not considered in the development of applications, so there are no clear policies in the legislation of several countries, governments have neglected this essential parameter in inclusive education, and even more in Latin American countries.

There are millions of higher education websites, each with its style and form; however, not all websites comply with the standardization requirements proposed by the World Wide Web Consortium (W3C) in which guidelines are established for websites to behave effectively and have access quality in their structure. The application of web standards contributes to the educational entities in the development of web sites, in the same way, the sites become more inclusive for the final users.

A well designed and developed website must comply with the rules set by the W3C, the standards also allow to increase the number of potential visits to the website. Regardless of the context of the user, a website is considered accessible if it does not present barriers that hinder access to it; similarly, when a web page applies the accessibility guidelines, this increases the likelihood that it will be appropriately displayed on any device and browser.

Another significant contribution is that it tends to reduce the costs of creation, design, and development, although initially making an accessible website is a high cost. It should be noted that once the knowledge and guidelines are applied, the cost of

Abstract

developing and maintaining a website is lower than a non-accessible one. An accessible website contains pages that comply with the Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0 and 2.1, which means that the site is less prone to errors and is easier to update. In universities, websites have become a mean of relationship and communication between students, teachers, administrative staff, and the university community; therefore, the website should be universally accessible

Therefore, this research focuses on studying the accessibility of several Latin American countries, verifying the quality of the websites of Latin American universities, and evaluating the application of web standards established by the W3C. Besides, this study focuses on people interested in knowing the accessibility status and standards of WCAG 2.0 and 2.1 on the websites of the various institutions in Latin America, and the importance of using these standards.

This study investigated whether educational websites in Latin America comply with current web accessibility guidelines and whether these conditions depend on location in the ranking established by Webometrics¹, where approximately 3,942 Latin American universities are located. The study made it possible to evaluate the accessibility of 348 home pages of universities in Latin America, according to the size of the sample, with a 5% margin of error.

In the evaluation of the websites, we applied automatic tools and a manual method of heuristic accessibility that allow us to check the accessibility standards. This process involved three phases. In the first phase, selected automatic tools were applied, which allowed evaluating with the Uniform Resource Locator (URL) of each page of the web sites to determine if they comply with some of the recommendations of the WCAG 2.0 and 2.1.

In the second phase, a manual method was applied to the educational websites and other sites to prove that the method can be applied to any website; in this phase, we had the input of two web accessibility experts. Finally, in the third phase, the heuristic evaluation of web accessibility was implemented, in which a modification was applied to the barrier displacement method proposed by [Brajnik \(2006\)](#). An accessibility barrier is any condition that makes it difficult for people to achieve a goal when using the website ([Brajnik y Lomuscio, 2007](#)). The barrier is a mode of failure of the website related to the category of users involved, the type of technology used, the purpose and characteristics of the website.

This research will prove that Latin American universities with high academic prestige have not bothered to provide accessible information about the institution through the website so that all users can access the site, regardless of the user's disability. Barriers that may hinder or impede access to content for people with physical or sensory limitations will be identified. This study will enable universities, both public and private, to adapt websites to comply with accessibility guidelines according to the recommendation of the WCAG 2.0 and 2.1.

This research will reveal the accessibility problems of websites, and put forward suggestions for web designers and developers to improve web accessibility. Besides, this research can be taken as a reference to lessons learned for future work. The results of the present research were published during the years 2016 and 2019, after going

¹http://www.webometrics.info/es/Americas/Latin_America

through blind peer review processes, in journals and congresses indexed in Web of Science (WOS) and Scopus, a total of 12 leading publications have been made: two articles in high-impact journals with Q1 quartile with Journal Citation Reports(JCR) Impact Factor (IF) index, a journal indexed in Latindex the journal's article won first prize in the area of Computing and Informatics and another journal published in Data in Brief corresponds to the Scimago classification Scientific, Journal Rankings (SJR) with Q1 quartile, and eight articles in conference proceedings. The articles published in journals with index JCR IF are:

1. "Challenges to Assess Accessibility in Higher Education Websites: A Comparative Study of Latin America Universities." IEEE Access. JCR IF= 4.098. 2018.
2. "A Heuristic Method to Evaluate Web Accessibility for Users with Low Vision."IEEE Access. JCR IF= 4.098. 2019.

Checking the accessibility of a website is a significant challenge for accessibility experts. Users suffering from age-related changes such as low vision, poor hearing, and decreased motor skills, among others, have difficulty accessing the services offered by the web. The main results obtained from this work are: The identification of the web accessibility of educational sites in several Latin American countries according to the classification of Webometrics, first, an evaluation was made of the tools most used for the evaluation of websites.

An automatic evaluation tool cannot determine if an alternative text is suitable for an image since it cannot analyze if that text is correct without interpreting the content of the image. Although the tools are an invaluable aid in assessing website accessibility, we were able to conclude that these tools are far from infallible and have limitations that can lead to false positives. The evaluation of the tools depends on the experience of the evaluators, as well as on the personal judgments of the reviewers.

Consequently, the WAVE tool was applied in this research because it provides a complete automatic analysis. The deductions reveal that the institutions' websites have frequent problems related to the lack of alternative image text. The evaluated websites have been found to violate the web accessibility requirements outlined in WCAG 2.1. The higher number of problems identified concerning website accessibility shows that it is mandatory to strengthen web accessibility policies in each nation and to provide better guidelines in this space so that websites are more and more inclusive.

Future work should continue to analyze the evolution of websites, providing regularly updated ratings, and making the results and reports public. It is recommended to analyze the most frequent errors and apply best practices to achieve more inclusive sites that comply with WCAG 2.1.

On the other hand, there are qualitative and quantitative methods to show whether a website is accessible. Most methods apply automatic tools because they are low-cost, but they do not present an ideal solution. In contrast, heuristic methods require manual support that will help the expert assess accessibility by establishing severity ranges. For this reason, in this research, we used a modification of the Barrier Walkthrough (BW) method proposed by Giorgio Brajnik, taking into account the WCAG 2.1.

The modification consisted of including persistence to determine the severity of an accessibility barrier. This method made it possible to measure the accessibility of web-

Abstract

sites in order to test a new heuristic process and obtain sample data for analysis. One of the advantages of our proposal was to test a new heuristic with a more comprehensive persistence range, allowing evaluators to have a more realistic approximation of the severity of a web accessibility barrier.

We suggest replicating this method for users with other types of disabilities, taking into account the different accessibility barriers. However, the manual method takes too much time and is, therefore, too costly to resolve web accessibility barriers. The evaluators identified some severity barriers, and among them, three stand out. This research concludes that, although a website is highly ranked, it does not necessarily have an accessible and inclusive website.

This method can be repeated for other websites with more types of disabilities, applying the guidelines and barriers corresponding to the type of disability. To achieve a better evaluation of the accessibility of a website, we suggest combining the use of automatic evaluation tools with heuristic methods. Remember that no tool can replace the evaluation made by an expert in web accessibility.

On the other hand, the evaluators suggest reinforcing the legislation of each country with policies that contribute to the area of accessibility for the web and mobile applications, taking the WCAG 2.1 as a guide. Besides, it is essential training and continuous updating on issues related to web accessibility guidelines, aimed at professionals in the area of information technology from the beginning of the race to raise awareness and improve programming attitudes.

Future work should continue to seek methods for analyzing the evolution of websites and improving heuristics. Also, as future work, we suggest researchers adapt this method for mobile applications. Ultimately, our research concluded that no website selected in the sample had reached an acceptable level of accessibility. Therefore, universities in Latin America and the most visited websites must make significant efforts to improve accessibility on websites.

Finally, we encourage website designers and creators to apply the guidelines set out in WCAG 2.0 and 2.1 as a starting point when developing accessible websites. In conclusion, websites should make significant efforts to improve accessibility and build more inclusive websites.

Índice general

| | |
|---|----------|
| Dedicatoria | I |
| Agradecimientos | III |
| Resumen | V |
| Abstract | XI |
| Índice de figuras | XIX |
| Índice de tablas | XXI |
| I SÍNTESIS | 1 |
| 1 Introducción | 3 |
| 1.1 Motivación | 3 |
| 1.2 Objetivos | 5 |
| 1.3 Método de trabajo | 6 |
| 1.4 Estructura de la tesis | 6 |
| 1.5 Convenciones de escritura | 7 |
| 2 Publicaciones | 9 |
| 2.1 Revistas | 9 |
| 2.2 Congresos | 11 |
| 2.3 Otros | 11 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 3 | Visibilidad | 13 |
| 3.1 | Perfiles académicos | 13 |
| 3.2 | Página personal | 14 |
| 3.3 | Perfil en Google Scholar | 17 |
| 3.4 | Perfil en ResearchGate | 17 |
| 3.5 | Reconocimientos | 17 |
| 4 | Descripción del trabajo realizado | 19 |
| 4.1 | Caracterización del problema | 19 |
| 4.2 | Recopilación del estado de la cuestión | 20 |
| 4.3 | Accesibilidad web | 20 |
| 4.3.1 | Herramientas de revisión automática | 21 |
| 4.4 | Métrica | 22 |
| 4.5 | Heurística | 23 |
| 4.6 | Método de Barrier Walkthrough (BW) | 23 |
| 4.7 | Método utilizado para la revisión sistemática de la literatura | 24 |
| 4.8 | Validación del nivel de accesibilidad | 28 |
| 4.9 | Identificación de requisitos de accesibilidad | 30 |
| 4.10 | Conjunto de datos | 31 |
| 4.10.1 | Análisis del conjunto de datos | 34 |
| 4.11 | Caso de estudio en universidades de Ecuador | 36 |
| 4.12 | Métodos de evaluación de accesibilidad | 37 |
| 4.13 | Método heurístico basado en Barrier Walkthrough (BW) | 38 |
| 4.13.1 | Método heurístico aplicado a los sitios web | 40 |
| 4.13.2 | Caso de estudio | 42 |
| 4.13.3 | Tipos de discapacidad | 49 |
| 4.13.4 | Discapacidad visual y baja visión | 50 |
| 4.13.5 | Tipos de baja visión | 50 |
| 4.13.6 | Glaucoma | 50 |
| 4.13.7 | Degeneración macular | 51 |
| 4.13.8 | Retinopatía diabética | 52 |
| 4.13.9 | Catarata | 52 |
| 4.13.10 | Herramientas para probar el contraste | 53 |
| II | TRABAJOS PUBLICADOS | 55 |
| 5 | Publicaciones | 57 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 6 | Challenges to Assess Accessibility in Higher Education Websites: A Comparative Study of Latin America Universities | 59 |
| 7 | A Heuristic Method to Evaluate Web Accessibility for Users With Low Vision | 63 |
| 8 | Evaluación de la Accesibilidad de las Páginas Web de las Universidades Ecuatorianas | 67 |
| 9 | Dataset for Evaluating the Accessibility of the Websites of Selected Latin American Universities | 71 |
| III | CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS | 75 |
| 10 | Conclusiones, aportes y trabajos futuros | 77 |
| 10.1 | Conclusiones | 77 |
| 10.2 | Aportes | 78 |
| 10.3 | Trabajos futuros | 79 |
| | APÉNDICES | 83 |
| A | Artículos de apoyo | 83 |
| B | Toward a Combined Method for Evaluation of Web Accessibility | 85 |
| C | Web Accessibility Policies of Higher Education Institutions | 89 |
| D | Accessibility of Portable Document Format in Education Repositories | 93 |
| E | Accesibilidad de Documentos PDF en Repositorios Educativos de Latinoamérica | 97 |
| F | Evaluation of the Web Accessibility of Higher-Education Websites | 101 |
| | Referencias | 105 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| 1.1 Comparación de accesibilidad web y Barrier Walkthrough en Google Trends | 5 |
| 3.1 Artículos en Scopus | 14 |
| 3.2 Artículos en Web of Science | 15 |
| 3.3 Artículos en DBLP | 15 |
| 3.4 Página personal | 16 |
| 3.5 Perfil en Google Scholar | 17 |
| 3.6 Perfil en ResearchGate | 18 |
| 3.7 Premio al mejor artículo en Ciencias de la Computación | 18 |
| 4.1 Evolución de la accesibilidad web | 20 |
| 4.2 Método PRISMA | 29 |
| 4.3 Fórmula para el cálculo de la muestra | 30 |
| 4.4 Método para evaluar sitios web | 31 |
| 4.5 Tamaños y tipos de columnas de datos | 34 |
| 4.6 Correlación para variables numéricas | 35 |
| 4.7 Izquierda: Las 50 mejores universidades del conjunto de datos. Derecha: Número de universidades en el conjunto de datos por país | 35 |
| 4.8 Diagrama de evaluación de sitios web | 37 |
| 4.9 Evaluación de la accesibilidad con un método heurístico | 43 |
| 4.10 Captura de pantalla de la herramienta UX Check | 47 |
| 4.11 Sitios web con análisis de severidades | 49 |
| 4.12 Glaucoma | 51 |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| 4.13 Imagen y texto de cómo ve una persona con glaucoma | 51 |
| 4.14 Imagen y texto de cómo ve una persona con degeneración macular | 52 |
| 4.15 Imagen y texto de cómo ve una persona con retinopatía diabética | 52 |
| 4.16 Imagen y texto de cómo ve una persona con cataratas | 53 |
| 4.17 Herramienta Color Palette Generator | 54 |
| 5.1 Línea de tiempo del compendio de publicaciones | 58 |



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| 2.1 Descripción de las revistas | 10 |
| 2.2 Descripción de los congresos | 12 |
| 3.1 Repositorios científicos | 14 |
| 3.2 Perfiles académicos | 16 |
| 4.1 Herramientas de revisión automática | 22 |
| 4.2 Subpreguntas de investigación | 25 |
| 4.3 Cadenas de búsqueda aplicadas en las bases de datos | 27 |
| 4.4 Descripción de las variables del conjunto de datos | 33 |
| 4.5 Escala y significado del impacto propuesto por Brajnik | 42 |
| 4.6 Datos para calcular el puntaje de severidad de las barreras con una modificación al método propuesto por Brajnik | 44 |
| 4.7 Barreras para usuarios con baja visión y principios de accesibilidad . . | 46 |
| 4.8 Número de barreras y persistencia | 48 |

Parte I

SÍNTESIS



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

1 Introducción

1.1. Motivación

En 1990 era un desafío pensar que el mundo evolucionaría aceleradamente con el apareamiento de la web. La *World Wide Web* nació el 6 de agosto de 1991 (Paz-Pérez, Tamez-González, Hernández-Paz, y Leyva-Cordero, 2018), el primer sitio web fue puesto en línea por el inventor Tim Berners-Lee. Este proyecto fue parte de *Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire* (CERN). Fueron muy pocas las personas privilegiadas que navegaban en el internet, como Berners-Lee científico del CERN. En 1993 fue una época crucial con el lanzamiento de *Mosaic* que fue el primer navegador web, que permitió la popularización de la web. En 1994, Berners-Lee creó el *World Wide Web Consortium* (W3C) (Gutiérrez, 2012) que es una comunidad internacional que desarrolla estándares que aseguran el crecimiento de la web.

Por otro lado, conocer cómo revolucionó la percepción de “Accesibilidad y Diseño para Todos” refleja la preocupación por las personas con discapacidad. Por el siglo XIX la discapacidad no fue considerada y prácticamente las personas con discapacidad eran ignoradas. Se pensaba que los orígenes de la discapacidad eran místicos por lo que un individuo con discapacidad no estaba en condiciones de contribuir con la sociedad.

En el 2006 con la Convención Internacional sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad (Naciones Unidas, 2006) se visualizó a la discapacidad desde otra óptica. En la actualidad, tendemos a un modelo social de la discapacidad, procedente primordialmente de emplear los derechos humanos.

La accesibilidad considera que los sitios web estén disponibles sin barreras para un alto número de individuos, independientemente de las capacidades personales, y particularidades técnicas de la tecnología utilizada para acceder a la web. Actualmente, contamos con las *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG) 2.1 (World Wide Web Consortium, 2018a) y con herramientas de revisión automática que no incluyen todos los lineamientos para resolver los problemas de accesibilidad que existen.

Motivo por el cual en esta investigación proponemos combinar las herramientas de revisión automática con un método manual como el heurístico basado en el método

1 Introducción

propuesto por *Barrier Walkthrough* (BW). Nuestra propuesta presenta un nuevo método con un rango de persistencia más amplio, que permite a los evaluadores tener una aproximación más realista de la severidad de una barrera de accesibilidad web. Suggerimos replicar este método para usuarios con otros tipos de discapacidad, teniendo en cuenta las diferentes barreras de accesibilidad. Sin embargo, el método manual lleva demasiado tiempo y, por lo tanto, es demasiado costoso para resolver las barreras de accesibilidad web.

La entidad encargada de regular los estándares de la web es el *World Wide Web Consortium* (W3C) (Song y otros, 2017; World Wide Web Consortium, 2015) el mismo que indica que la accesibilidad permite que el usuario pueda comprender, percibir, interactuar y contribuir en un sitio web (Acosta-Vargas, Luján-Mora, Acosta, y Salvador-Ullauri, 2018; Masri y Luján-Mora, 2011).

Desde otra perspectiva, la discapacidad se refiere a las condiciones basadas en los sentidos, físicos y cognitivos, que consiguen ser la consecuencia de circunstancias transitorias, enfermedad o problemas relacionados con la edad. En los países avanzados, como en Estados Unidos, la accesibilidad web es obligatoria para todos los sitios gubernamentales, los cuales están en la obligación de cumplir con las directrices establecidas en la Sección 508 (Adepoju y Shehu, 2014). Mientras que en Europa, especialmente en España, se utilizan las WCAG 2.0 y 2.1 (World Wide Web Consortium, 2008, 2018b).

La accesibilidad aplicada a la web consiste en desarrollar un diseño útil para facilitar el acceso a un mayor número de personas (Oliveira y Eler, 2017). Un sitio web con un nivel aceptable de accesibilidad tiene varias ventajas para los usuarios finales. El contenido de audio de un sitio web accesible deberá tener una alternativa visual para que una persona con problemas de audición reciba lo que el audio expresa aunque no pueda oírlo (Borg, Lantz, y Gulliksen, 2015). Asimismo, la accesibilidad web beneficia a las personas con problemas temporales de audición (Buehler, Easley, Poole, y Hurst, 2016), y con dificultades de discapacidad visual (Ismail y Kuppusamy, 2018).

La accesibilidad web también ayuda a las personas que visitan los sitios web con una conexión lenta en la que las imágenes no se descargan con rapidez, por lo que la alternativa textual es esencial para conocer el contenido de la imagen. La accesibilidad web contribuye a las empresas porque permite el aumento del posicionamiento en los principales buscadores (Santos, García, y Díaz, 2017), facilita la navegación y visualización en los diferentes dispositivos de consulta, además fortalece la imagen de compromiso y responsabilidad social (Kaur y Dani, 2014). Actualmente, es un gran reto desarrollar aplicaciones web accesibles por lo cual han surgido una variedad de métodos, técnicas y herramientas para abordar los problemas de accesibilidad web. Este tema ha sido abordado en investigaciones destinadas a estudiar y comparar el desarrollo web.

En esta investigación se partió de la siguiente interrogante: ¿Qué métodos de evaluación de la accesibilidad web han utilizado los investigadores para evaluar los sitios web, y cómo se utilizaron estos métodos? Previamente para identificar el estado de la cuestión de este tema definimos las cadenas de búsqueda que nos permiten encontrar el mayor número de tópicos relacionados con las métricas y heurísticas de accesibilidad web.

Para ello, se realizaron búsquedas en IEEE Xplore, ACM Digital Library, Scopus y Web of Science, aplicando criterios de extracción de datos mediante técnicas de sín-

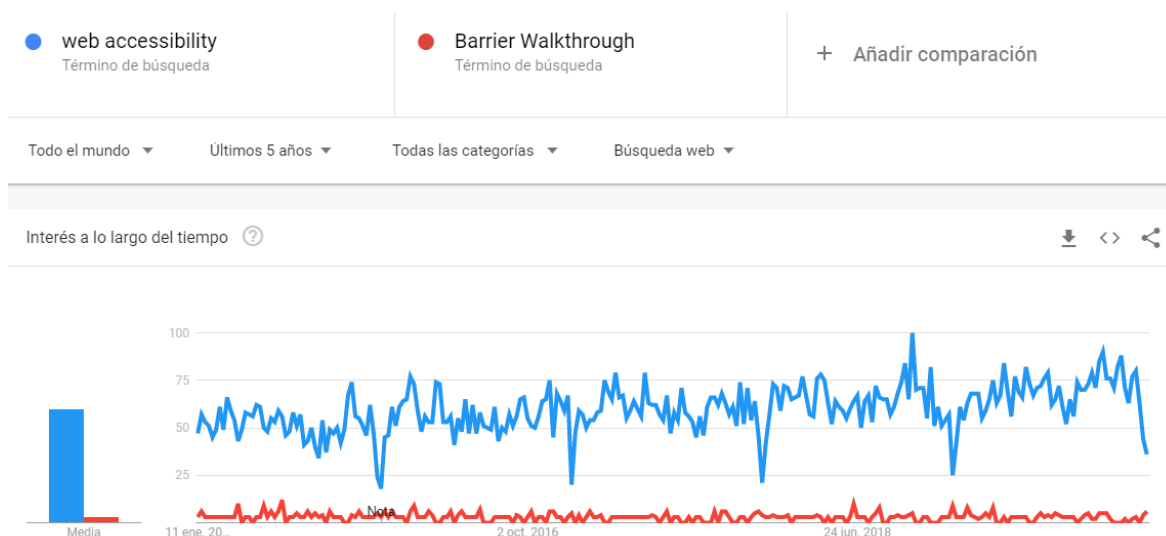


Figura 1.1: Comparación de accesibilidad web y Barrier Walkthrough en Google Trends

tesis para presentar la información requerida. El estudio de mapeo sistemático ayudó a revelar los problemas que son particularmente relevantes en los estudios de accesibilidad web, cómo se aplica la evaluación de la accesibilidad e identificar los métodos comúnmente utilizados.

De igual forma se investigó y se comparó la tendencia de la accesibilidad web con Barrier Walkthrough (BW) en Google Trends¹, la Figura 1.1 muestra que el tema de BW para accesibilidad web no es muy estudiado en los últimos cinco años. En esta investigación se identificó la existencia y el uso de métodos de evaluación de la accesibilidad web, entre ellos el método heurístico BW; además, se evaluó algunas herramientas de revisión automática utilizadas en la evaluación de la accesibilidad web.

Esta investigación reveló las etapas del proceso de desarrollo web en las cuales se aplica con alta frecuencia los métodos de evaluación de la accesibilidad web y cómo se integran en los procesos de desarrollo web. Finalmente, se concluyó que la accesibilidad web mejora la usabilidad en un nivel general.

1.2. Objetivos

El objetivo principal de esta tesis es desarrollar un proceso para evaluar la accesibilidad web con herramientas de revisión automática y aplicar un método heurístico para los usuarios con baja visión. A continuación se listan los objetivos específicos:

- O1. Caracterizar los problemas de accesibilidad web en las instituciones de educación superior.
- O2. Recopilar el estado de la cuestión en heurísticas y métricas para la accesibilidad web.

¹<https://trends.google.es/trends/>

1 Introducción

- O3. Identificar los requisitos de accesibilidad en sitios web, caso específico en universidades seleccionadas de Latinoamérica.
- O4. Evaluar el nivel de accesibilidad de los sitios web educativos de las instituciones de educación superior.
- O5. Proponer un nuevo método heurístico de evaluación de accesibilidad web para los usuarios con baja visión.

1.3. Método de trabajo

Para cumplir con el objetivo 1, 2 y el 3 se aplicó una combinación de las metodologías de *Preferred Reporting Items for Systematic Review* (PRISMA) (Moher, Liberati, Tetzlaff, y Altman, 2009; Urrútia y Bonfill, 2010) y de Kitchenham (Kitchenham, 2004; Kitchenham y otros, 2009) con los cuales se realizó una revisión sistemática de literatura sobre métricas y heurísticas de accesibilidad web.

Para el desarrollo del objetivo 4 se utilizaron algunas herramientas de revisión automática (Vigo, Brown, y Conway, 2013), siendo la más utilizada en esta investigación la herramienta WAVE². Además, se aplicó una modificación a la metodología Website Accessibility Conformance Evaluation Methodology (WCAG-EM) 1.0 (World Wide Web Consortium, 2014b).

Finalmente, el objetivo 5 se logró al aplicar con una modificación al método de Barrier Walkthrough propuesto por Brajnik (2006) considerando los lineamientos de la WCAG 2.1 (World Wide Web Consortium, 2018b).

1.4. Estructura de la tesis

Esta tesis se estructura en tres partes principales: (1) Síntesis, (2) Trabajos publicados y (3) Conclusiones. La primera sección contiene el resumen del trabajo realizado e incluye los siguientes capítulos:

Capítulo 1 Introducción, contiene: objetivos, método de trabajo, estructura de la tesis y convenciones de escritura.

Capítulo 2 Listado de publicaciones, contiene: publicaciones en revistas de alto impacto y algunos congresos que sirvieron de apoyo en esta investigación.

Capítulo 3 Visibilidad, contiene: perfiles académicos, página personal, perfil en Google Académico, perfil en ResearchGate y reconocimiento.

Capítulo 4 Descripción del trabajo realizado, contiene: la caracterización del problema de accesibilidad web en las instituciones de educación superior, el estado de la cuestión mediante la revisión de literatura con el método PRISMA, la evaluación del nivel de accesibilidad de los sitios web educativos, el estado de la cuestión

²<https://wave.webaim.org/>

relacionado con heurísticas y la propuesta de un nuevo método heurístico para los usuarios con baja visión.

La segunda parte contiene los trabajos publicados completos con el propósito de cumplir con los objetivos de la presentación de la tesis doctoral por compendio de artículos y abarca los siguientes capítulos:

Capítulo 5 Trabajos publicados, contiene las principales publicaciones de la investigación realizada durante los estudios de doctorado. Dos de las publicaciones son artículos de revistas clasificadas en *Journal Citation Report*, se encuentran en el primer cuartil (Q1). Una tercera publicación está indexada en *Latindex*, recibió el primer premio al mejor artículo en el área de Ciencias de la Computación. La cuarta publicación presentada está clasificada en *SCImago Journal Rank* en el primer cuartil (Q1).

Capítulo 6 Artículo “Challenges to Assess Accessibility in Higher Education Websites: A Comparative Study of Latin America Universities” publicado en la revista *IEEE Access* 2018, incluye la referencia, aporte y el texto completo.

Capítulo 7 Artículo “A Heuristic Method to Evaluate Web Accessibility for Users With Low Vision” publicado en la revista *IEEE Access* 2019, incluye la referencia, aporte y el texto completo.

Capítulo 8 Artículo “Evaluación de la accesibilidad de las páginas web de las universidades ecuatorianas” publicado en la revista *Congreso de Ciencia y Tecnología* 2016, incluye la referencia, aporte y el texto completo.

Capítulo 9 Artículo “Dataset for Evaluating the Accessibility of the Websites of Selected Latin American Universities” publicado en la revista *Data in Brief* 2019, incluye la referencia, aporte y el texto completo.

