

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRIA EN INFORMÁTICA



**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAGÍSTER EN
INFORMÁTICA CON MENCIÓN EN INGENIERÍA DE
SOFTWARE**

Título: Evaluación de accesibilidad de sitios web de las Universidades Públicas
Peruanas

FANNY DOLORES BENITES ALFARO

Asesora:

Mag. CLAUDIA ZAPATA DEL RÍO

San Miguel, 2017

Resumen

El ámbito educativo no es ajeno al creciente uso de las tecnologías de información y comunicación (TICs), por eso se encuentra que las instituciones de Educación Superior Universitaria publican en sus sitios web la información y los servicios más relevantes que brindan.

Por otro lado, el acceso a los sistemas de información por parte de las personas con discapacidad constituye un derecho y para poder alcanzarlo es importante desarrollar características que permitan su accesibilidad.

Conociendo esta problemática se realizó un diagnóstico de un conjunto de universidades públicas peruanas, a fin de conocer los problemas de accesibilidad web que presentan a nivel global y proveer recomendaciones adecuadas. Con este fin se seleccionaron un conjunto de páginas web de las Universidades Públicas Peruanas, considerando las recomendaciones de la Iniciativa de Accesibilidad Web (WAI) del World Wide Web Consortium (W3C) y su Metodología de Evaluación de Conformidad de la Accesibilidad Web en su versión 2.0.

En función a los estudios de accesibilidad, se definió la forma de llevar a cabo el método de evaluación el cual se aplicó al dominio de estudio, obteniéndose bajos niveles de accesibilidad en los contenidos de las páginas Principal y de Oferta Académica de las Universidades Públicas analizadas, así como una lista de problemas comunes, para así plantear recomendaciones generales.

DEDICATORIA:

A mis queridos padres

Nancy y César,

Hermanos y sobrino,

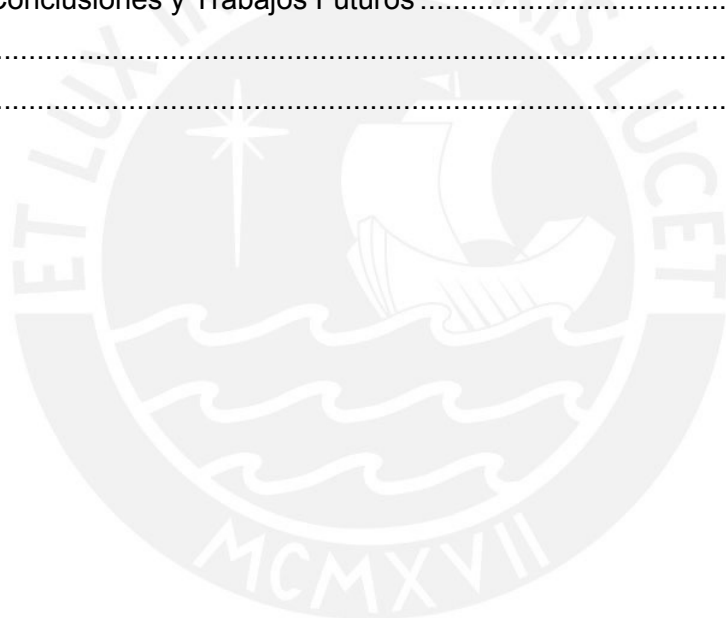
y a mis amigos y
profesores.



ÍNDICE

Resumen	ii
Índice de Tablas	vi
Índice de Figuras	vii
Índice de Anexos	viii
Introducción	1
Capítulo 1. Generalidades.....	2
1.1. Definición del Problema	3
1.1.1. Causas:.....	3
1.1.2. Problema	3
1.1.3. Consecuencias	4
1.2. Objetivo General	4
1.2.1. Objetivo específicos	4
1.2.2. Consideraciones y alcance	4
Capítulo 2. Marco conceptual.....	5
2.1. Accesibilidad web.....	5
2.2. Pautas de accesibilidad web de la WCAG.....	5
2.2.1. Guía WCAG 1.0	5
2.2.2. Guía WCAG 2.0	6
2.3. Pruebas Manuales	7
2.3.1. Herramientas de revisión automática de la accesibilidad	8
2.4. Normativas legales sobre accesibilidad Web.....	9
Capítulo 3. Estado del Arte	11
3.1. Diseño de la Revisión Sistemática	11
3.1.1. Las Preguntas de investigación.....	11
3.1.2. Estrategia de búsqueda y selección	12
3.1.3. Estudios de evaluación de accesibilidad en sitios web de universidades	15
3.1.4. Métodos más usados en evaluación de accesibilidad web	17
3.1.5. Conclusiones	18
Capítulo 4. Metodología	19
4.1. Selección de las Universidades para el análisis	19
4.2. Páginas web de las universidades seleccionadas	22

4.3.	Definición del nivel de conformidad e indicadores	23
4.4.	Herramientas para las auditorías de la muestra de universidades	24
4.5.	Evaluar la selección de las universidades públicas seleccionadas	27
4.6.	Registrar los resultados.....	27
Capítulo 5.	Evaluación de Accesibilidad	28
5.1.	Evaluación de validación de gramática.....	28
5.2.	Evaluación de accesibilidad web mediante revisión automática	33
Capítulo 6.	Análisis de Resultados	40
6.1.	Niveles de accesibilidad	40
6.2.	Lista de problemas de accesibilidad más comunes	43
6.2.1.	Resumen de incumplimiento de criterios más frecuentes y recomendaciones.....	47
Capítulo 7.	Conclusiones y Trabajos Futuros	49
Referencias	51
ANEXOS	a



Índice de Tablas

Tabla 1. Aplicación del método PICOP	11
Tabla 2. Términos de búsqueda derivados del método PICOP	12
Tabla 3. Cantidad de papers clasificado por base de datos (estudios primarios)	14
Tabla 4. Papers seleccionados de búsqueda secundaria.....	14
Tabla 5. Clasificación de los estudios	15
Tabla 6 Muestra seleccionada de 14 universidades pública para el estudio.....	20
Tabla 7. Distribución geográfica de la muestra de 14 universidades públicas seleccionadas.....	21
Tabla 8. Listado de herramientas automáticas usadas en estudios de accesibilidad en Universidades utilizando los estándares de la WCAG 2.0.....	25
Tabla 9. Herramientas de automáticas para validación de gramática, de color y contraste, detección de epilepsia y evaluación de legibilidad, usadas en estudios de evaluación web en Universidades y Entidades de Gobierno	26
Tabla 10. Selección de herramientas.....	26
Tabla 11. Resultados de la validación HTML y CSS en el <i>Home</i>	28
Tabla 12. Rango de errores encontrados por color	29
Tabla 13. Resultados de evaluación de HTML y CSS de la página de Oferta Académica	31
Tabla 14. Puntuación promedio de accesibilidad en las páginas <i>home</i> y Oferta Académica	37
Tabla 15. Rango de errores por niveles	40
Tabla 16. Niveles de accesibilidad por puntuación.....	40
Tabla 17. Resultados de accesibilidad (<i>Home</i>).....	41
Tabla 18. Resultados de accesibilidad (oferta académica).....	42
Tabla 19. Incumplimientos más frecuentes y recomendaciones.....	47

Índice de Figuras

Figura 1.Distribución geográfica de las 14 universidades públicas de la muestra	22
Figura 2.Resultados de validación del HTML al <i>Home</i>	29
Figura 3.Resultados de validación CSS al <i>home</i>	30
Figura 4. Resultado de la evaluación de HTML a la página de Oferta Académica.....	32
Figura 5. Resultado de evaluación de CSS a la página de la Oferta Académica.....	32
Figura 6.Resultados de evaluación de accesibilidad de nivel A y AA con Achecker al <i>Home</i>	33
Figura 7.Resultados de evaluación de accesibilidad con aChecker a la página de Oferta Académica.....	34
Figura 8.Resultados de la evaluación con eXaminator al <i>Home</i> y Oferta Académica.....	36
Figura 9.Evaluación de accesibilidad de nivel A y AA del Home con Taw 2.0	38
Figura 10.Evaluación de accesibilidad de nivel A y AA de la página de la oferta académica	39
Figura 11.Mensaje de error en evaluación de aChecker	41
Figura 12.Porcentaje de criterios incumplidos a nivel A y AA en la página <i>home</i> con TAW 2.0	43
Figura 13.Porcentaje de errores por principio de la página <i>Home</i>	44
Figura 14.Porcentaje de criterios incumplidos a nivel A y AA en la página Oferta Académica con TAW 2.0	44
Figura 15.Porcentaje de errores por principio de la página de la Oferta Académica.....	45
Figura 16.Porcentaje de criterios incumplidos a nivel A y AA en la página <i>home</i> con achecker	45
Figura 17.Porcentaje de errores por principio de la página <i>Home</i>	46
Figura 18.Porcentaje de criterios incumplidos a nivel A y AA en la página Oferta Académica con aChecker	46
Figura 19.Porcentaje de errores por principio de la página de la Oferta Académica.....	47