La tercera parte de esta tesis contiene el último capítulo:

Capítulo 10 Conclusiones, contiene las conclusiones, los aportes y los trabajos futuros.

Finalmente, se incluyen varios artículos relacionados que dan soporte a este trabajo de investigación que no fueron incluidos en el compendio con el fin de garantizar la unidad temática de los presentados, contiene:

Capítulo A Apéndice, contiene artículos de apoyo que no se incluyen en el compendio con el fin de garantizar la unidad temática de los presentados.

1.5. Convenciones de escritura

En esta tesis se utiliza el acrónimo WCAG 2.0 y 2.1 para referir a los estándares de la Web Content Accessibility Guidelines, además, se utiliza WCAG-EM 1.0 para Website Accessibility Conformance Evaluation Methodology. Al referir al método heurístico de recorrido de la barrera se usa BW que significa Barrier Walkthrough.

1 Introducció

Los acrónimos se construyen con las primeras letras del texto y se acompañan de la definición entre paréntesis la primera vez que aparecen en el texto. Por ejemplo Barrier Walkthrough (BW). Las citas se transcriben en el idioma original de la referencia de donde proceden.

Algunas de las figuras que se incluyen provienen de las publicaciones que conforman el compendio, motivo por el cual, dichas figuras se representan en inglés.

Las palabras de un idioma diferente al castellano que utilizo en algunos párrafos de texto se representan en letra cursiva. Por ejemplo, *Journal Citation Report*.

Debido al origen de la autora, cuando existen sinónimos se emplean los términos más utilizados en Sudamérica (Ecuador). Por ejemplo, computador por ordenador.

Para las cifras numéricas, como separador de miles utilizamos la coma y para los decimales el punto. Por ejemplo; 2,487.56 se lee dos mil cuatrocientos ochenta y siete con cincuenta y seis.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

2 Publicaciones

A lo largo del desarrollo de la presente tesis doctoral, y en relación con los resultados y aportaciones de la misma, se han realizado las siguientes publicaciones científicas:

Revistas Cuatro (Acosta-Vargas, Acosta, y Luján-Mora, 2018; Acosta-Vargas, González, y Luján-Mora, 2020; Acosta-Vargas, Luján-Mora, y Salvador-Ullauri, 2016a; Acosta-Vargas, Salvador-Ullauri, y Luján-Mora, 2019)

Congresos Cinco (Acosta-Vargas, Luján-Mora, y Acosta, 2017; Acosta-Vargas, Luján-Mora, Acosta, y Salvador, 2017; Acosta-Vargas, Luján-Mora, y otros, 2018; Acosta-Vargas, Luján-Mora, y Salvador-Ullauri, 2016b, 2017b)

Otros Tres (Acosta-Vargas, Acosta, y Luján-Mora, 2018; Acosta-Vargas, Luján-Mora, y Salvador-Ullauri, 2017a; Acosta-Vargas, Zalakeviciute, Luján-Mora, y Hernandez, 2019)

2.1. Revistas

Las revistas científicas donde se han publicado los artículos se detallan en la Tabla 2.1, se incluyen el identificador único, el nombre, el ISSN, el país, el factor de impacto *Journal Citation Report Impact Factor* (JCR IF), el ranking en la categoría de JCR y el factor de impacto *SCImago Journal Rank* (SJR). Todos los artículos publicados en revistas fueron sometidos a procesos de revisión ciega por pares, corresponden a:

1. “Challenges to Assess Accessibility in Higher Education Websites: A Comparative Study of Latin America Universities” (Acosta-Vargas, Acosta, y Luján-Mora, 2018). Este artículo fue publicado en la revista IEEE Access. En el capítulo 6 se detalla el contenido del artículo.
2. “A Heuristic Method to Evaluate Web Accessibility for Users With Low Vision” (Acosta-Vargas, Salvador-Ullauri, y Luján-Mora, 2019). Este artículo fue publicado en la revista IEEE Access. En el capítulo 7 se detalla el contenido del artículo.

2 Publicaciones

| Id. | Revista | JCR IF | SJR | Indexación |
|-----|--|------------|-----------|---|
| J1 | IEEE Access, Computer Science, ISSN: 21693536. Estados Unidos | 4.098 - Q1 | 0.61 - Q1 | IET Inspec, Ei Compendex, Scopus, EBSCOhost, Google Scholar, Directory of Open Access Journals (DOAJ) |
| J2 | IEEE Access, Computer Science, ISSN: 21693536. Estados Unidos | 4.098 - Q1 | 0.61 - Q1 | IET Inspec, Ei Compendex, Scopus, EBSCOhost, Google Scholar, Directory of Open Access Journals (DOAJ) |
| J3 | Revista Congreso de Ciencia y Tecnología, ISSN:13904663. Ecuador | - | - | Latindex |
| J4 | Data in Brief, ISSN:23523409. Países Bajos | - | 0.37 - Q1 | PubMed Central, PubMed /Medline, Scopus, Emerging Sources Citation Index (ESCI), Directory of Open Access Journals (DOAJ) |

Tabla 2.1: Descripción de las revistas

3. “Evaluación de la Accesibilidad de las Páginas Web de las Universidades Ecuatorianas” ([Acosta-Vargas y otros, 2016a](#)). El artículo se publicó en la Revista Congreso de Ciencia y Tecnología. En el capítulo 8 se detalla el contenido del artículo.
4. “Dataset for Evaluating the Accessibility of the Websites of Selected Latin American Universities” ([Acosta-Vargas y otros, 2020](#)). Este artículo se publicó en la revista Data in Brief. En el capítulo 9 se detalla el contenido del artículo.

2.2. Congresos

En las memorias de los congresos se publicaron los artículos que se detallan en la Tabla 2.2, se incluye el identificador único, nombre, indexación en Scopus o Web of Science, país, ciudad y fecha de realización del congreso. Todos los congresos fueron sometidos a procesos de revisión ciega por pares. Los artículos publicados en memorias en orden cronológico de publicación corresponden a:

1. “Toward a Combined Method for Evaluation of Web Accessibility” (Acosta-Vargas, Luján-Mora, y otros, 2018). Este artículo fue publicado en el congreso C1. Publicado en Springer e indexado en Scopus.
2. “Accessibility of Portable Document Format in Education Repositories”(Acosta-Vargas, Luján-Mora, y Acosta, 2017). Este artículo fue publicado en el congreso C2. Publicado por *Association for Computing Machinery*(ACM) e indexado en Scopus.
3. “Accesibilidad de Documentos PDF en Repositorios Educativos de Latinoamérica” (Acosta-Vargas, Luján-Mora, Acosta, y Salvador, 2017). Este artículo fue publicado en el congreso C3. Publicado en el Congreso Internacional de Aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicaciones Avanzadas (ATICA2017) indexado en las memorias del congreso.
4. “Web Accessibility Policies of Higher Education Institutions” (Acosta-Vargas, Luján-Mora, y Salvador-Ullauri, 2017b). Este artículo fue publicado en el congreso C4. Publicado por *Institute of Electrical and Electronics Engineers*(IEEE) e indexado en Scopus.
5. “Evaluation of the Web Accessibility of Higher-education Websites” (Acosta-Vargas y otros, 2016b). Este artículo fue publicado en el congreso C5. Publicado por *Institute of Electrical and Electronics Engineers*(IEEE) e indexado en Scopus.

2.3. Otros

En esta sección se listan otros trabajos relacionados con el tema de la accesibilidad web en el área de la salud y del gobierno. Además se incluye un trabajo relacionado con aplicaciones móviles en el área de calidad del aire, se presentan en orden cronológico de publicación:

1. “Accessibility Evaluation of Mobile Applications for Monitoring Air Quality” (Acosta-Vargas, Zalakeviciute, y otros, 2019). Publicado en Springer e indexado en Scopus.
2. “Framework for Accessibility Evaluation of Hospital Websites” (Acosta-Vargas, Acosta, y Luján-Mora, 2018). Publicado por *Institute of Electrical and Electronics Engineers*(IEEE) e indexado en Scopus.

2 Publicaciones

| ID | Congreso | País/Ciudad | Fechas |
|----|---|-------------------------|-------------------------------|
| C1 | International Conference on Information Technology Systems (ICITS 2018). Indexado en ISI, EI-Compendex, SCOPUS y DBLP. Proceedings by Springer en un libro de la serie AISC. | Ecuador/ Santa Elena | Enero 10-12, 2018 |
| C2 | 9th International Conference on Education Technology and Computers (ICETC 2017). Indexado en EI-Compendex, Scopus y publicado en ACM Digital Library. | España/ Barcelona | Diciembre 20 - 22, 2017 |
| C3 | V Conferencia Internacional sobre Aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicaciones para mejorar la Accesibilidad (ATICAcces 2017). Editorial: Universidad de Alcalá. Servici. ISBN: 978-84-16599-50-9 | Colombia/ Medellín | Octubre 25-27, 2017 |
| C4 | 16th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET 2017). Indexado en SCOPUS y publicada en IEEE Xplore Digital Library. | Macedonia/ Ohrid | Julio 10-12, 2017 |
| C5 | 15th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET 2016). Indexado en SCOPUS y publicada en IEEE Xplore Digital Library. | Turquía/ Estambul | Septiembre 8-10, 2016 |

Tabla 2.2: Descripción de los congresos

3. “Quality Evaluation of Government Websites” ([Acosta-Vargas, Luján-Mora, y Salvador-Ullauri, 2017a](#)). Publicado por *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) e indexado en Scopus.

3 Visibilidad

Durante la formación del doctorado, se recibieron cursos de actualización continua entre ellos para fomentar la visibilidad de la producción científica que permitan incrementar el impacto de los resultados en la comunidad científica. Por lo cual fue esencial la selección de revistas y congresos para la presentación y divulgación de los trabajos realizados, los repositorios científicos y los lugares de indexación, se detallan en la Tabla 3.1. Los artículos publicados están disponibles en varias bases de datos científicas entre ellas:

- Scopus muestra 34 artículos como se presenta en la Figura 3.1.
- WOS muestra 24 artículos como se presenta en la Figura 3.2.
- DBLP muestra 9 artículos como se presenta en la Figura 3.3.

A enero de 2020, se tiene una estadística de un total de 72 citas fuertes. En resumen, se cuentan con 72 citas en Scopus, 32 en WOS y 136 citas en Google Scholar.

3.1. Perfiles académicos

Generar ciencia no es suficiente, los conocimientos relativos a un área del conocimiento deben someterse a arbitraje por pares, discutirse e intercambiarse para que alcance un valor razonable. Motivo por el cual una parte esencial de la actividad científica es la difusión de los resultados, por un lado están las redes sociales o canales de comunicación más populares, como Facebook, LinkedIn, Twitter y YouTube.

Asimismo, se pueden emplear canales de comunicación específicos para la ciencia y la investigación. En consecuencia construir identidades digitales y difundirlas a partir de las redes sociales académicas y profesionales. Entre los principales sitios para crear un perfil académico están Academia.edu, Microsoft Academic Search, Google Scholar, Mendeley, ResearchGate, ResearchID, Scopus y ORCID. Se han creado los perfiles académicos que se detallan en la Tabla 3.2.

3 Visibilidad

| ID | Repositorio científico | Publicaciones principales | Otras publicaciones |
|-----|---------------------------------------|---------------------------|---------------------|
| RC1 | ACM | 2 | |
| RC2 | IEEE Xplore | 6 | 6 |
| RC3 | Springer | 3 | 16 |
| RC4 | Revistas científicas online | 2 | 1 |
| RC5 | Editoriales de libros | 1 | 2 |
| RC6 | Otros repositorios digitales-Mendeley | 6 | 8 |
| | Total | 20 | 33 |

Tabla 3.1: Repositorios científicos

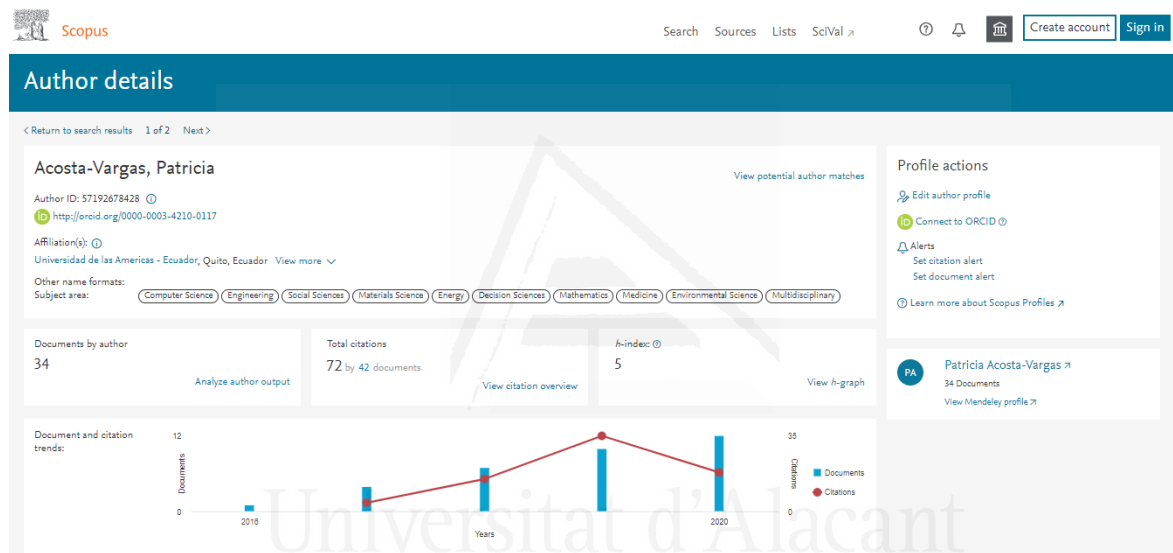


Figura 3.1: Artículos en Scopus

3.2. Página personal

La página personal de la investigadora es importante, permite difundir la información científica, esta página contiene la biografía de la autora, los proyectos de investigación en los cuales está involucrada, enlaces relacionados con temas de investigación, el contacto, la credencial de ResearchID, una lista de las publicaciones más actuales y las entradas recientes al sitio.

La Figura 3.4 presenta una captura de la página personal¹ que se ha actualizado de forma permanente con la información de la producción científica en orden cronológico.

¹<http://saccec.com/PatriciaAcosta/>

The screenshot shows the Web of Science interface. At the top, there are logos for the Spanish Government, the Ministry of Science, Innovation and Universities, and the Spanish Foundation for Science and Technology (FECYT). Below these are navigation links for 'Web of Science', 'InCites', 'Journal Citation Reports', 'Essential Science Indicators', 'EndNote', 'Publons', and 'Kopernio'. The main header includes 'Web of Science' and 'Clarivate Analytics'. The search bar contains 'Buscar' and 'Herramientas'. The results section shows 'Resultados: 24' and 'Buscó: AUTOR: (Acosta-Vargas P.)'. Two articles are listed:

- Application to Guide People with Visual Disability on Internal Buildings, Using Beacon Bluetooth Positioning Systems**
 Por: Lara-Alvarez, Patricio; Jadan-Guerrero, Janio; Guevara-Maldonado, Cesar; et ál.
 Conferencia: 10th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics / AHFE International Conferences on Usability and User Experience, and Human Factors and Assistive Technology Ubicación: Washington, DC Fecha: JUL 24-28, 2019
 ADVANCES IN USABILITY AND USER EXPERIENCE Colección: Advances in Intelligent Systems and Computing Volumen: 972 Páginas: 375-382 Fecha de publicación: 2020
 Ver abstract
- Design of a kinematic and emotional assessment module for the tele-rehabilitation platform**
 Por: Rybarczyk, Y; Leconte, L.; Perez Medina, J.L.; et ál.
 International Journal of Modeling and Optimization Volumen: 9 Número: 2 Páginas: 92-6 Fecha de publicación: April 2019
 Ver abstract

Figura 3.2: Artículos en Web of Science

The screenshot shows the DBLP profile page for Patricia Acosta-Vargas. The header includes the name 'Patricia Acosta-Vargas' and navigation links. The main content is a list of publications from 2010 to the present, organized by year. The publications are:

- 2019**
 - [3] Jorge Luis Pérez-Medina, Mario González, Henry Mauricio Pilco, Karina Beatriz Jimenes Vargas, Patricia Acosta-Vargas, Sandra Sanchez-Gordon, Tania Calle-Jimenez, Danilo Esparza, Yves Rybarczyk: **Usability Study of a Web-Based Platform for Home Motor Rehabilitation**. IEEE Access 7: 7932-7947 (2019)
 - [2] Patricia Acosta-Vargas, Luis Antonio Salvador-Ullauri, Sergio Luján-Mora: **A Heuristic Method to Evaluate Web Accessibility for Users With Low Vision**. IEEE Access 7: 125634-125648 (2019)
 - [5] Wilmar Hernandez, Alfredo Méndez, Francisco Ballesteros, Vicente González Posadas, José Luis Jiménez Martin, Hector Chinchero, Patricia Acosta-Vargas, Rasa Zalakeviciute: **A method to classify digital images by means of statistics of a wavelet decomposition**. ISIE 2019: 1669-1674
- 2018**
 - [1] Patricia Acosta-Vargas, Tania Acosta, Sergio Luján-Mora: **Challenges to Assess Accessibility in Higher Education Websites: A Comparative Study of Latin America Universities**. IEEE Access 6: 36500-36508 (2018)
- 2017**
 - [4] Patricia Acosta-Vargas, Sergio Luján-Mora, Tania Acosta: **Accessibility of Portable Document Format in Education Repositories**. ICETC 2017: 239-242
 - [3] Tania Acosta, Sergio Luján-Mora, Patricia Acosta-Vargas: **Method for Accessibility Assessment of Heading in Online Editors**. ICETC 2017: 243-247
 - [2] Patricia Acosta-Vargas, Sergio Luján-Mora, Luis Salvador-Ullauri: **Web accessibility polices of higher education institutions**. ITHET 2017: 1-7
- 2016**
 - [1] Patricia Acosta-Vargas, Sergio Luján-Mora, Luis Salvador-Ullauri: **Evaluation of the web accessibility of higher-education websites**. ITHET 2016: 1-6

On the right side, there is a 'Refine list' section with options to refine by search term, type (Journal Articles, Conference and Workshop Papers), coauthor, and venue (IEEE Access, ITHET, ICETC, ISIE).

Figura 3.3: Artículos en DBLP

| ID | Perfil académico | URL |
|----|------------------|---|
| P1 | ORCID | http://orcid.org/0000-0003-4210-0117 |
| P2 | Researcher ID | https://publons.com/researcher/1749813/patricia-acosta-vargas/ |
| P3 | Mendeley | https://www.mendeley.com/profiles/patricia-acosta-vargas/ |
| P4 | Scopus | https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57192678428 |
| P5 | Academia | http://investigacion.udla.edu.ec/udla_teams/patricia-acosta/ |
| P6 | ResearchGate | https://www.researchgate.net/profile/Patricia_Acosta-Vargas |
| P7 | Google Scholar | https://scholar.google.com/citations?hl=es&user=16_omfwAAAAJ |

Tabla 3.2: Perfiles académicos

PATRICIA ACOSTA-VARGAS
ACCESIBILIDAD WEB/INNOVACIÓN/BIG DATA

BIOGRAFÍA INVESTIGACIÓN CURRICULUM CONTACTO APUNTES

Biografía

Seleccionar idioma

CONTACTO

E-mail: acostanp@gmail.com
 ResearcherID: J-9708-2017
 Orcid: <http://orcid.org/0000-0003-4210-0117>
 Scopus Author ID: 57192678428
 WhatsApp: 0983550897

CREDENCIAL

Web of Science ResearcherID
 Click here to see my profile

ENTRADAS RECIENTES

Herramientas de revisión automática de la accesibilidad web
 Start tool
 Guía EndNote
 Gestores bibliográficos
 BUSCAR EN IEEE XPLORÉ

META

PUBLICACIONES * 2019**

Acosta-Vargas P., Salvador-Ullauri L., Luján-Mora S., «A Heuristic Method to Evaluate Web Accessibility for Users With Low Vision». IEEE access 7, 125634-125648. 2019

Figura 3.4: Página personal

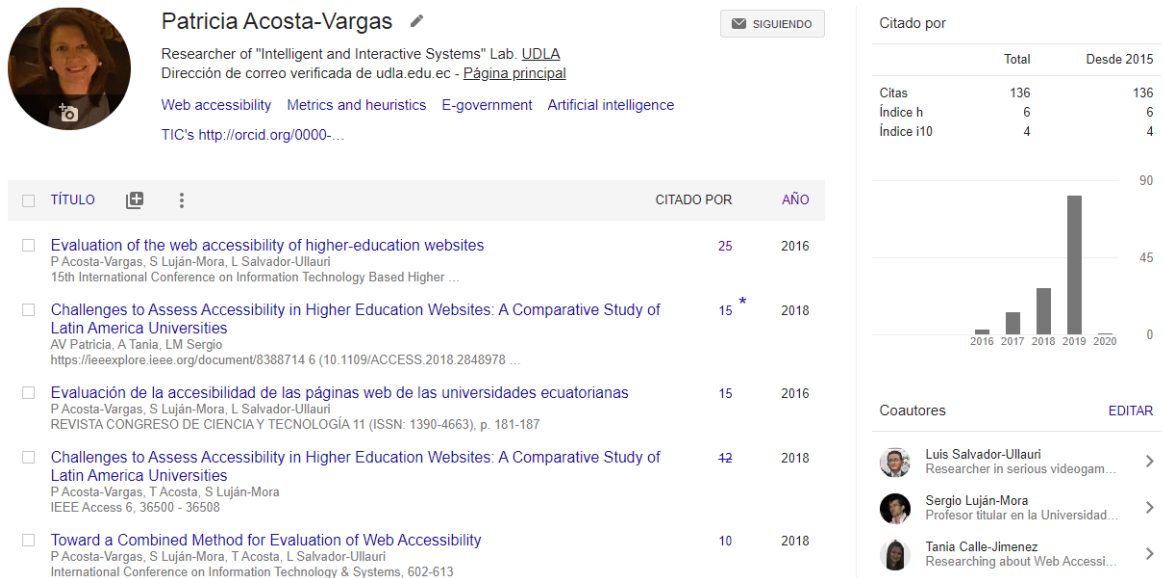


Figura 3.5: Perfil en Google Scholar

3.3. Perfil en Google Scholar

El perfil en Google Scholar aporta mucha visibilidad debido a que Google es el principal motor de búsqueda en Internet; suministra estadísticas actualizadas al buscar de forma automática las citas, entre ellas el índice H; permite evidenciar quién cita nuestros artículos y las áreas en las que se logra mayor impacto.

La Figura 3.5 presenta una captura de la página de Google Scholar en donde se presenta el número de las citas alcanzadas y los respectivos índices.

3.4. Perfil en ResearchGate

ResearchGate es una red social científica para investigadores cuya misión es conectar a científicos y proporcionar el acceso a las publicaciones. Al divulgar el conocimiento y la experiencia el investigador gana visibilidad. Asimismo logra interactuar, compartir y colaborar con diferentes investigadores. La Figura 3.6 presenta una captura del perfil en ResearchGate en donde se presenta la puntuación alcanzada.

3.5. Reconocimientos

El 24 de junio de 2016, el artículo "Evaluación de la Accesibilidad de las Páginas Web de las Universidades Ecuatorianas" publicado en la revista Congreso de Ciencia y Tecnología, recibió el premio al mejor artículo científico en el área de las Ciencias de la Computación del XI Congreso de Ciencia y Tecnología, como se presenta en la Figura 3.7.

3 Visibilidad

The image shows a ResearchGate profile for Patricia Acosta-Vargas. At the top left is a circular profile picture. To its right, the name "Patricia Acosta-Vargas" is displayed, followed by a list of affiliations: "12.48 · Researcher of "Intelligent & Interactive Systems Lab." UDLA" and a URL "http://saccec.com/PatriciaAcosta/publicaciones-2/ · Edit". A blue button labeled "Add new research" with a plus icon is on the right. Below the name are navigation tabs: "Overview", "Research", "Info", "Stats", "Scores", and "Research you follow". The main content area is divided into two columns. The left column has a section titled "Introduction" with an "Edit" icon. The text describes her Ph.D. studies at the University of Alicante, her role as a Certified Researcher by SENESCYT, and her involvement in various research projects and publications. Below this is a "Skills and expertise (13)" section with an "Edit" icon, listing skills like "ICT in Education", "Usability", "Heuristics", and "Human-Computer Interaction". The right column has a "Current affiliation" section with an "Edit" icon, listing "Universidad de Las Américas" in Quito, Ecuador, as a Researcher in the Intelligent & Interactive Systems Lab. There is also a button to "Add missing details about your affiliation".

Figura 3.6: Perfil en ResearchGate

The image is a certificate from the XI Congreso de Ciencia y Tecnología ESPE - 2016, organized by the Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. The certificate is awarded to Patricia Acosta Vargas for the "MEJOR ARTÍCULO CIENTÍFICO" in the field of "CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN". The award was presented at the congress held from June 20 to 24, 2016. The certificate is signed by Roque Moreira Cadenador, Rector of the ESPE, on June 24, 2016, in Sangolquí. The certificate includes the ESPE logo, the text "UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA", and the slogan "Confíere el presente". At the bottom, it mentions registration in the book of certificates of the U.E.C. and the ESPE-Innovativa E.P. with the number S&C-15-03.

Figura 3.7: Premio al mejor artículo en Ciencias de la Computación

4 Descripción del trabajo realizado

I wish for a world that views disability, mental or physical, not as a hindrance but as unique attributes that can be seen as powerful assets if given the right opportunities.
Oliver Sacks (*Western Washington University, 2019*)

4.1. Caracterización del problema

Los siete principios de diseño universal fueron desarrollados en 1997 ([National Disability Authority, 2014](#)) por un grupo de trabajo de arquitectos, diseñadores de productos, ingenieros e investigadores de diseño ambiental, con el propósito de guiar el diseño de ambientes, productos y comunicaciones. Se desarrolló el interés por el concepto de “Diseño Universal” o “Diseño para Todos” ([Alonso López y A. Roca Parés, 2002](#); [Preiser y Smith, 2011](#)) que proponen integrar siete principios que resumen la filosofía del diseño en el área industrial para mejorar el acceso del mayor número de personas. Estos Principios generales del diseño, son aplicables en la arquitectura, la ingeniería y, por supuesto, en las páginas y aplicaciones Web, los principios se refieren a:

1. **Uso equiparable**, consiste en que el diseño sea útil y comercial para personas independiente de su capacidad.
2. **Uso flexible**, es decir que incluya una extensa categoría de preferencias y habilidades individuales.
3. **Uso simple e intuitivo**, es decir que sea fácil de comprender, sin importar la experiencia del usuario, los conocimientos, las habilidades en el lenguaje o el nivel de concentración en el momento del uso.
4. **Información perceptible**, se refiere a que el diseño logre comunicar la información con eficacia sin importar las condiciones del ambiente o capacidades sensoriales del mismo.