Índice de Anexos

Anexo 1.Niveles de accesibilidad web A y AA por criterio	a
Anexo 2.Evaluación de accesibilidad al home de las universidades con TAW 2.0	b
Anexo 3.Evaluación de accesibilidad la página de oferta académica de las universidades con TAW 2.0.....	c
Anexo 4.Evaluación de accesibilidad al home de las universidades con aChecker.....	d
Anexo 5.Evaluación de accesibilidad la página de oferta académica de las universidades con aChecker	e
Anexo 6.Resultados esperados de los objetivos del trabajo.....	f



Introducción

En el Perú, la legislación sobre accesibilidad en la web está formada por la Ley Nro. 28530 y la Resolución Ministerial 126-2009-PCM [1] de la Presidencia del Consejo de Ministros, que aprobó los lineamientos para accesibilidad a páginas web y aplicaciones de telefónica Móvil para instituciones públicas del Sistema Nacional de Informática. El propósito del documento es que las instituciones públicas del Estado Peruano apliquen las Pautas de accesibilidad de Contenidos Web 1.0 (WCAG 1.0) [2].

Las Universidades públicas exponen en sus páginas web la información de los servicios que ofrecen y sus actividades académicas, pero estas páginas no aplican en su mayoría estándares para lograr el adecuado nivel de accesibilidad que se plantea en las normas del Estado antes mencionadas.

Este trabajo pretende determinar el nivel de accesibilidad de las páginas web institucionales de las Universidades Públicas Peruanas mejor posicionadas en el ranking web de universidades de Webometrics. Para lo cual se realizaron evaluaciones de accesibilidad con determinadas herramientas, las que evaluarán el cumplimiento de los estándares de facto sobre accesibilidad web: WCAG 2.0.

Primero en el Capítulo 2, se presentarán las herramientas escogidas de evaluación de accesibilidad en función de los estándares/directrices de la WCAG 2.0 y el dominio de este tipo de sitios web. Luego en los capítulos 5 y 6 se verificarán los niveles de accesibilidad de las páginas web de las Universidades Públicas Peruanas escogidas y finalmente se analizarán los resultados.

Capítulo 1. Generalidades

El creciente cambio en el desarrollo y uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y la necesidad de crear servicios de información desde una perspectiva amplia, ha conllevado a que gran parte de estos servicios se brinden a través de portales Web [3].

En el ámbito educativo, las instituciones de Educación Superior Universitaria publican en sus sitios web la información y los servicios más relevantes que brindan [4].

Actualmente en la educación, así como en el acceso a los sistemas de información, las comunicaciones por parte de las personas con discapacidad constituyen un derecho, el cual se encuentra amparado en la convención de la ONU, con el fin de eliminar la discriminación de la cual son objeto en razón de su discapacidad [4]. Por lo tanto para poder permitir que más personas accedan a la Web, es importante desarrollar características que permitan su accesibilidad [4].

En el Perú, la legislación sobre accesibilidad en la web está formada por:

- Ley Nro. 28530 – Ley de promoción de acceso a Internet para personas con discapacidad y de adecuación del espacio físico en cabinas públicas de Internet [5].
- La Resolución Ministerial 126-2009-PCM [1] de la Presidencia del Consejo de Ministros, que aprobó los lineamientos para accesibilidad a páginas web y aplicaciones de telefónica Móvil para instituciones públicas del Sistema Nacional de Informática. El propósito del documento es que las instituciones públicas del Estado Peruano apliquen las Pautas de accesibilidad de Contenidos Web 1.0 (WCAG 1.0) [2].