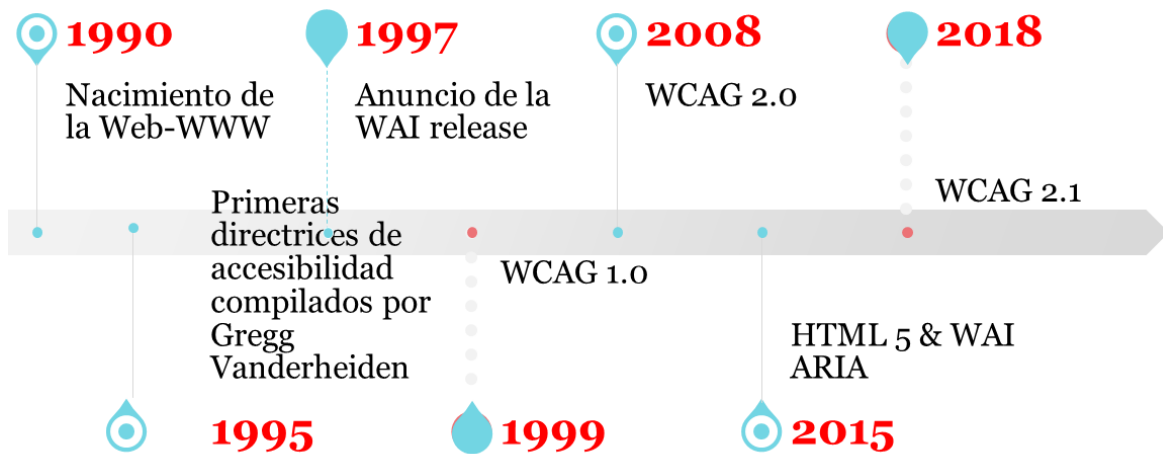


Figura 4.1: Evolución de la accesibilidad web

5. **Tolerancia al error**, es decir debe lograr minimizar los riesgos y consecuencias adversas de acciones involuntarias o accidentales.
6. **Bajo esfuerzo físico**, consiste en que el diseño alcance a ser usado eficiente y cómodamente con el mínimo esfuerzo.
7. **Tamaño y espacio para el acceso y el uso**, representa el espacio y el tamaño adecuado para el acceso, el alcance, la manipulación y el uso sin interesar el tamaño del cuerpo de la persona, la postura y la movilidad.

Los conceptos de accesibilidad a través de la historia se han asociado a individuos con discapacidad mientras que las barreras de accesibilidad se relacionan las barreras arquitectónicas fundamentalmente, haciendo notorio que solo beneficia un a grupo reducido de personas. En la Figura 4.1 se observa la evolución de la accesibilidad web desde 1990.

4.2. Recopilación del estado de la cuestión

La WCAG 2.1 ([World Wide Web Consortium, 2018a](#)) definen cómo hacer que el contenido del sitio web sea más accesible para las personas con discapacidades. La accesibilidad incluye discapacidades visuales, auditivas, físicas, del habla, cognitivas, del lenguaje, del aprendizaje y neurológicas. Estas directrices también ayudan a facilitar el acceso a los contenidos web a las personas mayores con capacidades cambiantes debidas al envejecimiento y, a menudo, facilitan la interacción con la web a todos los usuarios.

4.3. Accesibilidad web

La accesibilidad puede definirse como la facilidad de acceso a la información de un sitio web, sin ninguna limitación por motivos de discapacidad. El W3C, organismo en-

cargado de regular los estándares de la web, en la WAI da una definición más funcional; la accesibilidad significa que las personas con discapacidad pueden percibir, comprender, navegar, interactuar y contribuir a un sitio web. Mientras que la discapacidad se refiere a las limitaciones sensoriales, físicas y cognitivas, que pueden ser el resultado de situaciones temporales, enfermedad o edad.

En los países desarrollados, como Estados Unidos, la accesibilidad es obligatoria para todos los sitios web gubernamentales, que deben cumplir con las directrices establecidas en la Sección 508 (Adepoju y Shehu, 2014). Mientras que en Europa, especialmente en España, se aplican las WCAG 2.1 (World Wide Web Consortium, 2018a).

La accesibilidad aplicada a la web consiste en desarrollar un diseño útil para facilitar el acceso a un mayor número de personas (Oliveira y Eler, 2017). La accesibilidad tiene varias ventajas para los usuarios finales. El contenido de audio de un sitio web accesible tendrá una alternativa visual para que esta persona reciba lo que el audio expresa aunque no pueda oírlo (Borg y otros, 2015).

La accesibilidad web también beneficia a una persona con problemas temporales de audición (Buehler y otros, 2016), por ejemplo, una persona que navega en un lugar muy ruidoso o en un lugar muy tranquilo. La accesibilidad web beneficia a una persona con discapacidad visual (Ismail y Kuppusamy, 2018). De tal forma que las imágenes de una página web accesible tendrán una alternativa textual para que esta persona conozca lo que contiene la imagen aunque no pueda verla (Hassouna, Sahari, y Ismail, 2017).

4.3.1. Herramientas de revisión automática

Una herramienta de revisión automática de la accesibilidad no puede saber si una alternativa de texto es adecuada para una imagen. La herramienta puede determinar si el texto alternativo está asociado a una imagen, pero no puede juzgar si ese texto es correcto sin interpretar el contenido de la imagen. Existen varias herramientas disponibles que ayudan a en las evaluaciones de los sitios web (Wille, Dumke, y Wille, 2017); por lo tanto, se evaluó las herramientas usadas con mayor frecuencia para verificar el éxito de cumplimiento de las WCAG 2.1. Aunque las herramientas ayudan durante el proceso de evaluación de accesibilidad en un sitio web, los usuarios deben comprender que estas herramientas están lejos de ser infalibles y tienen limitaciones que pueden resultar en falsos positivos. Entre las herramientas disponibles para analizar la accesibilidad web son AccessMonitor, AChecker, eXaminator, TAW, Tenon, WAVE y Web Accessibility Checker. La evaluación de la herramienta depende de la experiencia de los evaluadores así como de los juicios personales de los revisores.

Los niveles de conformidad comprobados fueron los niveles A, AA y AAA (Vigo y otros, 2013), en este estudio se utilizó una escala de 1 a 100, donde 1 es el valor más bajo y 100 es el más alto. La Tabla 4.1 contiene el número de identificación, el nombre de la herramienta, el nivel (A, AA o AAA) y el nivel de puntuación porcentual, el tiempo de respuesta, el tipo de licencia, los reportes que genera la herramienta, el componente plugin de Chrome.

Para calcular el tiempo de carga requerido por una página web, cada herramienta fue probada contra el mismo sitio web. Para los tiempos entre 1 y 25 segundos, se otorgaron 100 puntos, que se considera excelente. De 26 a 50 segundos, 75 puntos; lo

4 Descripción del trabajo realizado

| Herramienta | AAA | % Nivel | Tiempo | Licencia | Reporte | Plugin Chrome | % adicional | % Promedio |
|---------------------------|-----------|--------------|--------------|--------------|-----------------|---------------|-------------|-------------|
| Access Monitor | Si | 100.0 | Excelente | Libre | Texto | No | 75.0 | 87.5 |
| AChecker | No | 66.7 | Excelente | Libre | Texto | Si | 87.5 | 77.1 |
| eXaminator | Si | 100.0 | Excelente | Libre | Texto | No | 75.0 | 87.5 |
| TAW | Si | 100.0 | Muy bien | Libre | Texto | No | 68.8 | 84.4 |
| Tenon | Si | 100.0 | Muy bien | Pago | Visual Texto | Si | 75.0 | 87.5 |
| WAVE | Si | 100.0 | Bueno | Libre | Visual | Si | 81.3 | 90.6 |
| Web Accessibility Checker | No | 66.7 | Regular | Registro | Texto | Si | 56.3 | 61.5 |

Tabla 4.1: Herramientas de revisión automática

que significa que el sitio es muy bueno. De 51 o más segundos se asignó 50 puntos que indican que es bueno. Cuando la prueba no fue posible, se otorgaron 25 puntos, lo que significa que el sitio es regular. El tiempo depende en cierta medida del juicio del usuario y de la calidad del servicio de internet para cada solicitud. Al analizar los tipos de licencia, se asignaron 100 puntos a las herramientas gratuitas, 50 puntos a las que requieren una cuenta, y 25 puntos por herramientas comerciales o de pago. En cuanto a los informes, se asignaron 100 puntos a las herramientas que generan informes visuales y en formato de valores separados por comas, 75 puntos a las herramientas que proporcionan informes visuales y 50 puntos a las herramientas que proporcionan informes textuales. Por último, se asignaron 100 puntos a las herramientas que incluyen el componente plugin de Chrome y 50 a las que no tienen esa característica. El análisis mostró que la herramienta con el porcentaje más alto es WAVE (90.6 %), seguido de AccessMonitor, eXaminator y Tenon (87.5 %), TAW (84.4 %), AChecker (77.1 %), y Web Accessibility Checker (61.5 %). Por el análisis realizado en esta investigación se utilizó la herramienta WAVE con el componente plugin para Chrome.

4.4. Métrica

De acuerdo con [Song y otros \(2018\)](#) explicaron que las métricas de accesibilidad web pueden medir los niveles de accesibilidad de los sitios web. Aunque se han propuesto muchas métricas con diferentes motivaciones, las métricas actuales son limitadas en su aplicabilidad a la hora de considerar la experiencia del usuario. Sin embargo, la validez y fiabilidad de la mayoría de estas métricas son desconocidas, por lo que su uso introduce riesgos, como confiar en clasificaciones confusas o inexactas.

Las evaluaciones de accesibilidad web ([Mirri, Salomoni, Muratori, y Battistelli, 2012](#)) se realizan normalmente mediante herramientas de revisión automática y evaluaciones manuales. Las métricas sobre accesibilidad se dedican a cuantificar el nivel de accesibilidad, proporcionando una síntesis numérica a partir de dichas evaluaciones.

El W3C definió y exploró las principales cualidades que la accesibilidad del sitio web debe tener en cuenta, entre ellas la validez, fiabilidad, sensibilidad, adecuación y complejidad ([World Wide Web Consortium, 2014a](#)).

Las métricas de accesibilidad web más aceptadas y utilizadas son las cualitativas propuestas por la WAI en las WCAG 1.0. Como se mencionó anteriormente, estas métricas asignan un valor de 0, A, AA o AAA dependiendo del cumplimiento de las WCAG 1.0 (Arrue y Vigo, 2007).

Se prefieren los métodos automáticos porque son más rápidos y menos costosos, pero también mucho más limitados porque sólo pueden revisar un pequeño número de técnicas, lejos del número necesario para evaluar el cumplimiento de las páginas (Kamal, Alsmadi, Wahsheh, y Al-Kabi, 2016).

Otro problema reconocido con las herramientas de revisión automática es que pueden generar falsos positivos o falsos negativos, es decir, indicar que no hay errores donde existen o detectar problemas inexistentes.

Desde otro punto de vista, las herramientas de revisión automática de la accesibilidad web son un método rápido y oportuno, pero para conocer el grado de cumplimiento real de las recomendaciones de diseño, es necesario complementarlo con el juicio personal de un experto. Se requiere una propuesta metodológica que combine técnicas manuales y automáticas para evaluar y dar crédito al nivel de accesibilidad de las plataformas web. Esta métrica debe ser exhaustiva, ya que debe introducir las directrices establecidas en las WCAG 2.0 de forma precisa e inequívoca (Zhang y otros, 2015).

4.5. Heurística

Una heurística es un proceso de adquisición de conocimientos mediante conjeturas inteligentes en lugar de seguir alguna fórmula preestablecida para proporcionar una propuesta de adaptación metodológica para el desarrollo de sitios web accesibles e inclusivos (Hassan y Martín, 2004). Igualmente, se propone aplicar la heurística de accesibilidad web (Paddison y Englefield, 2003) y las métricas en la evaluación de los sitios web. La revisión heurística experta es el único método para evaluar el nivel de cumplimiento de las páginas web con las WCAG.

Se proponen páginas y no sitios web porque este método es tan costoso que sólo se puede aplicar a un pequeño grupo de páginas en cada sitio. Las evaluaciones heurísticas toman mucho tiempo porque deben ser completas y exhaustivas para ser válidas.

Es esencial considerar que no se trata sólo de hacer una revisión, sino que, tras la primera evaluación, el trabajo debe repetirse cuando se consideren correctos los errores previamente detectados. Adicionalmente, las revisiones deben repetirse regularmente para garantizar que las páginas no pierdan su accesibilidad cuando se actualicen.

4.6. Método de Barrier Walkthrough (BW)

El método de Barrier Walkthrough (BW) fue introducido por Brajnik (2006) como una técnica analítica basada en el recorrido heurístico propuesto por Sears (1997). Un evaluador tiene que considerar una serie de posibles barreras predefinidas que son interpretaciones y extensiones de principios de accesibilidad bien conocidos; se evalúan en un contexto para poder deducir conclusiones apropiadas sobre la efectividad, productividad, satisfacción y seguridad del usuario y obtener puntuaciones de severidad.

4 Descripción del trabajo realizado

Para el método BW, el contexto comprende categorías de usuarios (usuarios con baja visión), escenarios de uso del sitio web (uso de un lector de pantalla), y objetivos del usuario (correspondientes a casos de uso). Una barrera de accesibilidad es cualquier condición que dificulta a las personas alcanzar una meta cuando utilizan el sitio web en el contexto especificado.

Una barrera puede describirse en términos de: (1) la categoría de usuario implicada; (2) el tipo de tecnología de asistencia que se utiliza; (3) la meta que se está impidiendo; (4) las características de las páginas que genera la barrera; (5) otros efectos de la barrera sobre las funciones (Brajnik, Yesilada, y Harper, 2011).

4.7. Método utilizado para la revisión sistemática de la literatura

Una revisión sistemática de la literatura es un medio para identificar, evaluar e interpretar cualquier investigación disponible que sea relevante para una pregunta de investigación, un área temática o un fenómeno de interés. Los estudios individuales que contribuyen a una revisión sistemática se denominan estudios primarios; una revisión sistemática es una forma de estudio secundario (Kitchenham, 2004). Existen muchas razones para una revisión sistemática, las razones más comunes son:

1. Resumir la evidencia existente sobre un tratamiento o tecnología, en este tema se exploró los estudios relacionados con accesibilidad web en sitios educativos.
2. Identificar cualquier laguna en la investigación actual para sugerir áreas de estudio para el futuro, motivo por el cual se enfocó en un método heurístico.
3. Proporcionar una base para posicionar adecuadamente las nuevas actividades de investigación, en este caso se orientó hacia la evaluación de la accesibilidad con métodos combinados.

Las revisiones sistemáticas requieren un esfuerzo considerablemente mayor que las revisiones tradicionales. La principal ventaja es que proporcionan información sobre una amplia gama de entornos y métodos empíricos. Si los estudios dan resultados consistentes, las revisiones sistemáticas proporcionan evidencia de que el fenómeno es robusto y transferible.

En nuestra investigación examinamos el uso actual de los sitios web desde el punto de vista de la siguiente pregunta de investigación: ¿Qué métodos de evaluación de la accesibilidad han sido utilizados por los investigadores para evaluar la accesibilidad web, y cómo funcionan estos métodos? Las subpreguntas de investigación y la motivación se resumen en la Tabla 4.2.

El estado de la cuestión se ha convertido en una actividad permanente desde el inicio de este trabajo de investigación, producto del cual se tienen varias investigaciones relacionadas con la accesibilidad en especial con la accesibilidad web y se han realizado varias pruebas y experimentos compartidos en los conjuntos de datos de Mendeley¹.

¹<https://data.mendeley.com/drafts/>

4.7 Método utilizado para la revisión sistemática de la literatura

| Subpreguntas de investigación | Motivación |
|---|---|
| P1. ¿Qué métodos de evaluación se utilizan para evaluar la accesibilidad web? | Identificar la existencia y uso de métodos de evaluación de la accesibilidad web. |
| P2. ¿Qué tipos de métodos automáticos se utilizan para evaluar la accesibilidad web? | Conocer cuáles son los tipos de evaluación automática más utilizados en la evaluación de la accesibilidad web. |
| P3. ¿Qué tipo de heurística se utiliza más para evaluar la accesibilidad web? | Conocer el grado de heurística que presentan los métodos de evaluación de la accesibilidad web, y qué aspectos de la accesibilidad se suelen evaluar en evaluaciones manuales. |
| P4. ¿En qué fase del desarrollo web se aplicaron los métodos de evaluación de la accesibilidad web? | Descubrir en qué etapas del proceso de desarrollo web se aplican con mayor frecuencia los métodos de evaluación de la accesibilidad web y cómo se integran los métodos de evaluación de la accesibilidad web en los procesos de desarrollo web. |
| P5. ¿Qué comentarios proporcionan los métodos de evaluación de la accesibilidad web? | Descubrir si los métodos de evaluación de la accesibilidad web proporcionan recomendaciones y orientación a los desarrolladores web para superar los problemas de accesibilidad o si sólo proporcionan una lista de problemas de accesibilidad. |
| P6. ¿Qué métodos empíricos de evaluación de la accesibilidad web han sido validados? | Descubrir si los métodos de evaluación de la accesibilidad web propuestos en la literatura existente fueron validados a través de estudios empíricos. |

Tabla 4.2: Subpreguntas de investigación

Adicionalmente, se realizó una revisión de literatura para identificar estudios primarios que contribuyan como soporte de esta investigación.

Para conocer los trabajos que se han realizado sobre métricas y heurísticas de accesibilidad web, se inició con la revisión de la literatura en varias bases de datos científicas relacionadas con el campo informático como:

ACM DL: Es una biblioteca digital con una colección de artículos de texto completo y registros bibliográficos existentes que abarcan los campos de la informática.

SCOPUS: Es la mayor base de datos para resúmenes y referencias bibliográficas de literatura científica revisada por pares.

Web of Science (WOS): Es una base de datos multidisciplinar de referencias bibliográficas que proporciona acceso a las colecciones electrónicas de *Clarivate*

4 Descripción del trabajo realizado

| Base de datos | Cadena de búsqueda | Número de estudios |
|--------------------------|---|--------------------|
| ACM Digital Library | acmdlTitle:(+web +accessibility) AND recordAbstract:(metric heuristic assessment) AND keywords. author.keyword:(metrics heuristics assessment) | 29 |
| IEEE Xplore | ((("Document Title":web* access*) AND ((("Document Title":metric OR "Document Title":metrics OR "Document Title":heuristic OR "Document Title":heuristics OR "Document Title":assessment) OR ("Abstract":metric* OR "Abstract":heuristic* OR "Abstract":assess*) OR ("Author Keywords":metric OR "Author Keywords":metrics OR "Author Keywords":heuristic OR "Author Keywords":heuristics OR "Author Keywords":assessment OR "Author Keywords":accessibility)))) | 91 |
| Scopus | TITLE (web* AND accessib*) AND TITLE-ABS-KEY (metric* OR heuristic* OR assess*) | 272 |
| Web of Science | TI: (web* AND accessib*) AND TS: (metric* OR heuristic* OR assess*) | 62 |
| Número total de estudios | | 454 |

Tabla 4.3: Cadenas de búsqueda aplicadas en las bases de datos

Analytics y que permite la búsqueda conjunta en todas las bases de datos. Facilita el acceso a un conjunto de bases de datos en las que aparecen citas de artículos de revistas científicas, libros y otros tipos de material impreso que contienen la mayor parte de los campos del conocimiento científico.

IEEE Xplore: Es una librería digital que permite el acceso a contenido científico y técnico publicado por el *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE).

Para realizar la búsqueda en las bases de datos de *Association for Computing Machinery* (ACM) Digital Library, IEEE Xplore, Scopus, y Web of Science utilizamos cadenas de búsqueda que se detalla en la Tabla 4.3, contienen las palabras claves que representan el dominio de evaluación de la accesibilidad web.

En la cadena de búsqueda usamos los operadores booleanos **OR** y **AND** para unir términos y sinónimos alternativos en cada cadena. La búsqueda se realizó aplicando la cadena a los metadatos que incluye el título, el resumen y las palabras clave de cada artículo para cada fuente consultada. Para lograr una búsqueda consistente aplicamos los mismos parámetros de búsqueda en cada base de datos. El período para la revisión de la literatura incluyó estudios publicados entre el año 2000 y el año 2019.

Con las cadenas de búsqueda se seleccionaron los estudios primarios, cada estudio recuperado de la búsqueda fue evaluado por el autor para su inclusión, al analizar el título, el resumen y las palabras clave. Se incluyeron los estudios que cumplieron

4.7 Método utilizado para la revisión sistemática de la literatura

los siguientes criterios: (1) estudios que presentan métricas de accesibilidad y tipos de métricas, (2) estudios relacionados con evaluaciones de accesibilidad web y (3) artículos sobre métodos de evaluación heurística de accesibilidad web.

Mientras que en los criterios de exclusión se consideraron los estudios con los siguientes criterios: (1) artículos que no se centran en el área de estudio, (2) artículos relacionados con el tema de usabilidad, (3) artículos duplicados del mismo estudio de diferentes fuentes y (4) artículos escritos en idioma diferente al inglés.

En la extracción de artículos se seleccionaron aquellos que cumplieran los criterios de métrica o heurística. Dentro de las métricas, se consideraron a los usuarios con discapacidad visual; *Web Accessibility Barrier* (WAB); *Unified Web Evaluation Methodology* (UWEM); *Web Accessibility Quality Metric* (WAQM). Con respecto a la heurística, consideramos si es un método combinado, si se aplicó con usuarios, si se validó y si es un tipo de BW.

En la revisión de literatura aplicamos el método PRISMA que incluye una lista de verificación con la preparación de protocolos de revisión sistemática y metaanálisis (Moher y otros, 2009) que permiten resumir los datos agregados de los estudios. El objetivo del método PRISMA es mejorar la calidad de los protocolos de revisión sistemática, de manera similar al impacto logrado por otras directrices de presentación de informes.

PRISMA también tiene el potencial de mejorar el desempeño de las revisiones sistemáticas, tal como se sugiere en otras directrices para la presentación de informes. Las revisiones sistemáticas y los metaanálisis son esenciales para informar sobre los avances conceptuales, metodológicos y prácticos. La declaración PRISMA consiste en una lista de verificación de 27 ítems y un diagrama de flujo de cuatro fases, la lista de verificación incluye elementos que se consideran esenciales para la transparencia en la presentación sistemática de informes de revisión. Adicionalmente, se procesó la información con la herramienta *State of the Art through Systematic Review* (StArt) del *Laboratory of Research on Software Engineering* (LAPES) versión 2.3.4.2².

El software de Start LAPES permitió realizar de una forma más ágil la revisión sistemática de la literatura con el método PRISMA, la Figura 4.2 muestra el método PRISMA que incluyen (1) identificación de los artículos en las bases de datos; (2) revisión que comprende los registros duplicados, examinados y excluidos; (3) elegibilidad contiene los artículos completos para la revisión, finalmente (4) incluido que contiene los artículos incluidos en la síntesis cuantitativa de métricas y heurísticas que se realizó en este estudio. Al aplicar el método PRISMA se obtuvo 454 artículos de las bases de datos, luego del proceso aplicado se encontraron 29 estudios relacionados con el tema de métricas especialmente con el metaanálisis, y únicamente siete estudios relacionados con heurísticas de accesibilidad web. El resultado de la revisión sistemática de literatura deja abierto nuevos retos para seguir investigando sobre los métodos heurísticos de accesibilidad web.

²http://lapes.dc.ufscar.br/tools/start_tool

4 Descripción del trabajo realizado

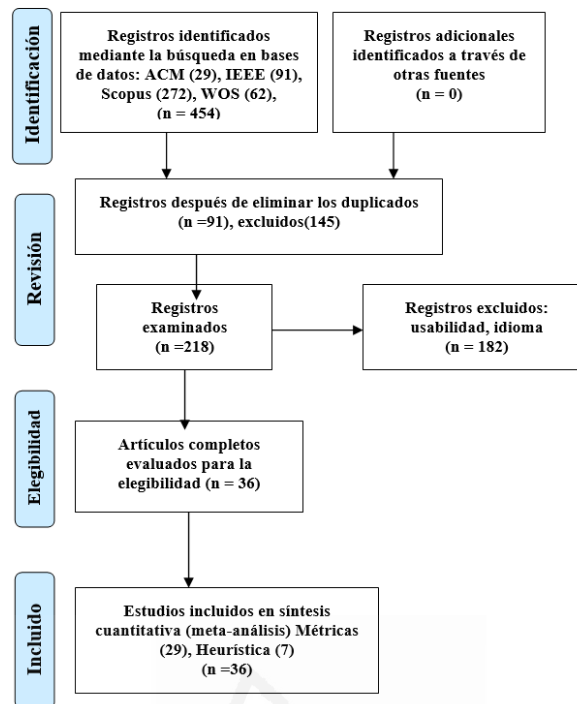


Figura 4.2: Método PRISMA

4.8. Validación del nivel de accesibilidad

La validación de los sitios web se basan en los lineamientos propuestos por las WCAG 2.1, que contiene 4 principios, 13 pautas y 78 criterios de conformidad. Los 4 principios son los mismos que existían en las WCAG 2.0 ([World Wide Web Consortium, 2018a](#)):

1. **Principio 1: Perceptible**, la información y los componentes de la interfaz de usuario deben presentarse a los usuarios de la manera en que puedan percibirlos. Contiene 4 pautas y 29 criterios de cumplimiento.
2. **Principio 2: Operable**, los componentes de la interfaz de usuario y la navegación deben ser operables. Contiene 5 pautas y 29 criterios de cumplimiento.
3. **Principio 3: Comprensible**, la información y el manejo de la interfaz de usuario deben ser comprensibles. Incluye 3 pautas y 17 criterios de cumplimiento.
4. **Principio 4: Robusto**, el contenido debe ser lo suficientemente robusto como para confiarse en la interpretación por parte de una amplia variedad de agentes de usuario, incluidas las tecnologías asistidas. Incluye 1 pauta y 3 criterios de cumplimiento.

Según las WCAG 2.1, para que una página web sea aceptable, debe satisfacer los requisitos de conformidad. Se identifican 3 niveles ([World Wide Web Consortium, 2018a](#)):

1. **Nivel A:** Es el nivel mínimo, corresponde al nivel más bajo de los requisitos de conformidad.

2. **Nivel AA:** Es un nivel medio, en el Nivel AA, la página web debe satisfacer todos los criterios de conformidad de los niveles A y AA.
3. **Nivel AAA:** Es el nivel máximo, en el nivel AAA, la página web debe satisfacer todos los criterios de conformidad de los niveles A, AA y AAA.

De manera similar, para cada pauta y criterio de las WCAG 2.1, se documentan 3 técnicas para desarrollar y evaluar los contenidos web ([World Wide Web Consortium, 2018a](#)):

1. **Técnicas suficientes**, son consideradas suficientes por el Grupo de Trabajo del WCAG para cumplir con los criterios de conformidad; este tipo de técnica ayuda a que los usuarios no se queden atrapados en el contenido.
2. **Técnicas recomendables**, se refieren a las técnicas consideradas con el propósito de hacer más accesibles los contenidos. No todas las técnicas son utilizadas o resultan eficaces en todas las situaciones.
3. **Fallos comunes**, se refiere a los errores comunes con relación al criterio de conformidad de las WCAG.

Igualmente, en esta investigación se probaron varias herramientas de revisión automática como WAVE³ para determinar el número real de errores, alertas y el número de errores de contraste que pueden mostrar el comportamiento de los sitios web universitarios que están en una alta clasificación y que no necesariamente cumplen con las pautas de accesibilidad adecuadas. WAVE admite la accesibilidad, al incluir varias pruebas para los problemas de cumplimiento que se encuentran en las directrices de la Sección 508 y las WCAG 2.1. Pero WAVE no puede comprobar todos los problemas de estas directrices, ninguna herramienta automatizada puede hacerlo, por lo cual fue necesario la intervención de un experto en accesibilidad web.

4.9. Identificación de requisitos de accesibilidad

Para identificar los requisitos de accesibilidad, se inició con una revisión de la literatura sobre la evaluación de la accesibilidad en los sitios web educativos. Luego se procedió a evaluar los sitios web a partir de una muestra aleatoria obtenida con la fórmula para el cálculo del tamaño de la muestra ver en la Figura 4.3. La muestra fue tomada de la clasificación de universidades de Latinoamérica proporcionadas por [Webometrics \(2019\)](#) en donde se encuentran aproximadamente 3,680 universidades de Latinoamérica.

En esta fase se evaluó cada página principal de los sitios web, los datos obtenidos se registraron en una hoja de cálculo, para realizar el respectivo análisis, en la evaluación se aplicó la WCAG-EM 1.0 en sitios Web propuesta por la [World Wide Web Consortium \(2014c\)](#). En la Figura 4.4 se describe el método aplicado para la evaluación de la accesibilidad de los sitios web, el proceso se resume en cuatro fases:

³<https://wave.webaim.org/>

$$n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_a^2 \times p \times q}$$

Figura 4.3: Fórmula para el cálculo de la muestra

Donde: n = el tamaño de la muestra. N = tamaño de la población. Z = nivel de confianza. p = probabilidad de éxito. q = probabilidad de falla. d = es el error máximo permitido en términos de proporción.

Fase 1: Seleccionar la muestra desde Webometrics, de la versión de julio de 2017, se seleccionó de forma aleatoria un total de 348 universidades de Latinoamérica según el cálculo del tamaño de la muestra.

Fase 2: Extraer la muestra los datos de la muestra se trasladaron a una hoja de cálculo de Microsoft Excel, en la extracción de la muestra, se aplicó el método de probabilidad muestreo aleatorio simple.

Fase 3: Evaluar la página principal del sitio web para evaluar cada página web se utilizó el componente plugin de la herramienta WAVE versión 1.0.9 del navegador Chrome, la herramienta ayudó a revisar de forma automática algunos de los lineamientos propuestos en las WCAG 2.1.

Fase 4: Presentar los resultados en esta fase se observó los errores que presentan las páginas evaluadas y que deben ser corregidos para reducir las barreras de accesibilidad.

También se revisaron las alertas, los elementos estructurales, el uso de HTML5, ARIA y los errores de contraste devueltos por la herramienta WAVE. Al evaluar las 348 páginas de inicio, la correlación entre el ranking de las universidades de Latinoamérica fue de -0.11 ese valor indica que existe una correlación negativa muy débil. Ese resultado implica que un sitio web que se encuentra en el primer lugar dentro de un alto ranking no necesariamente es un sitio web accesible.

4.10. Conjunto de datos

Como parte de esta investigación aportamos a la comunidad científica con un conjunto de datos para evaluar la accesibilidad de los sitios web de determinadas universidades de Latinoamérica. La información sobre el conjunto de datos puede ayudar a la comunidad investigadora en diversas aplicaciones para:

1. Predecir si los sitios web son accesibles o para determinar las posibles barreras de accesibilidad en la creación de prototipos de sitios web inclusivos.

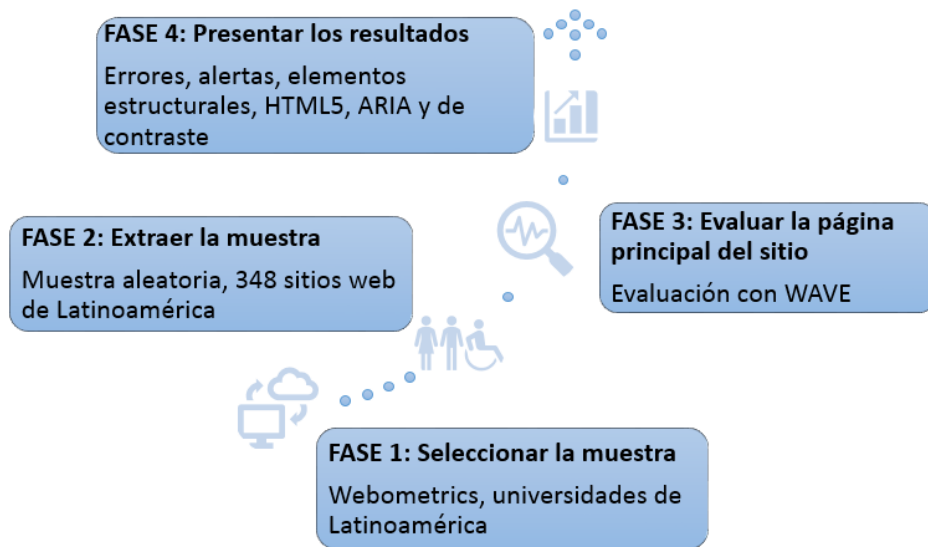


Figura 4.4: Método para evaluar sitios web

- Utilizar en el análisis de conglomerados o consultas multivariadas, pruebas, comparación con conjuntos de datos similares y categorización de sitios web.
- Conocer el estado de accesibilidad de los sitios web educativos de Latinoamérica que a pesar de ocupar un alto ranking según Webometrics, no necesariamente cumplen con las WCAG 2.0 y WCAG 2.1 ([World Wide Web Consortium, 2018a](#)).
- Identificar las barreras de accesibilidad que se repiten con alta frecuencia en las páginas principales de los 348 sitios web evaluados ([Acosta-Vargas, Acosta, y Luján-Mora, 2018](#)), lo que puede ser útil como referencia en el diseño y construcción de sitios web más accesibles e inclusivos.
- Comparar con los resultados de futuras evaluaciones y saber si las instituciones educativas han mejorado el nivel de accesibilidad web preocupándose por el acceso universal y si han aumentado la visibilidad en los motores de búsqueda.

En primer lugar el conjunto de datos fue compilado, luego se realizó la evaluación de la accesibilidad de las páginas principales tomadas de forma aleatoria de las universidades de Latinoamérica. Cada registro contiene los datos del sitio web de la institución, basados en una evaluación cuantitativa como resultado de aplicar la herramienta WAVE. El proceso para generar el conjunto de datos y el análisis comprende de cuatro fases:

Fase 1: Problema, esta investigación nació de una necesidad real de saber si los sitios web de las universidades de Latinoamérica son accesibles a pesar de que se encuentran en el primer lugar según la clasificación de Webometrics. La información detallada sobre las variables se encuentra en la Tabla 4.4.

Fase 2: Recopilación de datos, el proceso experimental se inició al navegar en la página principal de cada sitio web y luego se evaluó con WAVE. Se aplicó un

4 Descripción del trabajo realizado

| Nombre | Descripción | Tipo |
|-----------------------|--|----------|
| University | Es el nombre de la Universidad que se toma en el estudio de caso. | Texto |
| URL | Es la dirección del sitio web de la universidad. | Texto |
| Acronym | Es el nombre corto definido para la universidad. | Texto |
| Country | La variable Indica el nombre del país de la institución educativa. | Text |
| Latin America Ranking | Es el valor numérico asignado por Webometrics de acuerdo a la ubicación en el ranking de instituciones de educación superior para Latinoamérica. | Numérico |
| World Ranking | Es el valor numérico asignado por Webometrics según la ubicación en el ranking de instituciones de educación superior para todo el mundo. | Numérico |
| Presence | Representa el tamaño del dominio web principal de la institución. Incluye los subdominios y todo los tipos de archivos. | Numérico |
| Impact | Varias redes externas (subredes) que crean vínculos de retroceso a las páginas web de la institución. | Numérico |
| Opening | Varias citas de los principales autores por fuente según Google Scholar Citations. | Numérico |
| Excellence | Número de artículos entre el 10% más citadas en 26 disciplinas. Datos para los cinco años (2012-2016) según SCImago. | Numérico |
| Errors | Representa los errores severos de accesibilidad web que el evaluador debe corregir. | Numérico |
| Alerts | Indica los elementos que representan un problema para el usuario final. | Numérico |
| Features | Indica las características de accesibilidad, los elementos que pueden mejorar la accesibilidad, pero que deben ser verificados. | Numérico |
| Structural Elements | Representan las alertas que los evaluadores deben revisar en la estructura de la página web. | Numérico |
| HTML5 and ARIA | Indica las alertas que los evaluadores deben revisar en HTML5 y ARIA. | Numérico |
| Contrast Errors | Representa las alertas que los evaluadores deben revisar en la sección Errores de Contraste. | Numérico |

Tabla 4.4: Descripción de las variables del conjunto de datos

proceso que comprende siete fases: (1) instalar el plug-in de WAVE para Google Chrome; (2) entrar en el navegador de Google Chrome; (3) escribir la URL del sitio web a evaluar; (4) cargar la página; (5) ejecutar el plug-in instalado; (6) obtener los datos; y (7) registrar los datos en una hoja de cálculo.

Fase 3: Limpieza y homogeneización de los datos, en esta fase se empleó un formato apropiado para cada variable, se consideró algunas las variables cuantitativas. El proceso de limpieza de datos comprende cuatro fases: (1) seleccionar los datos, inicialmente se aplicó un raspado de datos desde el sitio de Webometrics a Excel. Después de extraer los datos, los expertos llevaron a cabo una inspección manual de la muestra para evitar problemas de calidad en la información; (2) definir del flujo de transformación, para optimizar se utilizó macros en Excel que extraigan la URL de cada sitio web; luego se ejecutó varias funciones de Excel para corregir los errores de acentos y espacios de los datos; (3) verificación, en esta fase a través de múltiples iteraciones se realizó el análisis y verificación de los datos. Algunos errores fueron evidentes y se corrigieron al aplicar un cierto número de funciones que ayuden en la transformación correcta del tipo de dato; (4) flujo de datos limpio, en esta fase se eliminó los problemas de los datos para alcanzar la calidad y consistencia y que se puedan usar los datos limpios y confiables para el análisis.

Fase 4: Gráficos, análisis de datos y discusión, en esta fase se realizaron los gráficos para identificar las relaciones que existen entre las variables, de manera que se pueda predecir el comportamiento de los sitios web de las universidades de Latinoamérica. Este conjunto de datos forma parte de los datos analizados en un artículo relacionado con los retos de la accesibilidad web para las universidades de Latinoamérica ([Acosta-Vargas, Acosta, y Luján-Mora, 2018](#)).

4.10.1. Análisis del conjunto de datos

En el análisis del conjunto de datos la Figura 4.5 de la sección izquierda muestra el tamaño en Kb de las diferentes columnas, las variables factoriales (cadenas) toman un tamaño mayor en la memoria que las variables numéricas. La Figura 4.5 de la sección derecha muestra los tipos de variables. University, URL, Acronym y Country que son variables factoriales; mientras que Latin America Ranking; World Ranking; Presence, Impact, Opening, Excellence, Errors, Alerts, Features, Structural Elements, HTML 5 and ARIA, y Contrast Errors corresponden a variables numéricas (enteras) discretas. La Figura 2 muestra la correlación entre las variables numéricas, se definieron tres grupos según las correlaciones entre las variables; todas las variables relacionadas con los rankings de Webometrics pertenecen al mismo grupo. Las variables correspondientes a la evaluación de la accesibilidad con la herramienta WAVE (excepto Errors) forman la segunda categoría: Structural Elements, Features, HTML5 and ARIA, Alerts, y Contrast. La variable Errors es una variable crítica entre los datos de accesibilidad; de la Figura 4.6 se desprende que la relación con otras variables de evaluación de WAVE no es trivial.

4 Descripción del trabajo realizado

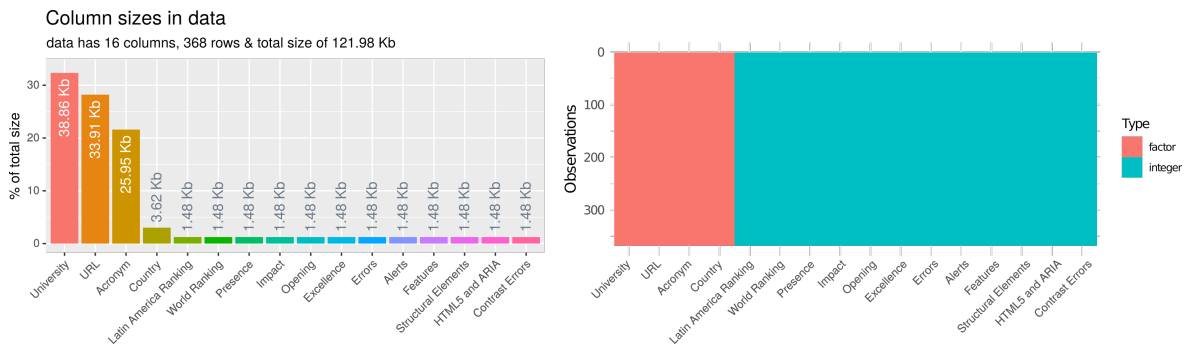


Figura 4.5: Tamaños y tipos de columnas de datos

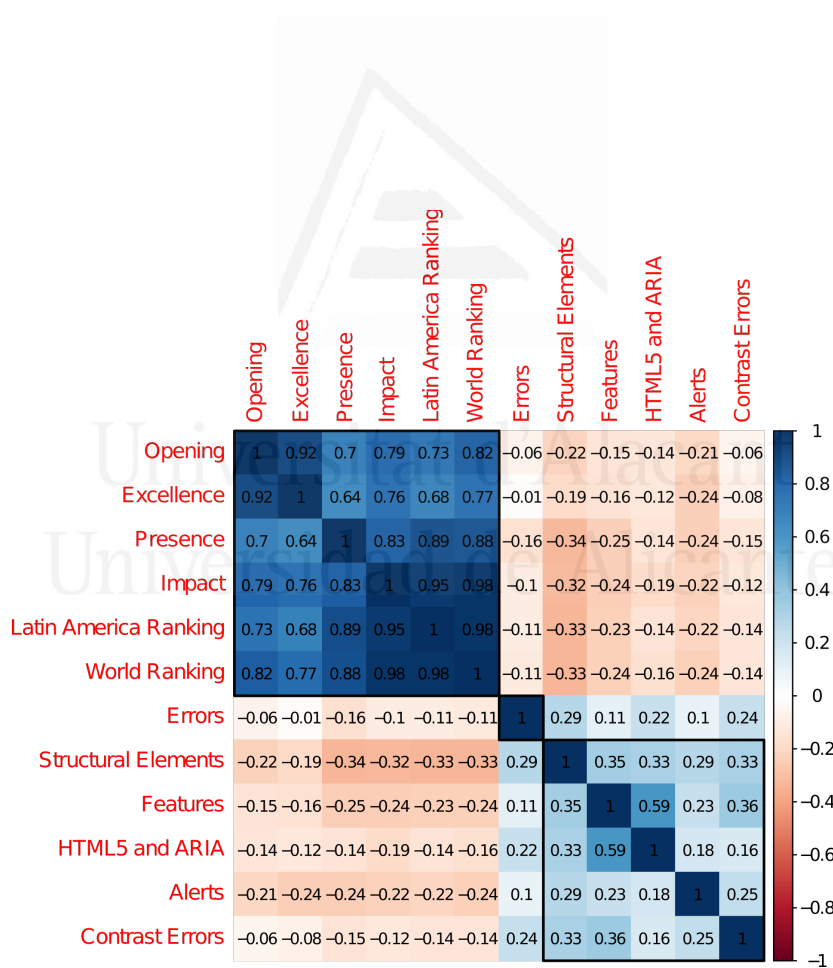


Figura 4.6: Correlación para variables numéricas

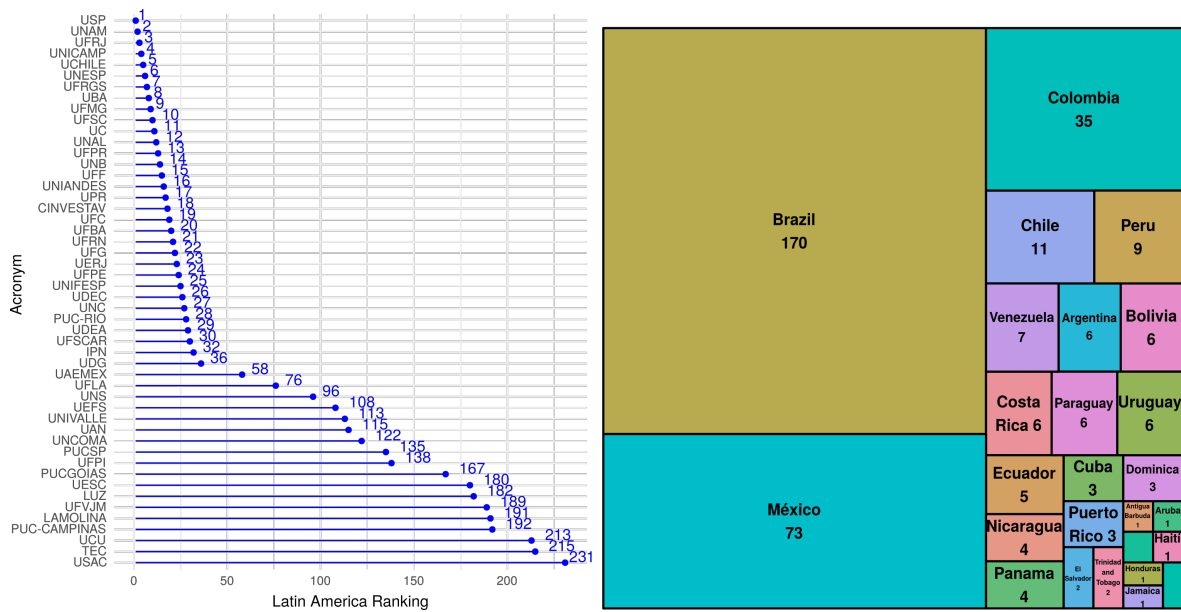


Figura 4.7: Izquierda: Las 50 mejores universidades del conjunto de datos. Derecha: Número de universidades en el conjunto de datos por país

Asimismo, el conjunto de datos contiene información sobre los 348 sitios web de Webometrics, en la Figura 4.7 de la sección izquierda se representa las 50 mejores universidades. En la Figura 4.7 de la sección derecha se representa los países de origen presentes en el conjunto de datos y la importancia; siendo Brasil, México, Colombia, Chile y Perú los países con más instituciones en el conjunto de datos.

4.11. Caso de estudio en universidades de Ecuador

Adicionalmente, durante los estudios realizados en esta investigación, se aplicó un estudio de caso a las universidades ecuatorianas, en el estudio se evaluó la accesibilidad de los contenidos de los sitios web de diez universidades ubicadas en las categorías A y B, en Ecuador, de acuerdo con la clasificación del Consejo de Evaluación, Acreditación y Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior (CEAACES).

La evaluación de la accesibilidad se llevó a cabo para comprobar el cumplimiento de las directrices de la accesibilidad al contenido web establecido por la recomendación de la WCAG 2.0. El objetivo principal fue tratar de determinar si las universidades con mayor prestigio académico según el CEAACES se han preocupado de proporcionar información accesible a través de su página web para que pueda ser accedido por todos, independientemente de si el usuario tiene una discapacidad.

De igual forma, en este estudio se aplicó la WCAG-EM 1.0 para probar la accesibilidad en sitios web. De las páginas analizadas, se determinó que ninguna cumple con las pautas de accesibilidad requeridas, por lo tanto, las páginas no son accesibles.

En el proceso de evaluación de la accesibilidad web se reveló que las instituciones de educación superior ecuatorianas tienen un bajo nivel en términos de accesibilidad, pero apuestan por lograr una mejor accesibilidad de acuerdo con los parámetros propuestos

4 Descripción del trabajo realizado

por la WCAG 2.0. Para el 8 de agosto de 2020, todos los sitios web ecuatorianos que presten un servicio público deben ser accesibles de acuerdo con las WCAG 2.0 en el Nivel AA.

Conforme con la recomendación de las WCAG 2.0 establecidas por el W3C en el 2008, las mismas que fueron estandarizadas por la ISO 40500 en el 2012, y son una copia de las WCAG, en el 2014 fue traducida por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN ISO/IEC 40500, que tiene como base las recomendaciones establecidas por las WCAG 2.0. Por otro lado, el Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE INEN) 288 (INEN - Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2015) de Accesibilidad para el contenido web del 10 de febrero de 2016, establece que el cumplimiento de este reglamento debe ser demostrado mediante la presentación de un certificado de conformidad de primera parte, el cual debe estar colocado en el sitio web de acuerdo con lo que determine la autoridad competente.

En este estudio se seleccionó la página principal del sitio web de cada universidad, siendo esta la página más importante en cuanto a accesibilidad, porque si la página principal no es accesible, los usuarios podrían tener problemas incluso para llegar a otras páginas del sitio.

El método propone la evaluación de todo tipo de sitios web estáticos, dinámicos, versiones móviles, etc., en la Figura 4.8, se representa la evaluación de los sitios web contiene cinco fases.

El evaluador debe comprender las tecnologías web, las barreras de accesibilidad, las técnicas, las herramientas y los métodos de evaluación para identificar dichas limitaciones. El método propuesto es flexible, se puede aplicar en diferentes situaciones y contextos como en la autoevaluación, evaluación por terceros, evaluación durante el desarrollo, y en evaluaciones periódicas, etc.

En el estudio se valoraron los aspectos del sitio como el tipo de páginas web, el tamaño, la complejidad, las tecnologías utilizadas, el conocimiento de los expertos para diseñar y desarrollar los sitios web. Los resultados de la evaluación de la accesibilidad revelaron que las barreras identificadas pueden dificultar o impedir el acceso a los contenidos a las personas que tienen una limitación física o sensorial. Las páginas web deben ofrecer varias alternativas, diferentes presentaciones, que se adapten a las necesidades de la mayor parte de usuarios y que sean reproducibles bajo diferentes circunstancias.

Con este estudio se pretendió preparar a las instituciones de educación superior tanto públicas como privadas para que mejoren la accesibilidad de sus sitios web y se dispongan a aplicar la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN ISO/IEC 40500. Este estudio tiene limitaciones y asume riesgos en la etapa de planificación, pero puede servir como lecciones aprendidas para futuros trabajos.

4.12. Métodos de evaluación de accesibilidad

Con frecuencia se piensa que la usabilidad y la accesibilidad web son las mismas cosas, pero la verdad es que son diferentes. Mientras que la [International Organization for Standardization \(2018\)](#) define la usabilidad como “la medida en que un producto puede

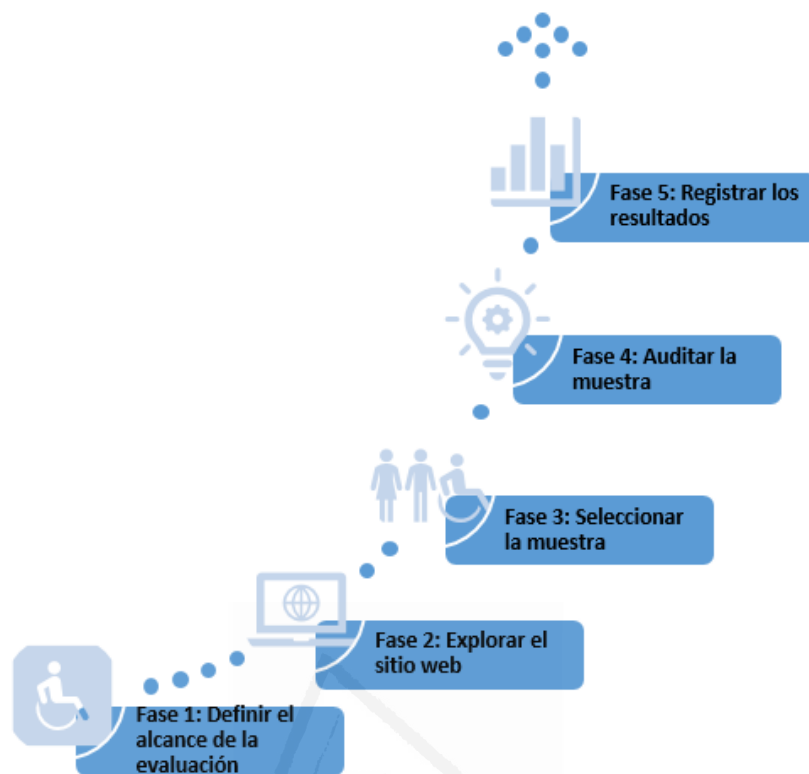


Figura 4.8: Diagrama de evaluación de sitios web

ser utilizado por usuarios para lograr objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto específico de usar”, la accesibilidad se refiere al acceso universal de un sitio web independientemente del hardware, software, o infraestructura de red disponible para el usuario pueda usar con facilidad.

Desde el punto de vista conceptual, la usabilidad y la accesibilidad (Brajnik, Vigo, Yesilada, y Harper, 2016) buscan el mismo objetivo, es decir, garantizar que el usuario pueda hacer el mejor uso del sitio web. Ferreira, Ferreira, y Sacramento (2018) argumentan que los diseñadores de interfaces deben analizar si los requisitos satisfacen las necesidades de los usuarios con diferentes características. Los autores clasificaron los métodos como inspección y observación de uso. Los métodos de evaluación que no requieren la presencia de usuarios se denominan “métodos de inspección o métodos analíticos”. Los métodos realizados en presencia de usuarios se conocen como “métodos de observación y pruebas con usuarios”.

Luján-Mora y Masri (2013) aportaron con algunos métodos de evaluación de la accesibilidad, clasificándolos en dos tipos: uno es el método cualitativo, relacionado con el análisis y el otro es un método cuantitativo, basado en la métrica. Los autores explicaron que ninguna técnica es suficiente para garantizar la accesibilidad en su totalidad; muchos estudios combinan varios métodos cualitativos y cuantitativos para garantizar resultados óptimos. Los autores propusieron un método de evaluación heurística de accesibilidad basado en métodos de evaluación cualitativa.

Masri y Luján-Mora (2011) propusieron una evaluación de la accesibilidad ágil, el

método está basado en la evaluación cualitativa y cuantitativa. El método incluye la WAB (Hackett, Parmanto, y Zeng, 2004), esta métrica permite resumir objetivamente los resultados y amplificar el uso de este método para cubrir todo tipo de tareas de evaluación.