La Resolución Ministerial 126-2009-PCM de la Presidencia del Consejo de Ministros es aun deficiente en materia de accesibilidad, debido a que no solo debido establecer las pautas de accesibilidad del contenido de la Web 1.0, sino también las pautas Web 2.0 de forma paulatina [2].

Otro punto importante a destacar es que la Resolución está dirigida solo para las páginas web de las instituciones públicas del Sistema Nacional de Informática [2].

Conociendo esta problemática, mediante este trabajo de evaluación, se busca realizar un diagnóstico actual y uniforme de un conjunto de universidades públicas peruanas, lo cual permitirá conocer los problemas de accesibilidad web que presentan a nivel global y proveer recomendaciones adecuadas [6].

Con este fin se seleccionaron un conjunto de páginas web de las Universidades Públicas Peruanas, considerando las recomendaciones de la Iniciativa de Accesibilidad Web (WAI) del World Wide Web Consortium (W3C) y su Metodología de Evaluación de Conformidad de la Accesibilidad Web en su versión 2.0 [7] [8], la cual es considerada un estándar a nivel internacional adoptado por muchos países y que ahora también ya es una ISO denominada **ISO/IEC (ISO / IEC 40500:2012)** [9].

1.1. Definición del Problema

A continuación, se plantea el problema a estudiar a través de un árbol de problemas.

1.1.1. Causas:

- La falta del uso de estándares de accesibilidad en el desarrollo de los portales web de información de las universidades Peruanas, lo cual dificulta el uso de las interfaces de usuario, especialmente en las personas con discapacidad. Parte de esta información se encuentra sustentada en los estudios de Córdoba [10].
- No se encontró información bibliográfica sobre propuestas de listas de herramientas de evaluación de accesibilidad sobre portales web de universidades públicas peruanas, pero si se encontraron trabajos en Ecuador, Argentina, España y países de habla inglesa, tal como lo indican en los estudios de Hilera et al. [11] , Navarrete y Lujan [12] y Laitano [6].
- No se encontraron propuestas de evaluaciones realizadas en portales web de Universidades Peruanas, que permitan revisar los niveles conformidad según las pautas de la WCAG 1.0 que se encuentren alineadas a la legislación peruana sobre accesibilidad web vigente. Parte de esta información se encuentra sustentada en los estudios de Córdoba [10].

1.1.2. Problema

- Las páginas web de las Universidades Públicas peruanas no consideran los estándares de accesibilidad web en su desarrollo, a pesar de encontrarse bajo la legislación del Estado Peruano, por lo que su contenido tiene muchos errores lo cual contribuye al pobre uso de estos aplicativos y a la discriminación de las personas con ciertos tipos de discapacidad. Tal como se indica en los estudios de Córdoba [10] y Sam-Anlas et al [13].

1.1.3. Consecuencias

- Disminución en el uso de los sitios web de las universidades públicas peruanas por parte de la comunidad académica (profesores y alumnos), así como por padres de familia y público en general. Se debe tener en cuenta que hay un cierto porcentaje de alumnos que cuenta con algún tipo de discapacidad. Esta afirmación se basa en los estudios de Sam-Anlas et al [13], Hilera et al [11] y Lujan et al [14].
- Aumento de errores en el desarrollo de portales web institucionales debido al pobre o nulo uso de los estándares de accesibilidad, en este caso las directrices de la W3C y las Pautas de Accesibilidad de los Contenidos Web 1.0 (WCAG1.0) y Web 2.0 (WCAG 2.0). Esta afirmación se basa en los estudios de Lujan et al [15] y Laitano [6].

1.2. Objetivo General

Determinar el nivel de accesibilidad de las páginas web institucionales de las Universidades Públicas Peruanas mejor posicionadas en el ranking web de universidades.

Para ello se realizarán evaluaciones de accesibilidad con determinadas herramientas, las que evaluarán el cumplimiento de los estándares de facto sobre accesibilidad web: WCAG 2.0.