Mankoff, Fait, y Tran (2005) presentaron una comparación de diferentes métodos para encontrar las barreras de accesibilidad que afectan a los usuarios con discapacidad visual. Los resultados indicaron que los métodos no cumplían con todos los requisitos de accesibilidad web.

4.13. Método heurístico basado en Barrier Walkthrough (BW)

Con relación a los métodos heurísticos, esta investigación partió del concepto propuesto por Nielsen y Rolf (1990) que consiste en un método de inspección basado en la evaluación de un sistema interactivo.

Por otro lado, el método heurístico propuesto por Paddison y Englefield (2004) argumentan que la accesibilidad ha desarrollado heurísticas para complementar las pautas de accesibilidad. El uso de la heurística de accesibilidad web garantiza que exista una mayor variedad de necesidades especiales, desde las discapacidades visuales a discapacidades cognitivas. Los resultados de los estudios confirman que la heurística permite identificar áreas de un sitio web que tienen problemas de accesibilidad más significativos, de tal forma que se puede obtener información útil para diseñar una solución.

Brajnik y Lomuscio (2007), argumentaron que los métodos de evaluación analítica, basados en la heurística manual de inspección del código no garantiza la accesibilidad total; en cambio, dependen (Brajnik, 2008a) de la experiencia del evaluador y de las pautas adoptadas.

Masri y Luján-Mora (2011) argumentaron que los métodos empíricos son costosos pero ofrecen una mayor precisión porque muestran claramente las barreras de accesibilidad más severas. Los autores argumentaron que la prueba de usuario es la más confiable y completa, a pesar de que se requiere más esfuerzo. Además, no es fácil encontrar tipos de usuarios que pertenecen a las categorías adecuadas y que cumplan con un nivel apropiado de experiencia en el uso de los requisitos.

Acosta-Vargas, Luján-Mora, y otros (2018) sugieren aplicar un método combinado entre herramientas de revisión automática y un método manual para hacer que los sitios web sean más accesibles. Para lo cual se aplicó WCAG-EM 1.0 y una revisión manual con los lineamientos de las WCAG 2.0.

Braga, Pereira, Ferreira, y Da Silveira (2014) aplicaron el método BW para mejorar la evaluación automática de accesibilidad en el sitio web del Banco de Brasil. La investigación reveló que una serie de barreras críticas afectan la efectividad, productividad y satisfacción de los usuarios de edad avanzada relacionada con discapacidad visual, auditiva y motora. Entre otras disfunciones; estas limitaciones representan dificultades para acceder fácilmente a los sitios web. Los autores identificaron problemas de usabilidad relacionados con la accesibilidad para lo cual propusieron algunas recomendaciones.

4.13 Método heurístico basado en Barrier Walkthrough (BW)

Lunn, Yesilada, y Harper (2009) argumentaron que la evaluación de los sitios web son un reto ya que diferentes grupos de usuarios tendrán varios requisitos de evaluación dependiendo del tipo de usuario y el contexto en el cual se desarrolle. Los autores aplicaron el método BW para abordar este problema usaron los lineamientos de accesibilidad a diferentes categorías de usuarios.

Por lo tanto, un método heurístico basado en el BW (Brajnik, 2006, 2008b, 2009) puede ayudar a complementar la evaluación de los sitios web. El método heurístico es un método analítico basado en exploraciones de ensayo y error en el que un evaluador considera un número predefinido de posibles barreras de accesibilidad que se interpretan de acuerdo con los principios de accesibilidad de WCAG 2.1.

Los métodos heurísticos requieren un soporte manual que ayudará al experto a evaluar la accesibilidad mediante el establecimiento de rangos de severidad. Por lo cual, en esta investigación aplicamos una modificación al método de BW propuesto por Giorgio Brajnik considerando las WCAG 2.1.

La modificación consistió en incluir la persistencia para determinar la severidad de una barrera de accesibilidad. Este método permitió medir la accesibilidad de los sitios web con un nuevo proceso heurístico. El método fue aplicado a 40 sitios web, incluidas 30 universidades de Latinoamérica, según el ranking de Webometrics, y a los 10 sitios web más visitados según Alexa.

En esta investigación, las barreras incluyen elementos de acuerdo con el tipo de usuario, el propósito, el contexto de uso y el sitio web, de manera que se puedan extraer conclusiones apropiadas sobre la eficacia, productividad, satisfacción y seguridad del usuario (Brajnik, 2006, 2008b), con puntuaciones de severidad asignadas a cada barrera de accesibilidad; las barreras se describen en los siguientes términos:

1. **Eficacia** representada por el grado de cumplimiento para alcanzar con precisión el objetivo en una tarea realizada por el usuario en la web.
2. **Productividad** está relacionada con el tiempo, el esfuerzo y la carga cognitiva son necesarios para alcanzar un cierto nivel de eficacia.
3. **Satisfacción** representa la comodidad del usuario y la aceptabilidad del uso, implica dar control al usuario así como a la capacidad de adaptación.
4. **Seguridad** implica la vulnerabilidad que existe en el sitio web evaluado.

El BW (Brajnik, 2006, 2008b; Brajnik y Lomuscio, 2007; Brajnik, 2009) propuesto por Brajnik es una técnica de inspección de accesibilidad. Las posibles barreras se plantearon anteriormente y se basan en interpretaciones y extensiones de los principios de accesibilidad que se describen según la categoría de usuarios, el tipo de tecnología de asistencia utilizada, el impacto de los usuarios, las características de las páginas encontradas y los efectos causados. El método propuesto por Sears (1997) considera el contexto de uso del sitio web, para el método de BW el contexto incluye categorías específicas de usuarios.

Este método de BW sugiere considerar dos parámetros para estimar la severidad de una barrera, el impacto de la barrera en la productividad y la satisfacción del usuario, y la persistencia con la que aparece la barrera (Brajnik, 2009). El método BW establece

que el experto (Brajnik, 2006; Brajnik y Lomuscio, 2007) puede clasificar la severidad en una escala de **uno (1)** a **tres (3)**, donde:

1. El valor de uno (**1**) implica una “**severidad menor**”, indica que el usuario revela la barrera, de tal forma que se la puede evitar. Esta barrera identificada por el usuario afecta a la satisfacción o a la productividad, pero no a la seguridad y a la efectividad.
2. El valor de dos (**2**) corresponde a una “**severidad significativa**”, se refiere cuando se detecta la barrera y afecta fuertemente la ejecución de una tarea asignada. En algunos casos, es imposible evitar la barrera, que reduce la seguridad o la efectividad.
3. El valor de tres (**3**) está relacionado con una “**severidad crítica**”, se refiere a cuando la barrera es tan importante que los usuarios a menudo se rinden y no alcanzan sus objetivos. Por lo tanto, la barrera representa un impacto negativo que afecta a la efectividad y, en consecuencia, a la productividad, seguridad y satisfacción del usuario.

4.13.1. Método heurístico aplicado a los sitios web

Esta investigación aplicó el método heurístico que consiste en una variación entre el método BW propuesto por Brajnik (2009) y los lineamientos de la WCAG 2.1. El método aplica una evaluación manual y pertenece al grupo “Pruebas de detección de barreras”.

En la experimentación del método de evaluación heurística, participaron dos evaluadores, expertos en accesibilidad web, los evaluadores colaboran en varias investigaciones relacionadas con la accesibilidad en sitios web y aplicaciones móviles.

Los evaluadores trabajan en el área desde 2015, tienen varios años de experiencia en el área, como resultado de su investigación han contribuido con más de 30 artículos científicos publicados en conferencias y revistas de alto impacto. Actualmente, los evaluadores forman parte de un grupo de investigación multidisciplinario y trabajan en redes de investigación con expertos en el tema. Los evaluadores continúan investigando sobre métricas y heurísticas de accesibilidad web.

El método heurístico aplicado en este trabajo comprende diez fases secuenciales, la primera fase consistió en seleccionar las páginas web, de acuerdo con los rankings de Webometrics y Alexa. En la segunda fase, los evaluadores definieron el tipo de usuario relacionado con el tipo de discapacidad y el tipo de tecnología de asistencia utilizada por los usuarios. En la tercera fase, fueron definidos los objetivos y escenarios de los usuarios en este caso se aplicó a las personas con baja visión.

En la cuarta fase, los evaluadores exploraron los mecanismos de interacción entre los usuarios y la web. En la quinta fase, fue esencial identificar los atributos de la página que representan una barrera para los usuarios. En la sexta fase, los evaluadores definieron la lista de barreras según el tipo de discapacidad de los usuarios. En la séptima fase, se evaluó cada página web con el método BW propuesto por Brajnik y Lomuscio (2007) y las WCAG 2.1.

4.13 Método heurístico basado en Barrier Walkthrough (BW)

En el caso de que no exista ninguna barrera, el valor asignado es cero (**0**), lo que indicaría que no existe una barrera potencial para el usuario es decir que no existe persistencia; es decir que la barrera no se repite con frecuencia. Este caso es aplicable cuando la barrera no está presente, y el valor de persistencia es uno (**1**) o cero (**0**). Con la ausencia de la barrera, no se ven afectados los parámetros de rendimiento, incluida la efectividad, la productividad, la satisfacción y la seguridad.

Mientras que cuando los evaluadores identifican una barrera menor, se asigna el valor de uno (**1**), lo que indica que el usuario puede identificar la barrera. Sin embargo, hay formas de aprender y prevenir dicha barrera identificada por el usuario lo cual puede afectar la satisfacción o la productividad, pero no la seguridad y efectividad.

Para el caso de una barrera significativa, los evaluadores asignaron el valor de dos (**2**); esto implica que se detecta la barrera la cual afecta fuertemente en la ejecución de la tarea. Para superar la barrera, el usuario debe seguir una estrategia de prueba y error, y apoyar la acción correcta; en algunos casos, es probable que se repita una o varias veces. En algunos casos, no es posible evitar la barrera, lo que reduciría la seguridad o la efectividad, este proceso requiere que el experto conozca a profundidad el tema.

Para la severidad crítica, los evaluadores asignaron el valor de tres (**3**); se refiere a cuando la barrera es tan importante que los usuarios a menudo se rinden y no alcanzan sus objetivos. Este problema suele ocurrir después de que los usuarios han dedicado mucho tiempo y esfuerzo para superar la barrera, tal vez con varios intentos, y los errores son tales que no hay alternativas que puedan seguirse para lograr los objetivos. Por lo tanto, la barrera tendría un impacto negativo que afecta directamente la efectividad y, en consecuencia, también la productividad, la seguridad y la satisfacción del usuario.

En la octava fase, se registraron los datos de la evaluación de cada página web, se revisó los códigos asociados con cada una de las barreras de acuerdo con el tipo de discapacidad del usuario. En la novena fase, se analizaron los resultados mediante la aplicación de estadísticas descriptivas y correlaciones que permitieron la interpretación de los datos obtenidos en este estudio.

En la décima fase, después de identificar las posibles violaciones de la accesibilidad de las páginas web del sitio, se presentaron algunas sugerencias para mejorar la accesibilidad del sitio evaluado.

En este método, los evaluadores aplicaron una modificación al método BW de Brajnik que consistió en ampliar algunas escalas. El primero consiste en ampliar la escala para analizar el impacto y la persistencia entre los valores de cero (0) y tres (3). La Tabla 4.5. contiene la escala y el significado de la severidad asignada con una ampliación al método de BW (Brajnik, 2006, 2008b, 2009). El método heurístico aplicado se resume en 10 fases, de acuerdo con la Figura 4.9. Los evaluadores relacionaron los principios de WCAG 2.1 con las 27 barreras sugeridas por Brajnik (2009) para usuarios con baja visión, donde:

1. El valor de cero (**0**) asignado significa que la severidad es “**nula**”, implica que la barrera no afecta la efectividad, productividad, satisfacción y seguridad.
2. El valor de uno (**1**) cuando la severidad es “**menor**” implica que el impacto o persistencia no afecta la productividad y la satisfacción.

4 Descripción del trabajo realizado

| Escala | Significado |
|--------|---------------|
| 0 | Nula |
| 1 | Menor |
| 2 | Significativa |
| 3 | Crítica |

Tabla 4.5: Escala y significado del impacto propuesto por Brajnik



Figura 4.9: Evaluación de la accesibilidad con un método heurístico

4.13 Método heurístico basado en Barrier Walkthrough (BW)

| Impacto | Persistencia | Severidad |
|---------|--------------|---------------|
| 0 | 0 | Nula |
| 1 | 0 | Nula |
| 2 | 0 | Nula |
| 3 | 0 | Nula |
| 1 | 1 | Menor |
| 1 | 2 | Menor |
| 1 | 3 | Significativa |
| 2 | 1 | Significativa |
| 2 | 2 | Significativa |
| 2 | 3 | Crítica |
| 3 | 1 | Crítica |
| 3 | 2 | Crítica |
| 3 | 3 | Crítica |

Tabla 4.6: Datos para calcular el puntaje de severidad de las barreras con una modificación al método propuesto por Brajnik

3. El valor de dos (**2**) asignado cuando la severidad es “**significativa**”, cuando la barrera no se puede evitar; esto implica que la productividad y la satisfacción se reducen.
4. El valor de tres (**3**) asignado significa que la severidad es “**crítica**”, es decir cuando no se ha logrado el objetivo.

Una segunda modificación propuesta por los evaluadores, basada en el estudio de Brajnik (2008b), es considerar el número de barreras que están presentes durante la evaluación para asignar un valor a la persistencia. Por ejemplo, si el número de barreras presentes en una evaluación es 12, los evaluadores asignan una persistencia de tres (3).

Después de las modificaciones al método BW, los autores resumen los valores de severidad en la Tabla 4.6 que contiene el impacto, la persistencia y el puntaje de severidad de las barreras con una modificación al método propuesto por Brajnik y Lomuscio (2007).

4.13.2. Caso de estudio

Los evaluadores aplicaron el estudio de caso a las páginas de inicio de 40 sitios web, incluidos 30 sitios web de universidades clasificados entre las mejores instituciones de educación superior en Latinoamérica según el sitio de Webometrics y 10 de los sitios web más visitados del mundo según la clasificación de Alexa.

Esta investigación aplicó las barreras de accesibilidad para los usuarios con baja visión; los evaluadores definieron las heurísticas relacionadas al impacto y a la severidad que afectan a un sitio web. Las posibles barreras se plantearon para los usuarios de baja visión se basan en interpretaciones y extensiones de los principios de accesibilidad propuestos en las WCAG 2.1 que se describen según la categoría de usuarios, el tipo

4 Descripción del trabajo realizado

de tecnología de asistencia utilizada, el impacto de usuarios, las características de las páginas encontradas y los efectos causados. A continuación se describen las diez fases del proceso de evaluación heurística de accesibilidad web:

Fase 1: Seleccionar los sitios web a evaluar, se realizó un raspado de datos desde el sitio de Webometrics correspondiente a las universidades de Latinoamérica fueron extraídos a una hoja de cálculo las 30 mejores universidades de las universidades de Latinoamérica. De forma similar se realizó un raspado de datos para extraer los 10 sitios más visitados según el ranking de Alexa. Los evaluadores documentaron aspectos tales como los servicios desarrollados, las versiones y lenguaje. Esta investigación se requiere conocer las propiedades y proceso de desarrollo de algunas partes del sitio web, por lo que la navegación en el sitio web es esencial, se recomienda interactuar y navegar en cada sitio.

Fase 2: Seleccionar el tipo de usuarios, en este estudio participaron usuarios con baja visión ([Moreno, Valencia, Pérez, y Arrue, 2018](#)) que son definidos por una condición en la cual la visión del usuario podría no ser corregida con anteojos y esto interfiere en actividades como para leer y conducir. La baja visión es más común entre las personas mayores, pero puede ocurrir en usuarios de cualquier edad como resultado de enfermedades como la degeneración macular, glaucoma, retinopatía diabética o cataratas. En este experimento, participaron cinco usuarios con baja visión, la edad promedio fue de 40.8 años, utilizaron anteojos para leer la información presentada en cada sitio web.

La muestra fue seleccionada de acuerdo con los argumentos de Jacob Nielsen, que indica que cinco usuarios son suficientes para probar la usabilidad ([Nielsen Norman Group, 2000](#)), por lo cual los evaluadores consideran apropiados para aplicar a la accesibilidad web. Estos usuarios trabajaron utilizando anteojos, a veces solo usando las características de accesibilidad que ofrece el sistema operativo, como la reducción resolución de pantalla, tamaño de fuente más grande, niveles de contraste y color. El principio básico de accesibilidad web para usuarios con baja visión es el concepto de “Perceptible” porque no es factible ver el contenido, ya que algunos contenidos no puede ampliarse o no tiene suficiente contraste.

Fase 3: Identificar los objetivos y escenarios del usuario, los evaluadores identificaron los escenarios para navegar e interactuar en la página de inicio de cada sitio web seleccionado y llegar a la meta. La tarea consistía en ingresar a la página de inicio de cada sitio web, revisar la funcionalidad de cada uno de los enlaces e imágenes del sitio y verificar si hubo barreras que impiden la accesibilidad para los usuarios con baja visión.

También fue esencial definir el nivel de adecuación (A, AA, AAA) con el cual se evaluarían. En este caso, se aplicó hasta el nivel AA por lo cual es esencial identificar el soporte de accesibilidad con una lista de navegadores web, soporte de productos y otros agentes de usuario con los que las características de accesibilidad son compatibles.

4.13 Método heurístico basado en Barrier Walkthrough (BW)

Los evaluadores utilizaron Google Chrome versión 73.0.3683.103, Mozilla Firefox versión 66.0.3 y Opera versión 58.0.3135.132. En este estudio, una barrera significa que no pueden navegar eficazmente de un punto a otro dentro del sitio web, lo que implica que para un usuario con baja visión es difícil moverse directamente sobre el contenido de un sitio web, debido a la dificultad de su agudeza visual.

Para utilizar el método propuesto en esta investigación, los dos evaluadores, que son expertos en accesibilidad web, identificaron escenarios integrados por usuarios con baja visión, la asistencia de tecnologías utilizadas, los objetivos y las posibles tareas que los usuarios deben realizar en el experimento.

Fase 4: Explorar los mecanismos de interacción, el usuario exploró y se familiarizó con el mecanismos de interacción mientras navega por el sitio. Previamente, los evaluadores proporcionaron una guía con instrucciones para el usuario pueda navegar en el sitios web. Las tareas a ser realizadas por el usuario fueron: (1) interactuar con la página de inicio; (2) visitar los enlaces; (3) aplicar una lupa de pantalla; (4) cambiar el zoom para ampliar y reducir la pantalla y (5) identificar el idioma del sitio web visitado.

En esta fase los evaluadores identificaron las funcionalidades del sitio web y el usuario navegó por el sitio desarrollado con tecnologías como como HTML, CSS, JavaScript y WAI-ARIA. Finalmente, el usuario experimentó el cambio de comportamiento de acuerdo con el dispositivo, el navegador utilizado, el contexto y la configuración aplicada durante la fase exploratoria.

Fase 5: Listar las barreras para los usuarios con baja visión, en esta fase, los evaluadores listaron las barreras para los usuarios con baja visión ([Brajnik, 2008a](#)) y las relacionaron con los 4 principios de las WCAG 2.1 detallados en la Tabla 4.7. Los evaluadores propusieron este proceso para lograr el objetivo, considerando la eficiencia, la productividad, seguridad y satisfacción del usuario. Fue vital identificar el grado de severidad y el rango de persistencia de la barrera eso representa un obstáculo para que el usuario con baja visión pueda alcanzar el objetivo.

Fase 6: Aplicar la herramienta UX Check, los evaluadores aplicaron UX Check, versión 1.0.15, con una fecha actualizada del 24 de junio de 2018. UX Check es una extensión de Chrome que es útil para transportar evaluaciones heurísticas o evaluaciones de accesibilidad de un sitio web. Además, se puede usar para tomar notas en una interfaz, la herramienta muestra las 10 heurísticas de Nielsen en un lado panel del sitio web. Al hacer clic en un elemento que no cumple con una heurística, es posible agregar notas y una captura de pantalla que guardará la información que los evaluadores organizan en UX Check para en un futuro trasladar a un procesador de texto que ayude en la generación de informes. UX Check permite asociar una heurística con un nivel de severidad para cada barrera, la herramienta permite al experto personalizar las barreras para cada grupo de usuarios. Una captura de pantalla se muestra en la Figura 4.10.

Fase 7: Evaluar el sitio web con el método de BW, los evaluadores aplicaron el siguiente proceso: (1) navegar de forma abierta; (2) revisar cuidadosamente cada

4 Descripción del trabajo realizado

| ID | Tipo de barrera tipo | WCAG 2.1 (Principio) |
|-----------|--|-----------------------------|
| 1 | Ventanas superpuestas | Comprensible |
| 2 | Mover contenido | Operable |
| 3 | Menús dinámicos en JavaScript | Operable |
| 4 | Faltan enlaces internos | Operable |
| 5 | Demasiados enlaces | Operable |
| 6 | Formulario con redireccionamiento | Operable |
| 7 | Formularios con formato amplio | Operable |
| 8 | Tiempos demasiado cortos | Operable |
| 9 | Omitir enlaces no implementados | Operable |
| 10 | Tabla de datos clasificables | Operable |
| 11 | Imágenes ricas que están mal posicionadas | Perceptible |
| 12 | Imágenes enriquecidas incluidas en el fondo de la página | Perceptible |
| 13 | El color es necesario | Perceptible |
| 14 | Insuficiente contraste visual | Perceptible |
| 15 | Marcos inaccesibles | Perceptible |
| 16 | Mapas de imagen | Perceptible |
| 17 | Imágenes funcionales incrustadas en el fondo | Perceptible |
| 18 | Imágenes funcionales sin texto | Perceptible |
| 19 | Información sobre herramientas demasiado larga | Perceptible |
| 20 | Demasiadas líneas de texto | Perceptible |
| 21 | Imágenes utilizadas como títulos | Perceptible |
| 22 | Sin atajos de teclado | Perceptible |
| 23 | El texto no puede ser redimensionado | Perceptible |
| 24 | Diseño de página inflexible | Perceptible |
| 25 | Faltan señales de diseño | Perceptible |
| 26 | Ventana sin controles del navegador | Robusto |
| 27 | Cambios dinámicos | Robusto |

Tabla 4.7: Barreras para usuarios con baja visión y principios de accesibilidad

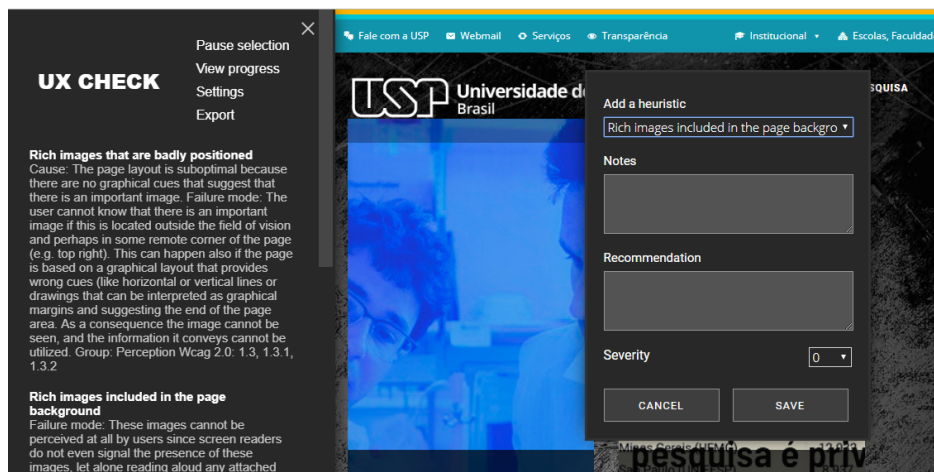


Figura 4.10: Captura de pantalla de la herramienta UX Check

barrera; (3) verificar el código HTML de las páginas web evaluadas; (4) buscar el atributo “ALT”; (5) verifique si se muestra la imagen; (6) verificar si el atributo “ALT” proporciona la alternativa texto. Del mismo modo, los expertos en evaluación revisaron el JavaScript código para identificar posibles problemas que hacen que los sitios web sean menos accesibles.

Para el análisis de la severidad se asigna el valor de cero (0) para una severidad nula, y uno (1) se asigna para una severidad menor. El valor de dos (2) es para severidad significativa; y el valor de tres (3) se asignan a una severidad crítica.

Al estimar la gravedad de una barrera, son necesarios dos parámetros: (1) el impacto de la barrera en la efectividad y productividad y (2) la satisfacción del usuario que realiza una tarea.

Además, la persistencia es esencial, indica el número de veces que se repite una barrera al analizar el sitio web. Por ejemplo, para la barrera “Imágenes ricas que están mal posicionadas” el valor del impacto es tres (3), y por lo tanto es evidente que el diseño de la página no es óptimo porque no hay indicadores visuales que sugieren que exista una imagen que reduce la efectividad.

Por otro lado, la barrera se repite siete (7) veces; entonces, la persistencia corresponde al valor de tres (3), ver la Tabla 4.8. Con el valor de tres (3) se registra en impacto y persistencia, la severidad es “crítica” el valor correspondiente a la severidad se tomó de la Tabla 4.6.

Fase 8: Registrar los datos, los datos de cada página web analizada fueron registrado en una hoja de cálculo. El conjunto de datos para su réplica están disponibles en el repositorio de Mendeley⁴. El registro de datos permite a los evaluadores resumir y organizar la información por diferentes categorías.

En este caso, los evaluadores presentan un ejemplo de la severidad, resumido para

⁴<https://data.mendeley.com/datasets/rktjnnzy48/4>

4 Descripción del trabajo realizado

| Número de barreras | Persistencia |
|--------------------|--------------|
| 0 y 1 | 0 |
| 2 y 3 | 1 |
| 4 y 5 | 2 |
| Mayores a 5 | 3 |

Tabla 4.8: Número de barreras y persistencia

cada una de las páginas web evaluadas. Se debería notar que al evaluar cada sitio web, no todas las barreras estuvieron presentes, en ese caso se registran en la opción de nulo.

Fase 9: Analizar los resultados, los evaluadores analizaron los resultados para cada heurística. En primer lugar los datos fueron organizados y agrupados en categorías, las estadísticas se aplicaron a cada una de las categorías. En este caso, los evaluadores analizaron el tipo de severidad de cada sitio web que fue parte de este experimento. La Figura 4.11 muestra la relación entre cada uno de los sitios web y las severidades nula, menor, significativa y crítica en la evaluación de los 40 sitios web.

La Figura 4.11 muestra que el sitio web con el más alto número de severidad crítica corresponde a la Universidad de Concepción (UDEC) de Chile con el valor de 9 puntos, seguido por UNESP, UBA, UFPR, UNB, UFF, UNIANDRES, UNC, PUC-RIO, QQ y AMAZON con 8 puntos. La severidad nula indica la ausencia de algunas barreras en los sitios web analizados. Los sitios web con menos barreras relacionadas con la severidad crítica corresponde a la Universidad de Puerto Rico (UPR), GOOGLE, BAIDU y WIKIPEDIA.

Fase 10: Sugerir recomendaciones, finalmente, los evaluadores sugieren corregir las barreras identificadas en los sitios web analizados. Las barreras más severas están relacionadas con el color primario, insuficiente contraste visual, y demasiados enlaces web. Además, se identificaron barreras relacionadas con el contenido en movimiento, imágenes vibrantes y mal posicionadas, imágenes que son utilizadas como títulos así como la falta de enlaces internos. En esta fase, enumeramos algunas sugerencias para reducir las barreras de accesibilidad:

1. Separar en diferentes grupos con títulos de página “H2, H3” para que los usuarios puedan pasar directamente a una sección de la página.
2. Eliminar imágenes de fondo para que no afecten la percepción del contenido que se encuentren en primer plano.
3. Probar el tono de contraste antes de implementar el sitio web y tener una paleta para el diseño del sitio web, considerando los contrastes más apropiados que ayudan a una fácil visualización para los usuarios con baja visión.
4. Evitar el uso de marcos siempre que sea posible porque tienden a confundir al usuario y hacerlos sentir perdidos.

4.13 Método heurístico basado en Barrier Walkthrough (BW)

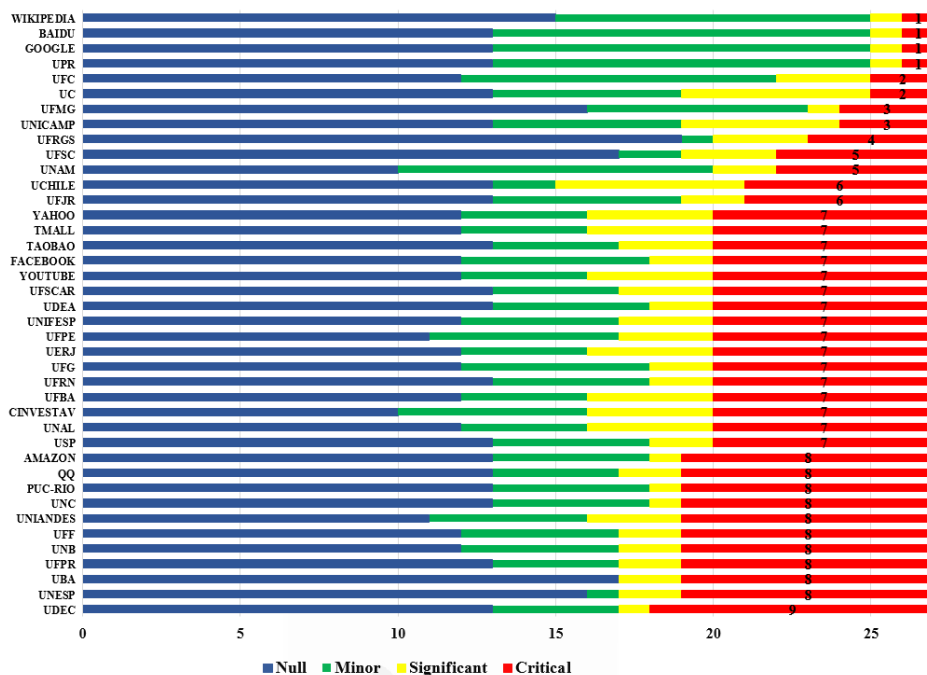


Figura 4.11: Sitios web con análisis de severidades

5. Evitar el uso de contenido en movimiento para dar al usuario la posibilidad de decidir cuándo avanzar.

4.13.3. Tipos de discapacidad

La Organización Mundial de la Salud, define a la discapacidad como un término general que abarca las deficiencias, las limitaciones de la actividad y las restricciones de la participación ([World Health Organization, 2016](#)).

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud ([World Health Organization, 2018](#)) se estima que en el mundo existen aproximadamente 1300 millones de personas que viven con alguna forma de deficiencia visual.

Con respecto a la visión de lejos, existen alrededor de 188.5 millones de personas con una deficiencia visual moderada, 217 millones que tienen una deficiencia visual de moderada a grave y 36 millones son personas ciegas.

Las principales causas de la visión deficiente están relacionadas con los errores de refracción no corregidos y las cataratas. En el grupo de edad con baja visión se encuentran las personas de más de 50 años.

Donde las deficiencias se refieren a las dificultades que afectan a una estructura corporal; las limitaciones de la actividad representan los problemas para hacer acciones, finalmente, las restricciones de la participación hacen referencia a los inconvenientes para participar en situaciones vitales.

De tal forma que la discapacidad se lo ve como algo complejo que refleja una interacción entre las características de la asociación humana y las peculiaridades de la

sociedad en la que existe.

4.13.4. Discapacidad visual y baja visión

Según la Organización Mundial de la Salud, la discapacidad visual incluye a la discapacidad visual moderada y grave, y la ceguera. El sistema visual comprende tres partes relacionadas sistemáticamente (1) los órganos periféricos, (2) el nervio óptico y (3) el centro visual en el córtex cerebral.

La visión funciona únicamente cuando estas tres partes trabajan conjuntamente. Si cualquiera de las tres no funciona por problemas de una inflamación, un tumor o una lesión, se pierde la percepción visual. Si el daño es bilateral, se pierde más del 80 % de contacto con el mundo exterior, puesto que la vista es responsable del 80 % de nuestro contacto con el entorno (Kvetonová y Rehurek, 2011).

La baja visión es el grado de visión parcial o reducida que permite su utilización como canal primario para aprender y lograr información y limita las capacidades de las personas a la hora de realizar actividades cotidianas, pero precisa de adaptaciones sencillas para poder llevar a cabo algunas de ellas como con ayudas ópticas o con ampliaciones (de Miguel, 2003). La baja visión comprende agudezas visuales en el mejor ojo menores a 20/60 y mejores que 20/400, con visión potencial, en la actualidad es un tema de discusión el carácter de irreversibilidad por existir del grupo de las ametropías no corregidas como causas frecuentes de la misma. En este estudio nos centramos en los usuarios con baja visión las barreras de accesibilidad web para este tipo de usuarios se registran en la Tabla 4.7.

4.13.5. Tipos de baja visión

La baja visión es muy frecuente en las personas de edad avanzada, pero puede ocurrir en cualquier edad como consecuencia de enfermedades degenerativas como el glaucoma, la degeneración macular, la retinopatía diabética o las cataratas. El principio “perceptible” es el que más se relaciona a las personas con baja visión porque no puede ver el contenido que es pequeño, o que no posea el suficiente contraste.

4.13.6. Glaucoma

El glaucoma es una enfermedad neuro-degenerativa crónica, es una de las principales causas de ceguera irreversible en el mundo. Se estima que en 2013, 64.3 millones de personas de entre 40 y 80 años sufrirán de glaucoma, mientras que se espera que esta cifra aumente a 76 millones en 2020 y a 111.8 millones para el 2040 (Tham y otros, 2014). En sus múltiples variantes, el glaucoma se caracteriza por la lesión del nervio óptico, típicamente causado por una alta presión intraocular. La Figura 4.12 muestra los cambios patológicos típicos del glaucoma, observados a través de una fotografía del fondo de ojo. Se observa el adelgazamiento del borde neurorretinal debido al ahuecamiento en la cabeza del nervio óptico. Las líneas blancas indican el diámetro vertical del disco óptico (verde) y la copa óptica (amarillo). Particularmente puede ser difícil de leer el texto porque parece haberse difuminado, el mismo que puede parecer borroso, en la Figura 4.13 se aprecia un ejemplo, una persona con glaucoma puede observar

4.13 Método heurístico basado en Barrier Walkthrough (BW)

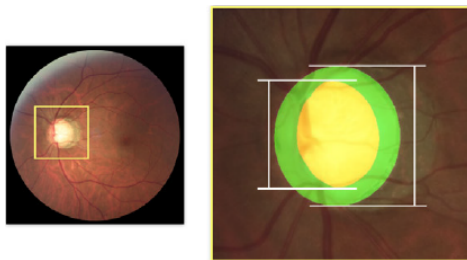


Figura 4.12: Glaucoma

(Orlando y otros, 2020)



Figura 4.13: Imagen y texto de cómo ve una persona con glaucoma

(Centro de Recuperación de Personas con Discapacidad Física de Albacete, 2019)

la fotografía como que ha perdido el color e intensidad mientras que leer los textos le puede resultar difícil, puede experimentar la ceguera nocturna y disminución del contraste.

4.13.7. Degeneración macular

La degeneración macular relacionada con la edad es una de las principales causas de pérdida de visión en los ancianos. Para el 2040, se proyecta que el número de personas afectadas a nivel mundial por la enfermedad será de 288 millones (Peard y otros, 2019). La visión central tiende a deteriorarse, mientras que la visión periférica permanece intacta, en la Figura 4.14 se observa que la visión de textos se distorsiona y algunos segmentos de palabras pueden desaparecer, asimismo se reduce la visión del color.

4.13.8. Retinopatía diabética

La retinopatía diabética es una complicación común de la diabetes que afecta a la retina debido a un nivel alto y sostenido de azúcar en la sangre. Estudios recientes han demostrado que el estrés oxidativo impulsado por la glucosa juega un papel importante en las complicaciones microvasculares de la retina en la diabetes (Peng, Xiong, Ding, Peng, y Xia, 2019). En la Figura 4.15 una persona con retinopatía diabética observaría

4 Descripción del trabajo realizado



Figura 4.14: Imagen y texto de cómo ve una persona con degeneración macular
(Centro de Recuperación de Personas con Discapacidad Física de Albacete, 2019)



Figura 4.15: Imagen y texto de cómo ve una persona con retinopatía diabética
(Centro de Recuperación de Personas con Discapacidad Física de Albacete, 2019)

el texto escrito de forma distorsionada o borrosa, con reducción de la visión del color, con zonas de visión distorsionada.

4.13.9. Catarata

La catarata es la causa más frecuente de ceguera infantil evitable en el mundo, con un costo económico global estimado en 5.000 millones de dólares en 10 años (Allen, 2019). La catarata puede ocurrir de forma aislada o ser secundaria a una variedad de enfermedades genéticas, infecciosas o metabólicas. Las personas con cataratas presentan una opacidad en el cristalino cuyo resultado es la disminución de la agudeza visual. No afecta al campo de visión, es decir, no se reduce. Una persona con problemas de catarata observará el texto impreso de forma borrosa y con falta de contraste como se observa en la Figura 4.16.

4.13.10. Herramientas para probar el contraste

Existen varios sitios en línea que ayudan a los desarrolladores a probar los contrastes antes de implementar las aplicaciones, entre las más utilizadas están:

1. **Color Contrast Comparison**⁵, esta herramienta online es gratuita, permite comparar la diferencia en brillo y en color entre dos colores.

⁵<https://www.joedolson.com/tools/color-contrast.php>

Parte II

TRABAJOS PUBLICADOS



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

5 Publicaciones

Este capítulo presenta las principales publicaciones de la investigación realizada durante los estudios de doctorado en orden cronológico. Cuatro de las publicaciones incluidas en el compendio son artículos de revistas (Acosta-Vargas, Acosta, y Luján-Mora, 2018; Acosta-Vargas y otros, 2020, 2016a; Acosta-Vargas, Salvador-Ullauri, y Luján-Mora, 2019). Dos de las publicaciones están clasificadas en *Journal Citation Report* con un factor de impacto de 4.098, se encuentran en el primer cuartil (Q1). Una tercera publicación indexada en *Latindex* fue parte de un congreso internacional, recibió el primer premio, al mejor artículo en el área de Ciencias de la Computación. La cuarta publicación presentada en este compendio está clasificada en *SCImago Journal Rank* en el primer cuartil (Q1) con un factor de impacto de 0.37.

La Figura 5.1 muestra la línea de tiempo de producción de las publicaciones relacionadas con el tema de investigación que sirven de apoyo para las publicaciones incluidas en este compendio. En esta línea de tiempo se visualiza de forma aproximada el tiempo invertido en cada artículo científico, el tipo de publicación, el nombre de la revista, el lugar y la fecha de publicación. Los artículos de las revistas son colocados de acuerdo con el identificador que consta en la Tabla 2.1. El periodo establecido va desde el 2016 hasta 2019, considerando que en estos años se obtuvieron todos los trabajos para presentar el compendio de publicaciones. Adicionalmente, en apéndices se incluyen varios artículos de apoyo que no se incluyeron en el compendio con el propósito de garantizar la unidad temática de los artículos presentados.

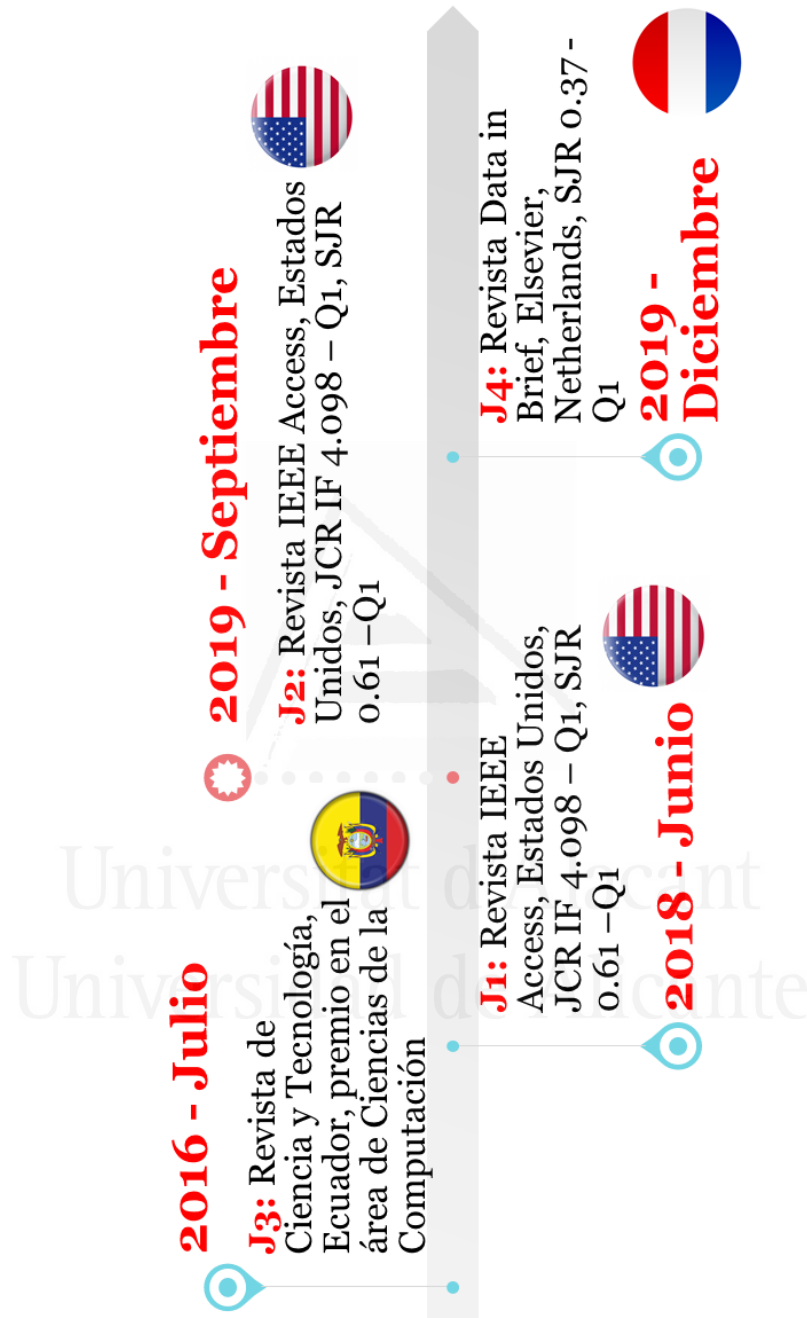


Figura 5.1: Línea de tiempo del compendio de publicaciones

6 Challenges to Assess Accessibility in Higher Education Websites: A Comparative Study of Latin America Universities

Referencia:

Acosta-Vargas, P., Acosta, T., y Lujan-Mora, S. (2018). Challenges to Assess Accessibility in Higher Education Websites: A Comparative Study of Latin America Universities. *IEEE Access*, 6, 36500–36508. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2848978> (Acosta-Vargas, Acosta, y Luján-Mora, 2018)

Disponible en:

- <https://ieeexplore.ieee.org/document/8388714>
- [10.1109/ACCESS.2018.2848978](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2848978)

Temas a los que aporta:

- O1. Caracterizar los problemas de accesibilidad web en las instituciones de educación superior.
- O2. Recopilar el estado de la cuestión en métricas para la accesibilidad web.
- O3. Identificar los requisitos de accesibilidad en sitios web, caso específico en universidades seleccionadas de Latinoamérica.
- O4. Evaluar el nivel de accesibilidad de los sitios educativos de las instituciones de educación superior.

Challenges to Assess Accessibility in Higher Education Websites: A Comparative Study of Latin America Universities

PATRICIA ACOSTA-VARGAS¹, TANIA ACOSTA², AND SERGIO LUJÁN-MORA³

¹Intelligent and Interactive Systems Lab, Universidad de Las Américas, Quito EC170125, Ecuador

²Departamento de Electrónica, Telecomunicaciones y Redes de Información, Escuela Politécnica Nacional, Quito 170517, Ecuador

³Department of Software and Computing Systems, University of Alicante, 03690 Alicante, Spain

Corresponding author: Patricia Acosta-Vargas (patricia.acosta@udla.edu.ec)

This work was supported by the Universidad de Las Américas.

ABSTRACT The Web has revolutionized our daily lives, becoming a prime source of information, knowledge, inquiry, and provision of services in various areas. It is possible to obtain information easily from any institution through the Internet; in fact, the first impression of an organization an individual perceives is almost always based on its official website. Services related to education are increasing worldwide; therefore, it is important that users, regardless of their disabilities, be able to access these websites in an effective manner. However, the homepages of universities in Latin America still do not meet web accessibility criteria. This paper describes the problems of web accessibility identified in 348 main university websites in Latin America according to their rankings on Webometrics. The results show that the universities' websites have frequent problems related to the lack of alternative image text. It was found that the university websites included in the present study violate Web accessibility requirements based on the Web Content Accessibility Guidelines 2.0. The many problems identified concerning Website accessibility indicate that it is necessary to strengthen Web accessibility policies in each country and apply better directives in this area to make Websites more inclusive.

INDEX TERMS Accessibility, assess, evaluation, higher education, Latin America, university, Website, Web accessibility, Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0.

I. INTRODUCTION

Internet technology now affects many aspects of life, including education [1]. The number of educational websites has increased significantly in recent years, and this growth is largely based on internet availability. According to the Global Digital report, the number of internet users in 2018 reached 4.021 billion, with year-on-year growth of 7% [2]. The World Health Organization estimated that 15% of the population, approximately one billion people worldwide, live with a disability.

Millions of higher-education websites exist, each with its own style and form. However, not all websites comply with the guidelines proposed by the World Wide Web Consortium (W3C). The W3C provides guidelines to websites with an effective function that specify the optimal access features that should be embedded in their structure. A well designed and developed website should comply with the guidelines established by the W3C. The standards reflected by the guidelines help to increase the number of potential website visits.

Web accessibility refers to web design features that allow people to perceive, understand, operate, and support technologically on the websites, the W3C developed the Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0. The goal of the WCAG is to guide web designers and developers toward the elimination of accessibility errors [3].

Web Accessibility seeks to guarantee satisfactory web access for the maximum number of people regardless of their physical limitations, their environment, or the devices they use to access information.

An accessible web page does not present barriers that hinder access, regardless of the user's physical condition or situation. Web pages that comply with accessibility guidelines are more likely to display correctly on any device and any browser. Although acquiring the necessary skills to construct accessible web pages requires an initial investment, after that knowledge has been acquired, the costs of developing and maintaining accessible web pages is lower compared to those of less accessible sites [4].

7 A Heuristic Method to Evaluate Web Accessibility for Users With Low Visions

Referencia:

Acosta-Vargas, P., Salvador-Ullauri, L., y Luján-Mora, S. (2019). A Heuristic Method to Evaluate Web Accessibility for Users With Low Vision. IEEE Access, 7, 125634–125648. doi:10.1109/ACCESS.2019.2939068 (Acosta-Vargas, Salvador-Ullauri, y Luján-Mora, 2019)

Disponible en:

- <https://ieeexplore.ieee.org/document/8822682>
- [10.1109/ACCESS.2019.2939068](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2939068)

Temas a los que aporta:

- O1. Caracterizar los problemas de accesibilidad web en las instituciones de educación superior.
- O2. Recopilar el estado de la cuestión en métricas para la accesibilidad web.
- O3. Identificar los requisitos de accesibilidad en sitios web, caso específico en universidades seleccionadas de Latinoamérica.
- O4. Evaluar el nivel de accesibilidad de los sitios educativos de las instituciones de educación superior.
- O5. Proponer un nuevo método heurístico para los usuarios con baja visión.

A Heuristic Method to Evaluate Web Accessibility for Users With Low Vision

PATRICIA ACOSTA-VARGAS¹, LUIS ANTONIO SALVADOR-ULLAURI²,
AND SERGIO LUJÁN-MORA²

¹Intelligent and Interactive Systems Laboratory Universidad de Las Américas, Quito 170125, Ecuador

²Department of Software and Computing Systems, University of Alicante, 03690 Alicante, Spain

Corresponding author: Patricia Acosta-Vargas (patricia.acosta@udla.edu.ec)

This work was supported by the Universidad de Las Américas, Ecuador, under Project FGE.PAV.18.10.

ABSTRACT Checking the accessibility of a website is a significant challenge for accessibility experts. Users who suffer from age-related changes, such as low vision, poor hearing, and diminishing motor skills, among others, have problems accessing the services offered by the web. Currently, there are qualitative and quantitative methods to check if a website is accessible. Most methods apply automatic tools because they are low cost, but they do not present an ideal solution. Instead, heuristic methods require manual support that will help the expert to assess accessibility by establishing severity ranges. This research used a modification of the Barrier Walkthrough method proposed by Giorgio Brajnik considering the Web Content Accessibility Guidelines 2.1. The modification consisted of including persistence to determine the severity of an accessibility barrier. This method enabled the measurement of the accessibility of websites to test a new heuristic process and to obtain sample data for analysis. The method was applied to 40 websites, including those of 30 universities in Latin America, according to the Webometrics ranking, and 10 websites among the most visited, according to Alexa ranking. With this heuristic method, the evaluators concluded that although a website is in a high-ranking position, this does not imply that it is accessible and inclusive. However, the manual method takes too long, and it is therefore too costly to solve accessibility problems. This research can serve as a starting point for future studies related to web accessibility heuristics.

INDEX TERMS Accessibility, assessment, barrier walkthrough, evaluation, heuristic method, low vision, website, web content accessibility guidelines (WCAG) 2.1.

I. INTRODUCTION

The constant technological advances and the accelerating development of the web produce significant effects on the way of life, work, and the ideas of understanding the world on the part of its users. These technologies also affect the traditional processes of information exchange, teaching, learning, social utility to connect people, research, and business, which are profoundly modifying the patterns of behavior, family, and social relationships.

In 2019, the number of Internet users reached 4.39 billion, with year-on-year growth of 9%, according to the Global Digital report [1]. According to the Internet Live Stats,¹ there are now more than 1.5 billion websites on the World Wide Web, and it continues to grow at an accelerated pace.

The associate editor coordinating the review of this article and approving it for publication was Xiaofei Wang.

¹<http://www.internetlivestats.com/>

Furthermore, websites related to social networking, education, government, businesses, and research have a high impact on building social and economic development. Therefore, the information and various communication tools offered through the websites have become the ideal medium to meet various needs, including the exchange of information and dissemination of research among business areas, government, and academia. At an academic level, universities play an essential role in communicating and disseminating the scientific and cultural achievements that give prestige and visibility to research projects. With the evolution of the web, there have been considerable challenges in terms of marketing strategies [2], which are used to create collaborative networks in both educational and business areas, for the recruitment of students and professionals to improve the positioning and reputation of institutions that promote knowledge and economic development. According to the parameters indicated, [3] web accessibility has become a key indicator. Among its

8 Evaluación de la Accesibilidad de las Páginas Web de las Universidades Ecuatorianas

Referencia:

Acosta-Vargas, P., Luján-Mora, S., y Salvador-Ullauri, L. (2016). Evaluación de la Accesibilidad de las Páginas Web de las Universidades Ecuatorianas. *Revista Congreso de Ciencia y Tecnología*, 11, 181–187 ([Acosta-Vargas y otros, 2016a](#))

Disponible en:

- http://ciencia.espe.edu.ec/wp-content/uploads/2016/06/Revista_08_06_2016_2-final3.pdf

Temas a los que aporta:

- O1. Caracterizar los problemas de accesibilidad web en las instituciones de educación superior.
- O2. Recopilar el estado de la cuestión en métricas para la accesibilidad web.
- O3. Identificar los requisitos de accesibilidad en sitios web, caso específico en universidades seleccionadas de Latinoamérica.
- O4. Evaluar el nivel de accesibilidad de los sitios educativos de las instituciones de educación superior.

Evaluación de la accesibilidad de las páginas web de las universidades ecuatorianas

Patricia Acosta-Vargas^a, Sergio Luján-Mora^b, Luis Salvador-Ullauri^c

^a Facultad de Formación General, Universidad de Las Américas – UDLA, Quito, Ecuador

^b Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos, Universidad de Alicante, España

^c Facultad de Ingeniería de Sistemas, Escuela Politécnica Nacional – EPN, Quito, Ecuador

patricia.acosta@udla.edu.ec, sergio.lujan@ua.es, luis.salvador@epn.edu.ec

Resumen— Este artículo describe un estudio realizado para evaluar la accesibilidad de los contenidos de los sitios web de diez universidades ubicadas en las categorías A y B, en Ecuador, de acuerdo con la clasificación del Consejo de Evaluación, Acreditación y Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior (CEAACES). La evaluación de la accesibilidad se llevó a cabo para comprobar el cumplimiento de las directrices de la accesibilidad al contenido web establecido por la recomendación de las Web Content Accessibility Guidelines 2.0 (WCAG 2.0) del World Wide Web Consortium (W3C). El objetivo principal fue tratar de determinar si las universidades con mayor prestigio académico según el CEAACES, se han preocupado de proporcionar información accesible a través de su página web para que pueda ser accedido por todos, independientemente de si el usuario tiene una discapacidad. En el estudio se aplicó la Metodología de Evaluación de Conformidad muy utilizada al probar la accesibilidad en sitios web.

De las páginas web analizadas, se determinó que ninguna cumple con las pautas de accesibilidad requeridas, por lo tanto, las páginas no son accesibles. A partir de los resultados obtenidos, se ha llegado a la conclusión de que la mayoría de los sitios evaluados no alcanzan un nivel de cumplimiento aceptable, a pesar de ser todas ellas instituciones incluidas en la clasificación con mayor prestigio académico según el CEAACES. Sin embargo las instituciones de Educación Superior ecuatorianas, tienen un nivel bajo de accesibilidad a las páginas web, pero apuestan por lograr una mejor accesibilidad de acuerdo con los parámetros propuestos por la WCAG 2.0. Pues el 8 de agosto de 2020, todos los sitios web ecuatorianos que presten un servicio público deben ser accesibles de acuerdo con las WCAG 2.0 en el Nivel AA.