1.2.1. Objetivo específicos

- O 1. Contrastar las herramientas de evaluación de accesibilidad en función de los estándares/directrices de la WCAG 2.0 y el dominio de este tipo de sitios web.
- O 2. Verificar los niveles de accesibilidad de las páginas web de las Universidades Públicas Peruanas mejor posicionadas en el ranking web de universidades.
- O 3. Analizar los resultados de la evaluación de accesibilidad.

1.2.2. Consideraciones y alcance

El alcance del presente trabajo se centra en la evaluación de una selección de portales web de Universidades Públicas Peruanas, teniendo en cuenta la medición de su nivel de accesibilidad utilizando las directrices de la W3C – WCAG 2.0 [8] . Para ello se evaluará utilizando un conjunto de herramientas de evaluación de accesibilidad, el cual se ha seleccionado de entre 92 herramientas recomendadas por las W3C [16] .

Capítulo 2. Marco conceptual

A continuación se presentan los conceptos y definiciones principales relacionados con los datos del problema a investigar con el objetivo de que constituyan un marco de referencia para interpretar los resultados del estudio.

2.1. Accesibilidad web

La accesibilidad web puede ser definida como un acceso universal a la Web, independientemente del hardware, software, lenguaje, cultura, localización geográfica o de las capacidades físicas o mentales de los usuarios [17].

La meta de la accesibilidad web es asegurar que la información o servicios entregados a través de sitios web estén disponibles y puedan ser utilizados por la mayor audiencia posible[12].

2.2. Pautas de accesibilidad web de la WCAG

Las pautas WCAG (Web Content Accessibility Guidelines) están dirigidas a quienes generan contenidos para la Web. Consisten en recomendaciones puntuales, redactadas de una forma menos genérica que el resto de las pautas anteriores. El foco está puesto en lograr que el contenido sea presentado de forma accesible. La iniciativa de Accesibilidad Web (WAI) del World Wide Web Consortium (W3C) elaboró guías anexas que explotan cada punto y detallan los pasos a seguir para implementarlas y cumplirlas [18].

A continuación se citan brevemente las guías desarrolladas por la W3C. La primera, WCAG 1.0 de 1999 y la segunda, WCAG 2.0, de 2008.

2.2.1. Guía WCAG 1.0

La versión 1.0 de las Pautas de Accesibilidad al Contenido en la Web (Web Content Accessibility Guidelines 1.0) fue un avance importante para lograr que Internet sea más accesible para las personas con discapacidad. Finalizadas en 1999, las WCAG 1.0 proporcionan 14 directrices y varios puntos de verificación (65) que pueden utilizarse para determinar si se cumple la accesibilidad de una página web, mediante tres prioridades, niveles de cumplimiento o niveles de adecuación (la medida en que una página web cumple las directrices [19], [2], las cuales son:

- **Prioridad 1:** Debe ser cumplido. Es un requerimiento básico. Hace referencia a aquellos requisitos de los puntos de verificación que una página Web debe cumplir para no dificultar o impedir el acceso a un gran grupo de usuarios.
- **Prioridad 2:** Debería ser cumplido. Remueve ciertas barreras. O sea, se agrupan aquellos elementos que “deben” satisfacerse para eliminar importantes barreras en el acceso por parte de diferentes grupos.
- **Prioridad 3:** Podría ser cumplido. Mejoraría la accesibilidad para ciertos grupos. Hace referencia a ciertas características que debe cumplir la página Web para reducir las dificultades que pueden encontrar algunos grupos de usuarios en su acceso. Se trata de recomendaciones que afectan a un número menor de usuarios potenciales, pero que mejoran la accesibilidad y usabilidad de la página en general.

En concordancia con estas prioridades, se tienen tres niveles de conformidad en la evaluación de accesibilidad:

- **Nivel A.** Todas las verificaciones de prioridad 1, han sido satisfechas.
- **Nivel AA.** Todas las verificaciones de prioridad 1 y de prioridad 2, han sido satisfechas.
- **Nivel AAA.** Todas las verificaciones de prioridad 1, prioridad 2 y prioridad 3 han sido satisfechas.

La descripción al detalle de la verificación de las pautas de accesibilidad puede consultarse en el documento oficial de la W3C, sobre la guía WCAG, sobre la guía WCAG 1.0[20].