Palabras Claves— contenido accesible, clasificación de las universidades, discapacidad, usabilidad, WCAG 2.0, W3C.

Abstract— This article describes a study to assess the accessibility of the contents of the websites of ten universities located in the A and B categories, in Ecuador, according to the classification of Consejo de Evaluación, Acreditación y Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior (CEAACES). The accessibility assessment was carried out to verify compliance with the guidelines of accessibility to web content established by the recommendation of the Web Content Accessibility Guidelines 2.0 (WCAG 2.0) of the World Wide Web Consortium (W3C). The main objective is to try to determine

whether universities with greater academic prestige as the CEAACES, have been concerned to provide information accessible through its website so that all, regardless of whether the user has a disability, can access it. In the study applies Website Accessibility Conformance Evaluation Methodology (WCAG-EM) for websites.

Of web pages analyzed, it was determined that none meet accessibility guidelines required, therefore, the pages are not accessible. From the results, it was concluded that the majority of sites tested do not reach an acceptable level of compliance; therefore, the pages are not accessible, despite being all institutions included in the classification with the highest academic prestige as the CEAACES. However, the Ecuadorian Higher Education institutions have a low level of accessibility to web pages, but are committed to achieving better accessibility according to WCAG 2.0. Is important to know that on August 8, 2020, all Ecuadorians websites that provide public services should be accessible according to WCAG 2.0 Level AA.

Keywords— Disability, ranking of universities, usability, WCAG 2.0, W3C, Web content accessibility.

I. INTRODUCCIÓN

La accesibilidad indica la facilidad con la que un producto o servicio puede ser visitado o accedido en general por todas las personas, especialmente por aquellas que poseen algún tipo de discapacidad [1]. La accesibilidad web se refiere a la facilidad con la cual las personas puedan percibir, entender, navegar e interactuar con la web [2]. En este artículo se presenta un análisis de la accesibilidad al contenido web establecido por la recomendación de las WCAG 2.0 [3]. El análisis se aplicó al contenido web de la página principal de tres universidades en categoría A y de siete universidades en categoría B, de acuerdo con la clasificación del Consejo de Evaluación, Acreditación y Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior (CEAACES) [4] de Ecuador. La evaluación de la accesibilidad se llevó a cabo para comprobar el cumplimiento de las directrices de accesibilidad de las universidades seleccionadas, de tal forma que si la página principal no es accesible, los usuarios podrían tener problemas incluso para llegar a otras páginas del sitio.

Este estudio preliminar de la accesibilidad web permitirá

9 Dataset for Evaluating the Accessibility of the Websites of Selected Latin American Universities

Referencia:

Acosta-Vargas, P., González, M., y Luján-Mora, S. (2020). Dataset for Evaluating the Accessibility of the Websites of Selected Latin American Universities. *Data in Brief*, 28, 105013. ([Acosta-Vargas y otros, 2020](#))

Disponible en:

- <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352340919313691>
- [10.1016/j.dib.2019.105013](https://doi.org/10.1016/j.dib.2019.105013)

Temas a los que aporta:

- O1. Caracterizar los problemas de accesibilidad web en las instituciones de educación superior.
- O2. Recopilar el estado de la cuestión en métricas para la accesibilidad web.
- O4. Evaluar el nivel de accesibilidad de los sitios educativos de las instituciones de educación superior.



Contents lists available at ScienceDirect

Data in brief

journal homepage: www.elsevier.com/locate/dib



Data Article

Dataset for evaluating the accessibility of the websites of selected Latin American universities



Patricia Acosta-Vargas^{a, *}, Mario González^a,
Sergio Luján-Mora^b

^a *SI2 Lab, Universidad de las Américas, 170125, Quito, Ecuador*

^b *Department of Software and Computing Systems, University of Alicante, 03690, Alicante, Spain*

ARTICLE INFO

Article history:

Received 9 July 2019

Received in revised form 1 October 2019

Accepted 10 December 2019

Available online 19 December 2019

<https://data.mendeley.com/datasets/526kfj5dpj/1>

Keywords:

Accessibility

Assess

Evaluation

Dataset

Higher education

Website

Web content accessibility guidelines

(WCAG) 2.1

ABSTRACT

This article presents the process of building a dataset for evaluation of the accessibility of 368 web pages, beginning with Webometrics rankings, the WAVE tool was used in the evaluation of the web pages. The dataset documents data on repeated errors with higher frequency, in such a way that they alert the web developers, supporting them in creating more inclusive and accessible websites for all types of people, including users with disabilities. The data show that university websites have frequent problems related to the lack of alternative text linked to images. Some of the university websites included in this dataset were found to violate web accessibility requirements based on the Web Content Accessibility Guidelines 2.0 and 2.1. Therefore, this data has been shared to allow replication of the experiment, and serve as an input to future studies related to web accessibility. The dataset is hosted, with public access, in the Mendeley Dataset Repository.

© 2019 The Author(s). Published by Elsevier Inc. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Data

This dataset consists of the data from an evaluation of web accessibility applied to the main pages of Webometrics [1] section Latin American. The dataset is in.xlsx format where each row represents an

* Corresponding author.

E-mail address: patricia.acosta@udla.edu.ec (P. Acosta-Vargas).

<https://doi.org/10.1016/j.dib.2019.105013>

2352-3409/© 2019 The Author(s). Published by Elsevier Inc. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Parte III

**CONCLUSIONES Y TRABAJOS
FUTUROS**

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

10 Conclusiones, aportes y trabajos futuros

10.1. Conclusiones

Los numerosos sitios web, así como el acelerado desarrollo tecnológico tienden a la automatización intuitiva, en donde se vuelve esencial considerar los lineamientos para la accesibilidad web, donde la diversidad es esencial para generar innovación.

Los resultados obtenidos en esta investigación indican que ningún sitio web educativo ha alcanzado un nivel aceptable de accesibilidad. El estudio reveló que existe una gran cantidad de barreras de accesibilidad web. Por otro lado, las pruebas realizadas por expertos en accesibilidad conciben cómo la tecnología web interactiva y puede contribuir con informes basados en diferentes grupos de usuarios. Para mejorar la accesibilidad web sugerimos: (1) aumentar el contraste entre el color de primer plano (texto) y el color de fondo. El texto grande (más grande que 18 puntos o 14 puntos en negrita) no requiere tanto contraste como el texto más pequeño; (2) colocar el contenido del texto dentro del elemento `<button>` o del elemento `<input>`; (3) añadir un atributo ALT a la imagen, el valor del atributo se debe presentar de forma precisa al contenido y a la función que realiza la imagen. Si el contenido de la imagen se transmite en el contexto o entorno de la imagen, o si la imagen no transmite el contenido o no tiene una función, se le debe dar un texto alternativo *vacío/nulo* (`alt=""`); (4) proporcionar una estructura de encabezamiento clara y coherente, generalmente una `<h1>` y subencabezados según corresponda. Excepto para las páginas simples; (5) revisar que el contenido dentro de un `iframe` sea accesible, opcionalmente, se puede añadir un valor de atributo `title` para proporcionar una descripción breve y orientativa del `iframe`.

Adicionalmente, a lo largo de esta investigación, evaluamos varios sitios web con un método manual para determinar el nivel de accesibilidad para lo cual aplicamos un método heurístico, que consiste en la variación al método de Barrier Walkthrough.

Durante la evaluación identificamos algunas barreras de severidad, entre ellas, se revelan tres; la primera barrera con el mayor número de severidad crítica corresponde a “el

color es necesario” corresponde al principio de “perceptible”, debido al uso inadecuado de los colores representa una barrera de accesibilidad para los usuarios con daltonismo. Motivo por el cual, sugerimos aplicar herramientas y técnicas para evaluar el contraste y el uso del color en los sitios web.

La segunda barrera corresponde a “insuficiente contraste visual”, que viola el principio de “perceptible”, esta barrera puede evitarse al considerar (1) el borrado de imágenes de fondo, y (2) al aplicar colores que tienen un alto nivel de contraste en el brillo y un alto nivel de brillo de contraste en los tonos.

La tercera barrera está relacionada con “demasiados enlaces”, que violan el principio de “operable”, un sitio web con demasiados enlaces puede ser complicado en la navegación para la mayoría de los usuarios, por lo cual sugerimos (1) reducir el número de enlaces en las páginas, (2) implementar grupos con etiquetas apropiadas, y (3) separar grupos con títulos de páginas como “*H2*, *H3*” para que los usuarios puedan navegar directamente a una sección de la página.

En esta investigación se reveló que las universidades de Latinoamérica y los sitios web más visitados deben realizar esfuerzos significativos para mejorar la accesibilidad en los sitios web. Los evaluadores sugieren motivar el fortalecimiento de la legislación de cada país mediante la inclusión de políticas públicas de accesibilidad web, así como la aplicación de las mejores prácticas basadas en los lineamientos de las WCAG 2.1 que permitan la construcción y el diseño de sitios web accesibles para todo tipo de personas incluidos los usuarios con discapacidades.

Se evidenció que cuando un sitio web es más accesible los motores de búsqueda indexan más rápido los sitios accesibles, además de incrementar el número de visitas al sitio. Al contar con un sitio accesible se puede alcanzar un nivel de independencia que le permite operar con los diferentes dispositivos manteniendo la consistencia de la información.

Finalmente, es esencial que la formación de los profesionales en el área de tecnologías de la información y comunicación incluya temas relacionados con las WCAG 2.1 desde el inicio de su formación para crear conciencia y mejorar las actitudes de programación. Este estudio tiene limitaciones y asume riesgos en la etapa de planificación, pero puede servir como lecciones aprendidas y guía de referencia para trabajos futuros.

10.2. Aportes

Una de las ventajas de nuestra propuesta es probar una nueva heurística con un rango de persistencia más amplio, lo que permite a los evaluadores tener una aproximación más realista de la severidad de una barrera de accesibilidad web.

Este trabajo cuenta con un conjunto de datos de la evaluación con herramientas de revisión automática de 368 páginas web de las universidades de Latinoamérica, el conjunto de datos documenta sobre los errores que se repiten con mayor frecuencia, de tal manera que alerten a los desarrolladores web, apoyándolos en la creación de sitios web más inclusivos y accesibles. El conjunto de datos de acceso público puede servir de apoyo en futuras investigaciones para comparar y evidenciar la evolución de los sitios web al aplicar los lineamientos de las WCAG 2.1.

En consecuencia la información sobre el conjunto de datos puede ayudar a la comunidad investigadora en diversas aplicaciones, por ejemplo, para determinar posibles fallos en la creación de prototipos de sitios web inclusivos. También se puede utilizar para el análisis de conglomerados o consultas multivariadas, comparación con conjuntos de datos similares y categorización de sitios web accesibles.

10.3. Trabajos futuros

Al aplicar los lineamientos de la WCAG 2.1 en todas las aplicaciones de software se puede garantizar un mayor acceso universal de los usuarios independientemente de su discapacidad, por lo cual, como trabajos futuros sugerimos:

1. Continuar analizando la evolución de los sitios web, al proporcionar clasificaciones actualizadas y al hacer públicos los resultados de evaluación de la accesibilidad web, que pueden servir como insumos para futuras investigaciones.
2. Replicar el método heurístico propuesto en este trabajo para múltiples usuarios, considerando las barreras de accesibilidad para cada tipo de discapacidad. A pesar de que el método manual toma demasiado tiempo y aumenta el costoso permite reducir las barreras de accesibilidad.
3. Buscar nuevos métodos heurísticos que permitan dar solución a las barreras de accesibilidad web y se adapten a aplicaciones móviles que actualmente están en vigencia, igualmente, investigar sobre nuevos métodos para dar solución a temas de accesibilidad relacionados con recursos de video, audio que consideren la diversidad de usuarios.
4. Incluir nuevas propuestas que permitan resolver problemas de accesibilidad de forma automática al construir nuevas herramientas que apliquen el mayor número de lineamientos de accesibilidad.
5. Participar en la elaboración de políticas públicas de accesibilidad al contenido web en cada uno de nuestros países de tal forma que podamos aportar y divulgar los lineamientos de accesibilidad con las WCAG 2.1.
6. Generar una guía con buenas prácticas que incluyan métodos combinados para socializar y difundir desde los primeros niveles de estudio en el área informática, de tal forma que los estudiantes de desarrollo de software se familiaricen y apliquen los lineamientos de las WCAG 2.1 en la generación de productos innovadores e inclusivos.
7. Participar en eventos de divulgación de la ciencia, tecnología e inclusión de tal forma que lleguemos al mayor número de usuarios relacionados con el desarrollo de software.
8. Aplicar el método propuesto al mayor número de usuarios con diversos tipos de discapacidad para mejorar y afinar el método propuesto que es esencial para lograr aplicaciones inclusivas e innovadoras.

APÉNDICES



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

A Artículos de apoyo

Durante el doctorado se realizaron varias publicaciones, no se incluyen estos artículos en el compendio con el fin de garantizar la unidad temática de los presentados.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

B Toward a Combined Method for Evaluation of Web Accessibility

Referencia:

Acosta-Vargas, P., Luján-Mora, S., Acosta, T., y Salvador-Ullauri, L. (2018). Toward a Combined Method for Evaluation of Web Accessibility. In International Conference on Information Theoretic Security (pp. 602-613). Springer, Cham. https://10.1007/978-3-319-73450-7_57. (Acosta-Vargas, Luján-Mora, y otros, 2018)

Disponible en:

- https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-73450-7_57
- [10.1007/978-3-319-73450-7_57](https://doi.org/10.1007/978-3-319-73450-7_57)

Temas a los que aporta:

- O1. Caracterizar los problemas de accesibilidad web en las instituciones de educación superior.
- O2. Recopilar el estado de la cuestión en métricas para la accesibilidad web.
- O3. Identificar los requisitos de accesibilidad en sitios web, caso específico en universidades seleccionadas de Latinoamérica.
- O4. Evaluar el nivel de accesibilidad de los sitios educativos de las instituciones de educación superior.

Toward a Combined Method for Evaluation of Web Accessibility

Patricia Acosta-Vargas¹(✉), Sergio Luján-Mora², Tania Acosta³,
and Luis Salvador-Ullauri³

¹ Universidad de Las Américas-UDLA, Quito, Ecuador
patricia.acosta@udla.edu.ec

² University of Alicante, Alicante, Spain
sergio.lujan@ua.es

³ Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador
tania.acosta@epn.edu.ec, l.salvador@cec-epn.edu.ec

Abstract. This study describes the problems of web accessibility, especially for people with disabilities, as external conditions can distort user behavior and limit the data that can be obtained. Several studies recommend combining some methods with each other to achieve better results. This article proposes a combined approach, with the application of automatic and heuristic tools to make websites more accessible. In this study, we apply the Web Site Accessibility Assessment Methodology (WCAG-EM) considered in the Web Content Accessibility Guidelines 2.0 (WCAG 2.0). From the results, we conclude that most tested websites can achieve an acceptable level of compliance. We propose that future work can focus on optimizing this combined approach, also this study can serve as a guide to help develop more inclusive websites.

Keywords: Accessibility · Automatics tools · Combined method
Evaluation · Heuristics · People with disabilities · WCAG-EM
WCAG 2.0 · W3C · Website

1 Introduction

Currently a significant amount of activities worldwide revolves around the Internet [9]; through the websites, we can review the information, materials, guides, tutorials, and conferences. The Internet every time spans more activities that can be carried out online.

An example is University students are frequently using the Internet for educational purposes and for other purposes [18]. There are services necessary for daily life that are only available through the Web.

This is possible due to e-government services, by which the government must ensure that the websites are accessible to all citizens. If this were not the case, discrimination scenarios could be created. In some countries, web accessibility legislation forces government and local authorities to ensure a minimum of accessibility; however, after evaluating many websites, this has not been accomplished. With the purpose of creating

C Web Accessibility Polices of Higher Education Institutions

Referencia:

Acosta-Vargas, P., Luján-Mora, S., y Salvador-Ullauri, L. (2017). Web Accessibility Polices of Higher Education Institutions. In International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET) (pp. 1-7). IEEE. 10.1109/ITHET.2017.8067808. (Acosta-Vargas, Luján-Mora, y Salvador-Ullauri, 2017b)

Disponible en:

- <https://ieeexplore.ieee.org/document/8067808>
- [10.1109/ITHET.2017.8067808](https://doi.org/10.1109/ITHET.2017.8067808)

Temas a los que aporta:

- O1. Caracterizar los problemas de accesibilidad web en las instituciones de educación superior.
- O2. Recopilar el estado de la cuestión en métricas para la accesibilidad web.
- O3. Identificar los requisitos de accesibilidad en sitios web, caso específico en universidades seleccionadas de Latinoamérica.
- O4. Evaluar el nivel de accesibilidad de los sitios educativos de las instituciones de educación superior.

Web Accessibility Policies of Higher Education Institutions

Patricia Acosta-Vargas
Facultad de Formación General
Universidad de Las Américas - UDLA
Quito, Ecuador
patricia.acosta@udla.edu.ec

Sergio Luján-Mora
Department of Software and
Computing Systems
University of Alicante
Alicante, Spain
sergio.lujan@ua.es

Luis Salvador-Ullauri
Centro de Educación Continua
Escuela Politécnica Nacional - EPN
Quito, Ecuador
luis.salvador@epn.edu.ec

Abstract — This article describes a study on the assessment process of web accessibility policies adopted by 51 university websites across the world, which are ranked by Webometrics. The web accessibility assessment was aimed at validating compliance with Web Content Accessibility Guidelines 2.0; these guidelines are defined and published by the World Wide Web Consortium. The primary goal of this study is to identify a group of universities with academic prestige and determine their level of commitment to providing accessible information about university facts and activities through their main websites, as well as making it available to everyone including people with disabilities.

Awareness about the scope of web accessibility policies is a topic of interest for organizations that are operating a website. Some policies can be applied to address internet issues such as privacy of personal data and web accessibility for people with disabilities. Policies of web accessibility are dynamic in nature due to the evolution of technology; therefore, any gaps in web accessibility should be addressed immediately and applied at different levels within an organization.

From a legal perspective, in some websites, policies are depicted in the legal terms posted in the website, and in the functionality and features that the website offers to its users.

In the evaluation phase various parameters were tested such as the implementation of web accessibility policies, version, level, availability of contact information for complaints, conformance logo, educational information, and help and support tools.

Keywords— accessibility, disability, policies, ranking of universities, usability, WCAG 2.0, W3C, web content accessibility, webometrics.

I. INTRODUCTION

Today, the World Wide Web is used in many different ways, from searches on a variety of topics to accessing online services such as those offered by higher education institutions. The number of education websites has increased greatly in recent years because authorities have recognized the many benefits that online services may provide. This

success has been based on Internet availability and related technologies.

This paper presents an analysis of the Web Accessibility Policies of Higher Education Institutions following the Web Content Accessibility Guidelines 2.0 (WCAG 2.0) [1]. The analysis was applied to websites from 51 education institutions with the best ranking of webometrics. This preliminary study will alert education institutions to comply with accessibility guidelines and modify the design of their websites.

On the other hand, there are laws and regulations exist to protect the rights of vulnerable people to access many different formats of information technology; however, in practice this is not always the case due to the lack of supervision and control. In this article, the results show that high scores in web accessibility are not necessarily directly proportional to the university ranking position. By performing the evaluation of the policies for web accessibility applied in university websites, we have identified the existence of certain limitations still present for a large number of users. This article contributes significantly in the development process of more accessible websites, and awareness among web developers of the importance of websites integrating policies for web accessibility.

Web accessibility promotes inclusive education, especially the initiative proposed by UNESCO, Education for All (EFA), a global commitment to provide quality basic education to all children, youth and adults [2]. Access for all is considered to be a primary condition. Information and Communication Technologies accessibility, inclusive society, and digital gap are terms considered in the global efforts to decrease segregation of information technology accessibility among individuals with disabilities.

Accessibility enables the general public, and especially those with disabilities, to access a product or service. Web accessibility refers to the ease with which people can perceive, understand, navigate and interact with the web [1]. This article presents a deep analysis of web accessibility policies defined by the recommendation of the Web Content Accessibility Guidelines 2.0. The assessment of the web accessibility policies was completed to verify the level of

D Accessibility of Portable Document Format in Education Repositories

Referencia:

Acosta-Vargas, P., Luján-Mora, S., y Acosta, T. (2017). Accessibility of Portable Document Format in Education Repositories. In Proceedings of the 9th International Conference on Education Technology and Computers (pp. 239-242).

ACM. doi: 10.1145/3175536.3175574 (Acosta-Vargas, Luján-Mora, y Acosta, 2017)

Disponible en:

- <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3175536.3175574>
- [10.1145/3175536.3175574](https://doi.org/10.1145/3175536.3175574)

Temas a los que aporta:

- O1. Caracterizar los problemas de accesibilidad web en las instituciones de educación superior.
- O3. Identificar los requisitos de accesibilidad en sitios web, caso específico en universidades seleccionadas de Latinoamérica.

Accessibility of Portable Document Format in Education Repositories

Patricia Acosta-Vargas
Universidad de Las Américas - UDLA
Av. Granados E12-41, Ecuador
593-2-3981000 ext. 1027
patricia.acosta@udla.edu.ec

Sergio Luján-Mora
University of Alicante
San Vicente del Raspeig s/n, Spain
34-9-65903400 ext. 2962
sergio.lujan@ua.es

Tania Acosta
Escuela Politécnica Nacional
Ladrón de Guevara E11-253, Ecuador
593-2-2976300 ext. 3125
tania.acosta@epn.edu.ec

ABSTRACT

This article describes a study on accessibility in the Portable Document Format. This type of file is increasingly used on the Web. In order to make the format universally accessible, it is suggested to apply the standards defined by the World Wide Web Consortium in the Web Content Accessibility Guidelines 2.0. However, not all PDF documents are accessible. In this research, the accessibility of PDF files was evaluated when applying the PDF Techniques based on WCAG 2.0. As a case study, it was applied to the universities in Latin America with the highest academic prestige according to the classification of Webometrics. The evaluation of the documents found that, in general, universities have not been concerned with providing accessible documents. In this research, we study the problems encountered in documents and the solutions to generate more accessible and inclusive documents.

CCS Concepts

• **Human-centered computing** → **Accessibility systems and tools** • **General and reference** → **Computing standards, RFCs and guidelines.**

Keywords

Accessibility; accessible content; portable document format; PDF; WCAG 2.0; W3C.

1. INTRODUCTION

Considering different levels of education, especially in higher education, the websites of educational institutions are an essential component of quality education.

Educational websites provide instant and ubiquitous access to all types of services and content, including documents, educational resources, research, thesis, and applications. A previous study evaluating the accessibility of 20 university websites from around the world [1] found that there are major accessibility barriers. The study focused only on the analysis of web pages but did not consider other resources that are available from those pages, such as the Portable Document Format (PDF) resources. In this study the following question was considered as a starting point: Are

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for components of this work owned by others than ACM must be honored. Abstracting with credit is permitted. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. Request permissions from Permissions@acm.org.
ICETC 2017, December 20–22, 2017, Barcelona, Spain
© 2017 Association for Computing Machinery.
ACM ISBN 978-1-4503-5435-6/17/12...\$15.00
<https://doi.org/10.1145/3175536.3175574>

PDF documents accessible to all types of users?

Downloadable resources in PDF format are shared on websites, but not all PDF documents are accessible. An accessible PDF is a document with content available to all users regardless of their disability or application context [2]. Most of the operations that are performed to convert a PDF into accessible PDF are intended for people who use a screen reader. A screen reader is a software that interprets the document and presents the user with a text-to-speech synthesizer or a Braille line.

This research, work analyzes accessibility problems with PDF documents that were developed by Adobe System in 1993. In 2008, the PDF format became an open standard published by the International Organization for Standardization (ISO) as ISO 32000-1:2008 [3] and ISO 32000-2:2017 [4].

PDF documents have now become the primary digital format for distributing documentation over the Internet because of its features; it is a cross-platform, has an open specification and can generate a PDF from any application, including online applications.

PDF documents can integrate a wide combination of different types of content such as text, images, videos, and forms. It is a reliable, robust format that preserves the integrity of the information; that is, it shows the same appearance and structure as the original document, regardless of the application in which it is generated and displayed. It supports security options and digital signature, as well as searching tools.

In this research, it is proposed to apply techniques for PDF documents according to the WCAG 2.0 which is an ISO/IEC 40500:2012 standard [5]. It is not intended to be a specification of techniques, but rather a set of guidelines for creating more inclusive PDF documents.

The specification describes the required components and conditions governing their inclusion or exclusion from a PDF file, making the file always available, even to users with disabilities. The mechanisms for including accessibility components in PDF documents are at the discretion of the PDF developer or generator [6].

PDF files can be subdivided [2] into three levels of accessibility: image-only PDF files, which are scanned copies of documents; searchable PDF image files, which are scanned copies with a text layer for accessibility; and text and graphic formatting. The first document could never be accessible, but the other two documents can be accessible. Conceiving that PDF documents are accessible does not only allow access to supporting products [7].

In many cases, authors use tools like Microsoft Word to create an accessible PDF. However, the resulting PDFs are not labeled

E Accesibilidad de Documentos PDF en Repositorios Educativos de Latinoamérica

Referencia:

Acosta-Vargas, P., Luján-Mora, S., Acosta, T., y Salvador-Ullauri, L. (2017). Accesibilidad de Documentos PDF en Repositorios Educativos de Latinoamérica. In Proceedings ATICA2017 Tecnología. Accesibilidad. Educar en la sociedad red, ISBN: 978-84-16599-50-9. (pp. 239-246). ([Acosta-Vargas, Luján-Mora, Acosta, y Salvador, 2017](#))

Disponible en:

- <http://www.cc.uah.es/Atica/documentos/LibroActasATICA2017.pdf>

Temas a los que aporta:

- O1. Caracterizar los problemas de accesibilidad web en las instituciones de educación superior.
- O3. Identificar los requisitos de accesibilidad en sitios web, caso específico en universidades seleccionadas de Latinoamérica.

Accesibilidad de documentos PDF en repositorios educativos de Latinoamérica

Patricia Acosta-Vargas¹, Sergio Luján-Mora², Tania Acosta³, Luis Salvador-Ullauri⁴,

¹Universidad de Las Américas-UDLA, Facultad de Formación General, Quito, Ecuador

²Universidad de Alicante, Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos, Alicante, España

³Escuela Politécnica Nacional, Departamento de Formación Básica, Quito, Ecuador

⁴Escuela Politécnica Nacional, Centro de Educación Continua, Quito, Ecuador

¹patricia.acosta@udla.edu.ec, ²sergio.lujan@ua.es, ³tania.acosta@epn.edu.ec,

⁴l.salvador@cec-epn.edu.ec

Resumen. Este artículo describe un estudio realizado sobre la accesibilidad en el formato Portable Document Format (PDF). Este tipo de archivos son cada vez más utilizados en la Web. Para que el formato sea universalmente accesible, se sugiere aplicar los estándares definidos por la recomendación de la World Wide Web Consortium en las Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0. Sin embargo, no todos los documentos PDF son accesibles. En esta investigación se evaluó la accesibilidad de los archivos en formato PDF al aplicar las Técnicas PDF para la WCAG 2.0. Como caso de estudio se aplicó a las universidades de Latinoamérica con mayor prestigio académico según la clasificación de Webometrics. En la evaluación de los documentos se constató que, en general, las universidades no se han preocupado de proporcionar documentos accesibles. En esta investigación estudiamos los problemas encontrados en los documentos y las soluciones para generar PDF más accesibles e inclusivos.

Palabras clave: Accesibilidad. Contenido accesible. Evaluación de accesibilidad. Formato de documento portable. PDF. WCAG 2.0.

1 Introducción

En todos los niveles educativos, y en especial en la educación superior, los sitios web de las instituciones educativas son un componente esencial para lograr una educación de calidad.

Los sitios web educativos ofrecen un acceso instantáneo y ubicuo a todo tipo de servicios y contenidos, como documentos, recursos educativos, investigaciones, tesis y aplicaciones.

En un trabajo previo en el que se evaluó la accesibilidad de 20 sitios web de universidades de todo el mundo [17], se constató que existe grandes barreras de accesibilidad. El estudio se centró solo en el análisis de las páginas web, pero no tuvo en cuenta otros recursos que están disponibles desde esas páginas, como por ejemplo los recursos en formato Portable Document Format (PDF).

F Evaluation of the Web Accessibility of Higher-Education Websites

Referencia:

Acosta-Vargas, P., Luján-Mora, S., y Salvador-Ullauri, L. (2016). Evaluation of the Web Accessibility of Higher-Education Websites. In 15th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET) (pp. 1-6). IEEE. (Acosta-Vargas y otros, 2016b)

Disponible en:

- <https://ieeexplore.ieee.org/document/7760703>
- [10.1109/ITHET.2016.7760703](https://doi.org/10.1109/ITHET.2016.7760703)

Temas a los que aporta:

- O1. Caracterizar los problemas de accesibilidad web en las instituciones de educación superior.
- O3. Identificar los requisitos de accesibilidad en sitios web, caso específico en universidades seleccionadas de Latinoamérica.
- O4. Evaluar el nivel de accesibilidad de los sitios educativos de las instituciones de educación superior.

EVALUATION OF THE WEB ACCESSIBILITY OF HIGHER-EDUCATION WEBSITES

Patricia Acosta-Vargas
Facultad de Formación General
Universidad de Las Américas - UDLA
Quito, Ecuador
patricia.acosta@udla.edu.ec

Sergio Luján-Mora
Department of Software and
Computing Systems
University of Alicante
Alicante, Spain
sergio.lujan@ua.es

Luis Salvador-Ullauri
Facultad de Ingeniería de Sistemas
Escuela Politécnica Nacional - EPN
Quito, Ecuador
luis.salvador@epn.edu.ec

Abstract— This article describes a study to assess the accessibility of the contents concerning the websites of 20 universities from all around the world. The accessibility assessment was carried out to verify compliance with the Web Content Accessibility Guidelines 2.0 (WCAG 2.0) published by the World Wide Web Consortium (W3C). The main goal of this study is to determine if even people with disabilities can access and use websites of the universities with higher academic prestige. Besides, in our approach we also make use of the Website Accessibility Conformance Evaluation Methodology (WCAG-EM) is an approach for determining how well a website conforms to WCAG 2.0. The WCAG-EM provides a guidance on using the methodology and considerations for specific situations.

From the results, we can conclude that the majority of the tested websites do not achieve an acceptable level of compliance. Universities with high academic prestige do not show a greater level of web accessibility. By performing the evaluation of university websites, we have identified that there are major barriers to a large number of users.

Keywords— Disability, ranking of universities, usability, WCAG 2.0, W3C, Web content accessibility.

I. INTRODUCTION

The web accessibility indicates the ease of admission to websites to all public, especially to those with disabilities, to access a product or service. Web accessibility allows entering to the websites so that all users can perceive, understand, navigate and interact with the web [1]. The Web in its origin was purely a text-based medium; however, when the Web started to be used also as a commercial platform, design and visual appearance became more important [2]. During that process, most web developers did not apply suitable designs for universal access; therefore, the Web became less and less usable for people with disabilities. In the last years, people got aware of this problem, and the keyword “Web accessibility” has become rather popular [3].

This paper presents an analysis of web accessibility content established by the recommendation of the Web Content Accessibility Guidelines 2.0 (WCAG 2.0) [4]. The analysis was applied to the main page of 20 worldwide universities ranked by Webometrics¹. The accessibility assessment was carried out to verify compliance with accessibility guidelines of the selected universities. If the main page is not accessible, users may have trouble accessing to other pages of the site. This preliminary study will allow universities to comply with accessibility guidelines.

It should be noted that there are some studies related to websites accessibility. In the case of Spanish universities [5] the results of websites accessibility of ten Andalusian Universities presented in the study, indicated that there are many ways to achieve full accessibility.

In the case of usability and accessibility to the content of websites of major US Universities [6], the results showed that there is 30% compliance with relation to web accessibility guidelines. Regarding the study of web accessibility policies in Americans with Disabilities Act (ADA) [7], studies have indicated that a large number of the websites of schools and university libraries are not accessible. These findings have caused concern and have reflected that there is so much to do in terms of the accessibility of websites.

Regarding to the article related with the accessibility of websites from Turkish universities [8], the results from assessing the level of accessibility to the examined web sites, show that a large number of websites have accessibility problems. The study suggests that it would be a good practice to adopt the principle of simple web design, using open source and management systems of free content. However, it recommends that universities hire an outside firm that specializes in the problems of web accessibility, in order to realize audits of the case.

In universities of South America, there is a web accessibility study from Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE [9]. This study confirms that there are studies of web accessibility available for evaluation of the web accessibility in higher education. There are also studies

¹ <http://www.webometrics.info/es>

Referencias

- Acosta-Vargas, P., Acosta, T., y Luján-Mora, S. (2018). Framework for Accessibility Evaluation of Hospital Websites. En *International Conference on eDemocracy and eGovernment* (pp. 9–15). IEEE. doi: 10.1109/ICEDEG.2018.8372368 (citado en las páginas 9, 11)
- Acosta-Vargas, P., Acosta, T., y Luján-Mora, S. (2018). Challenges to Assess Accessibility in Higher Education Websites: A Comparative Study of Latin America Universities. *IEEE Access*, 6, 36500–36508. doi: 10.1109/ACCESS.2018.2848978 (citado en las páginas 9, 32, 34, 57, 59)
- Acosta-Vargas, P., González, M., y Luján-Mora, S. (2020). Dataset for Evaluating the Accessibility of the Websites of Selected Latin American Universities. *Data in Brief*, 28, 105013. doi: 10.1016/j.dib.2019.105013 (citado en las páginas 9, 57, 71)
- Acosta-Vargas, P., Luján-Mora, S., y Acosta, T. (2017). Accessibility of Portable Document Format In Education Repositories. En *ACM International Conference Proceeding Series* (Vol. Part F1346, pp. 239–242). doi: 10.1145/3175536.3175574 (citado en las páginas 9, 11, 93)
- Acosta-Vargas, P., Luján-Mora, S., Acosta, T., y Salvador, L. (2017). Accesibilidad de Documentos PDF en Repositorios Educativos de Latinoamérica. En *Congreso Internacional sobre Aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicaciones Avanzadas* (pp. 239–246). (citado en las páginas 9, 11, 97)
- Acosta-Vargas, P., Luján-Mora, S., Acosta, T., y Salvador-Ullauri, L. (2018). Toward a Combined Method for Evaluation of Web Accessibility. En *International Conference on Information Technology Systems* (pp. 602–613). Springer. doi: 10.1007/978-3-319-73450-7_57 (citado en las páginas 4, 9, 11, 39, 85)
- Acosta-Vargas, P., Luján-Mora, S., y Salvador-Ullauri, L. (2016a). Evaluación de la Accesibilidad de las Páginas Web de las Universidades Ecuatorianas. *Revista Congreso de Ciencia y Tecnología*, 11, 181–187. (citado en las páginas 9, 57, 67)
- Acosta-Vargas, P., Luján-Mora, S., y Salvador-Ullauri, L. (2016b). Evaluation of the Web Accessibility of Higher-Education Websites. En *International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training* (pp. 1–6). IEEE.

Referencias

- doi: 10.1109/ITHET.2016.7760703 (citado en las páginas 9, 11, 101)
- Acosta-Vargas, P., Luján-Mora, S., y Salvador-Ullauri, L. (2017a). Quality Evaluation of Government Websites. En *International Conference on eDemocracy and eGovernment* (pp. 8–14). doi: 10.1109/ICEDEG.2017.7962507 (citado en las páginas 9, 11)
- Acosta-Vargas, P., Luján-Mora, S., y Salvador-Ullauri, L. (2017b). Web Accessibility Policies of Higher Education Institutions. En *Proceeding in International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training* (pp. 1–7). doi: 10.1109/ITHET.2017.8067808 (citado en las páginas 9, 11, 89)
- Acosta-Vargas, P., Salvador-Ullauri, L., y Luján-Mora, S. (2019). A Heuristic Method to Evaluate Web Accessibility for Users With Low Vision. *IEEE Access*, 7, 125634–125648. doi: 10.1109/ACCESS.2019.2939068 (citado en las páginas 9, 57, 63)
- Acosta-Vargas, P., Zalakeviciute, R., Luján-Mora, S., y Hernandez, W. (2019). Accessibility Evaluation of Mobile Applications for Monitoring Air Quality. En *International Conference on Information Technology and Systems* (Vol. 918, pp. 1–11). doi: 10.1007/978-3-030-11890-7_61 (citado en las páginas 9, 11)
- Adepoju, S., y Shehu, I. (2014). Usability evaluation of academic websites using automated tools. En *International Conference on User Science and Engineering (i-USEr)* (pp. 186–191). (citado en las páginas 4, 21)
- Allen, L. E. (2019). Childhood cataract. *Paediatrics and Child Health*. doi: 10.1016/j.paed.2019.10.005 (citado en las páginas 52)
- Alonso López, F., y A. Roca Parés. (2002). *Libro Verde de la Accesibilidad en España* (GRAFO, Ed.) (n.º June). Madrid. (citado en las páginas 19)
- Arrue, M., y Vigo, M. (2007). Considering Web Accessibility in Information Retrieval Systems. *Web Engineering*(April 2006), 370 – 384. doi: 10.1007/978-3-540-73597-7_31 (citado en las páginas 23)
- Borg, J., Lantz, A., y Gulliksen, J. (2015). Accessibility to Electronic Communication for People with Cognitive Disabilities: A Systematic Search and Review of Empirical Evidence. *Universal Access in the Information Society*, 14(4), 547–562. doi: 10.1007/s10209-014-0351-6 (citado en las páginas 4, 21)
- Braga, H., Pereira, L., Ferreira, S., y Da Silveira, D. (2014). Applying the barrier walkthrough method: Going beyond the automatic evaluation of accessibility. *Procedia Computer Science*, 27, 471–480. doi: 10.1016/j.procs.2014.02.051 (citado en las páginas 39)
- Brajnik, G. (2006). Web Accessibility Testing: When the Method is the Culprit. En *International Conference on Computers for Handicapped Persons* (pp. 156–163). Springer, Berlin, Heidelberg. doi: 10.1007/11788713_24 (citado en las páginas VI, XII, 6, 23, 39, 40, 42)
- Brajnik, G. (2008a). Beyond conformance: The role of Accessibility Evaluation Methods. En *International Conference on Web Information Systems Engineering* (pp. 63–80). Springer, Berlin, Heidelberg. doi: 10.1007/978-3-540-85200-1_9 (citado en las páginas 38, 45)
- Brajnik, G. (2008b). Measuring Web Accessibility by Estimating Severity of Barriers. En *International Conference on Web Information Systems Engineering* (pp. 112–

- 121). Springer. doi: 10.1007/978-3-540-85200-1_13 (citado en las páginas 39, 40, 42)
- Brajnik, G. (2009). *Barrier Walkthrough - Giorgio Brajnik*. Descargado 2019-03-31, de <https://users.dimi.uniud.it/~giorgio.brajnik/projects/bw/bw.html> (citado en las páginas VIII, 39, 40, 42)
- Brajnik, G., y Lomuscio, R. (2007). SAMBA: a Semi-Automatic Method for Measuring Barriers of Accessibility. En *International SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility* (pp. 43–50). ACM. doi: 10.1145/1296843.1296853 (citado en las páginas VI, XII, 38, 40, 41, 42)
- Brajnik, G., Vigo, M., Yesilada, Y., y Harper, S. (2016). Group vs Individual Web Accessibility Evaluations: Effects with Novice Evaluators. *Interacting with Computers*. doi: 10.1093/iwc/iww006 (citado en las páginas 38)
- Brajnik, G., Yesilada, Y., y Harper, S. (2011). Web Accessibility Guideline Aggregation for Older Users and its Validation. *Universal Access in the Information Society*, 10(4), 403–423. doi: 10.1007/s10209-011-0220-5 (citado en las páginas 24)
- Buehler, E., Easley, W., Poole, A., y Hurst, A. (2016). Accessibility barriers to online education for young adults with intellectual disabilities. En *Proceedings of Web for All Conference* (p. 27). (citado en las páginas 4, 21)
- Centro de Recuperación de Personas con Discapacidad Física de Albacete. (2019). *Cómo ven las personas con problemas de visión*. Descargado 2019-12-29, de <http://www.crmfalbacete.org/> (citado en las páginas 51, 52, 53)
- de Miguel, M. (2003). Glosario de Discapacidad Visual. *Organización Nacional de Ciegos Españoles. Dirección de Cultura y Deportes.*. (citado en las páginas 50)
- Dicapta Foundation. (2018). *Dicapta Foundation Priorities*. Descargado 2019-10-21, de <https://www.dicaptafoundation.org/v2/index.php/donation> (citado en las páginas V)
- Ferreira, C., Ferreira, S., y Sacramento, C. (2018). Mobile Application Accessibility in the Context of Visually Impaired Users. En *Symposium on Human Factors in Computing Systems* (p. 32). ACM. doi: 10.1145/3274192.3274224 (citado en las páginas 38)
- Gutiérrez, R. T. (2012). El inicio de la Web: Historia y Cronología del Hipertexto hasta HTML 4.0 (1990-99). *Revista de Estudios Sobre la Ciencia y la Tecnología*, 57–82. (citado en las páginas 3)
- Hackett, S., Parmanto, B., y Zeng, X. (2004). Accessibility of Internet websites through time. En *ACM SIGACCESS Accessibility and Computing* (pp. 77–78). ACM. doi: 10.1145/1028630.1028638 (citado en las páginas 38)
- Hassan, Y., y Martín, F. (2004). Propuesta de Adaptación de la Metodología de Diseño Centrado en el Usuario para el Desarrollo de Sitios Web Accesibles. *Revista Española de Documentación Científica*, 27(1), 330–345. (citado en las páginas 23)
- Hassouna, M. S., Sahari, N., y Ismail, A. (2017). University Website Accessibility for Totally Blind Users. *Journal of Information and Communication Technology*, 16(1), 63–80. (citado en las páginas 21)
- INEN - Servicio Ecuatoriano de Normalización. (2015). *Resolución No. 16 008 Ministerio de Industrias y Productividad*. (citado en las páginas 36)

Referencias

- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 9241-11: 2018, Ergonomics of human-system interaction – Part 11: Usability: Definitions and concepts*. Descargado de <https://www.iso.org/standard/63500.html> (citado en las páginas 37)
- Ismail, A., y Kuppusamy, K. S. (2018). Accessibility of Indian Universities' Homepages: An Exploratory Study. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 30(2), 268–278. doi: 10.1016/j.jksuci.2016.06.006 (citado en las páginas 4, 21)
- Kamal, I., Alsmadi, I., Wahsheh, H., y Al-Kabi, M. (2016). Evaluating Web Accessibility Metrics for Jordanian Universities. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 7(7), 113–122. doi: 10.14569/IJACSA.2016.070716 (citado en las páginas 23)
- Kaur, A., y Dani, D. (2014). Banking Websites in India: An Accessibility Evaluation. *CSI Transactions on ICT*, 2(1), 23–34. doi: 10.1007/s40012-014-0040-x (citado en las páginas 4)
- Kitchenham, B. (2004). Procedures for Performing Systematic Reviews. *Keele University*, 33(TR/SE-0401), 28. doi: 10.1.1.122.3308 (citado en las páginas 6, 24)
- Kitchenham, B., Pearl Brereton, O., Budgen, D., Turner, M., Bailey, J., y Linkman, S. (2009). Systematic Literature Reviews in Software Engineering - A Systematic Literature Review. *Information and Software Technology*, 51(1), 7–15. doi: 10.1016/j.infsof.2008.09.009 (citado en las páginas 6)
- Kvetonová, L., y Rehurek, J. (2011). *Tratamiento Educativo de la Diversidad de Tipo Visual*. UNED-Universidad Nacional de Educación a Distancia.. (citado en las páginas 50)
- Luján-Mora, S., y Masri, F. (2013). Evaluation of Web Accessibility: A Combined Method. En P. Isaias, L. Johnston, K. Wolfe, y N. Newcomer (Eds.), *Information Systems Research and Exploring Social Artifacts: Approaches and Methodologies* (pp. 314–331). United States of America: Information Science. doi: 10.4018/978-1-4666-2491-7.ch016 (citado en las páginas 38)
- Lunn, D., Yesilada, Y., y Harper, S. (2009). Barriers Faced by Older Users On Static Web Pages Criteria Used In The Barrier Walkthrough Method. *School of Computer Science, Oxford Road, Manchester, UK.1*, 1–38. doi: 10.1.1.613.7905 (citado en las páginas 39)
- Mankoff, J., Fait, H., y Tran, T. (2005). Is Your Web Page Accessible? A Comparative Study of Methods for Assessing Web Page Accessibility for the Blind. En *Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 41–50). ACM. doi: 10.1145/1054972.1054979 (citado en las páginas 38)
- Masri, F., y Luján-Mora, S. (2011). A Combined Agile Methodology for the Evaluation of Web Accessibility. En *International Conference Interfaces and Human Computer Interaction* (pp. 423–428). (citado en las páginas 4, 38)
- Mirri, S., Salomoni, P., Muratori, L. A., y Battistelli, M. (2012). Getting one Voice: Tuning up Experts' Assessment in Measuring Accessibility. En *Proceedings of the International Cross-Disciplinary Conference on Web Accessibility* (p. 16). ACM. doi: 10.1145/2207016.2207023 (citado en las páginas 22)

- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., y Altman, D. G. (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses: The PRISMA Statement. *Journal of clinical epidemiology*, 62(10), 1006–1012. doi: 10.1016/j.jclinepi.2009.06.005 (citado en las páginas 6, 26, 28)
- Moreno, L., Valencia, X., Pérez, J., y Arrue, M. (2018). Exploring the Web Navigation Strategies of People with Low Vision. En *International Conference on Human Computer Interaction* (p. 13). ACM. doi: 10.1145/3233824.3233845 (citado en las páginas 44)
- Naciones Unidas. (2006). Convención Sobre los Derechos de las Personas Con Discapacidad. *Climate Change 2013 - The Physical Science Basis*, 1–30. doi: 10.1017/CBO9781107415324.004 (citado en las páginas 3)
- National Disability Authority. (2014). *The 7 Principles*. Descargado de <http://universaldesign.ie/What-is-Universal-Design/The-7-Principles/> (citado en las páginas 19)
- Nielsen, J., y Rolf, M. (1990). Heuristic Evaluation of User Interfaces. En *SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 249–256). ACM. (citado en las páginas 38)
- Nielsen Norman Group. (2000). *Why You Only Need to Test with 5 Users*. Descargado 2019-11-17, de <https://www.nngroup.com/articles/why-you-only-need-to-test-with-5-users/> (citado en las páginas 44)
- Oliveira, A. D. A., y Eler, M. M. (2017). Strategies and Challenges on the Accessibility and Interoperability of e-Government Web Portals: A Case Study on Brazilian Federal Universities. En *Proceedings International Computer Software and Applications Conference* (Vol. 1, pp. 737–742). doi: 10.1109/COMPSAC.2017.222 (citado en las páginas 4, 21)
- Orlando, J. I., Fu, H., Breda, J. B., van Keer, K., Bathula, D. R., Diaz-Pinto, A., ... Bogunović, H. (2020). Refuge challenge: A unified framework for evaluating automated methods for glaucoma assessment from fundus photographs. *Medical Image Analysis*, 59, 101570. doi: 10.1016/j.media.2019.101570 (citado en las páginas 51)
- Paddison, C., y Englefield, P. (2003). Applying Heuristics to Perform a Rigorous Accessibility Inspection in a Commercial Context. En *Proceeding Conference on Universal Usability* (pp.126–133). doi: 10.1145/957205.957228 (citado en las páginas 23)
- Paddison, C., y Englefield, P. (2004). Applying Heuristics to Accessibility Inspections. *Interacting with Computers*, 16(3), 507–521. doi: 10.1016/j.intcom.2004.04.007 (citado en las páginas 38)
- Paz-Pérez, L.-A., Tamez-González, G., Hernández-Paz, A., y Leyva-Cordero, O. (2018). Presencia, Utilización y Aprovechamiento de las TIC en la Formación Académica Estudiantil. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 9, 191 – 210. doi: 10.22201/iisue.20072872e.2018.26.303 (citado en las páginas 3)
- Pead, E., Megaw, R., Cameron, J., Fleming, A., Dhillon, B., Trucco, E., y MacGillivray, T. (2019). Automated detection of age-related macular degeneration in color fundus photography: a systematic review. *Survey of Ophthalmology*, 64(4), 498 - 511. Descargado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/>

Referencias

- [pii/S0039625718302078](https://doi.org/10.1016/j.survophtal.2019.02.003) doi: 10.1016/j.survophtal.2019.02.003 (citado en las páginas 51)
- Peng, J.-J., Xiong, S.-Q., Ding, L.-X., Peng, J., y Xia, X.-B. (2019). Diabetic retinopathy: Focus on NADPH oxidase and its potential as therapeutic target. *European Journal of Pharmacology*, 853, 381–387. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2019.04.038> (citado en las páginas 52)
- Preiser, W., y Smith, K. (2011). *Universal Design Handbook*. McGraw-Hill Construction Media. (citado en las páginas 19)
- Santos, A., García, J., y Díaz, R. (2017). The Websites of Primary and Secondary Schools in Portugal: An Evaluation Proposal. *Education in the Knowledge Society*, 18(3). doi: 10.14201/eks20171833758 (citado en las páginas 4)
- Sears, A. (1997). Heuristic Walkthroughs: Finding the Problems Without the Noise. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 9(3), 213–234. doi: 10.1207/s15327590ijhc0903 (citado en las páginas 23, 40)
- Song, S., Bu, J., Shen, C., Artmeier, A., Yu, Z., y Zhou, Q. (2018). Reliability Aware Web Accessibility Experience Metric. En *Proceedings of the Internet of Accessible Things*. ACM. doi: 10.1145/3192714.3192836 (citado en las páginas 22)
- Song, S., Wang, C., Li, L., Yu, Z., Lin, X., y Bu, J. (2017). WAEM: A Web Accessibility Evaluation Metric Based on Partial User Experience Order. En *Web for All Conference on The Future of Accessible Work*. doi: 10.1145/3058555.3058576 (citado en las páginas 4)
- Tham, Y.-C., Li, X., Wong, T., Quigley, H., Aung, T., y Cheng, C.-Y. (2014). Global prevalence of glaucoma and projections of glaucoma burden through 2040: a systematic review and meta-analysis. *Ophthalmology*, 121(11), 2081–2090. doi: 10.1016/j.ophtha.2014.05.013 (citado en las páginas 50)
- Urrútia, G., y Bonfill, X. (2010). *Declaración PRISMA: Una Propuesta para Mejorar la Publicación de Revisiones Sistemáticas y Metaanálisis* (Vol. 135) (n.º 11). doi: 10.1016/j.medcli.2010.01.015 (citado en las páginas 6)
- Vigo, M., Brown, J., y Conway, V. (2013). Benchmarking Web Accessibility Evaluation Tools. En *International Cross-Disciplinary Conference on Web Accessibility* (p. 1). doi: 10.1145/2461121.2461124 (citado en las páginas 6, 21)
- Webometrics. (2019). *Ranking Web of Universities*. Descargado 2019-11-30, de https://www.webometrics.info/en/Americas/Latin_{ }America (citado en las páginas 30)
- Western Washington University. (2019). *Western Digital Accessibility*. Descargado 2019-11-03, de <https://access.wvu.edu/> (citado en las páginas 19)
- Wille, K., Dumke, R., y Wille, C. (2017). Measuring the accessibility based on web content accessibility guidelines. En *International Workshop on Software Measurement*. doi: 10.1109/IWSM-Mensura.2016.032 (citado en las páginas 21)
- World Health Organization. (2016). *Discapacidades*. World Health Organization. Descargado 2019-10-28, de <https://www.who.int/topics/disabilities/es/> (citado en las páginas 49)
- World Health Organization. (2018). *Ceguera y Discapacidad Visual*. Descargado 2019-12-06, de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment> (citado en las páginas 49)

- World Wide Web Consortium. (2008). *Web Content Accessibility Guidelines 2.0*. Descargado de <https://www.w3.org/TR/WCAG20/> (citado en las páginas 4)
- World Wide Web Consortium. (2014a). *Research Report on Web Accessibility Metrics*. Descargado de <https://www.w3.org/WAI/RD/2011/metrics/note/ED-metrics> (citado en las páginas 22)
- World Wide Web Consortium. (2014b). *Website Accessibility Conformance Evaluation Methodology (WCAG-EM) 1.0*. Descargado 2019-09-15, de <https://www.w3.org/TR/WCAG-EM/> (citado en las páginas 6)
- World Wide Web Consortium. (2014c). *Website Accessibility Conformance Evaluation Methodology (WCAG-EM) 1.0*. Descargado 2019-11-15, de <https://www.w3.org/TR/WCAG-EM/> (citado en las páginas 30)
- World Wide Web Consortium. (2015). *Media Accessibility User Requirements*. Descargado de <http://w3c.github.io/apa/media-accessibility-reqs/> (citado en las páginas 4)
- World Wide Web Consortium. (2018a). *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1*. Descargado 2019-10-01, de <https://www.w3.org/TR/WCAG21/> (citado en las páginas 3, 20, 21, 28, 29, 32)
- World Wide Web Consortium. (2018b). *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1*. Descargado 2019-09-15, de <https://www.w3.org/TR/WCAG21/> (citado en las páginas 4, 6)
- Zhang, M., Wang, C., Bu, J., Yu, Z., Lu, Y., Zhang, R., y Chen, C. (2015). An Optimal Sampling Method for Web Accessibility Quantitative Metric. En *Proceedings of Web for All Conference*. ACM. doi: 10.1145/2745555.2746663 (citado en las páginas 23)