2.2.2. Guía WCAG 2.0

Recomendación publicada 11 de diciembre de 2008. Éstas fueron aprobadas como estándar internacional ISO/IEC 40500:2012, el 15 de octubre de 2012[21].

Las WCAG 2.0 mejoran el estándar inicial creado por el W3C, aplicándose a tecnologías más avanzadas, siendo más flexibles, detallando de forma más precisa cuáles son las comprobaciones a realizar para probar la calidad de su aplicación e incorporando una mejor documentación para facilitar su comprensión[12].

A diferencia de las WCAG 1.0 desarrolladas exclusivamente para las tecnologías web que existían en el año 1999 (HTML, CSS y JavaScript), las WCAG 2.0 se

desarrollaron de un modo tecnológicamente neutro. Sin embargo, también se desarrollaron las técnicas suficientes que proporcionan orientación y ejemplos para cumplir las pautas usando tecnologías específicas.

Asimismo poseen los mismos niveles de adecuación de la WGAC 1.0 (A, AA, AAA) que se aplicaran de forma distinta a cada uno de sus criterios.

Las pautas de la WCAG 2.0 se compone de 4 principios, 12 directrices y 61 criterios de cumplimiento, cada uno de los cuales tendrán distintos niveles de conformidad (A, AA, AAA), además de un conjunto de técnicas suficientes y técnicas de asesoramiento[12], [21]. Los principios son los siguientes:

- **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. Se compone de 4 directrices y 22 criterios de cumplimiento.
- **Principio 2: Operable:** Los componentes de la interfaz de usuario y la navegación deben ser operables. Se compone de 4 directrices y 20 criterios de cumplimiento.
- **Principio 3: Comprensible:** La información y el manejo de la interfaz de usuario deben ser comprensibles. Se compone de 3 directrices y 17 criterios de cumplimiento.
- **Principio 4: Robusto:** El contenido debe ser lo suficientemente robusto como para confiarse en su interpretación por parte de una amplia variedad de agentes de usuario, incluidas las tecnologías de asistencia. Se compone de 1 directriz y 2 criterios de cumplimiento.

La descripción detallada de las directrices y criterios del cumplimiento de cada principio se encuentra en el sitio oficial de la W3C, en la guía de la WCAG 2.0 [22].

2.3. Pruebas Manuales

La evaluación de la accesibilidad a la web mediante pruebas manuales requiere conocimientos para la fiabilidad y el aumento de la precisión máxima. Una de las ventajas de la prueba manual es que puede encontrar violaciones y problemas de usabilidad que las herramientas automatizadas no pueden, pero es mucho más lento, permite menos cobertura, es costoso y depende de la comprensión de los probadores de contenido web Directrices de Accesibilidad (WCAG 2.0) y tecnologías web[16], [23].

El W3C / WAI dice: una evaluación eficaz de la accesibilidad a la Web requiere más que simplemente herramientas de evaluación en un sitio Web. Las evaluaciones completas y eficaces requieren evaluadores con una comprensión de las tecnologías Web, herramientas de evaluación, barreras que las personas con discapacidades experimentan, las barreras que las personas con discapacidad experimentan, las tecnologías y enfoques asistenciales que usan las personas con discapacidades y las directrices y técnicas de accesibilidad [24].

2.3.1. Herramientas de revisión automática de la accesibilidad

Las herramientas de revisión automática de la accesibilidad son programas software o servicios en línea que revisan el nivel de accesibilidad de un sitio web utilizando una variedad de herramientas. Usando estas herramientas de pruebas automáticas se ayuda a minimizar el tiempo y parece menos complicado[23]. Algunas de estas herramientas automáticas se encuentran descritas en la página web de la W3C[25].

La utilización de estas de herramientas de accesibilidad dependerá del tamaño y alcance de los sitios web. Algunas herramientas son más fáciles de usar, algunas son complicadas y otros permiten evaluar una página a la vez. Algunos proporcionan sólo una exploración rápida y evaluación, mientras otros ofrecen un mayor enfoque en los detalles y son capaces de revisar un sitio web con múltiples páginas [16].

Después de la evaluación, la mayoría de las herramientas de calidad pueden proporcionar generación automatizada del informe y pueden detectar errores, como las descripciones de texto que faltan. Además, el informe debe proporcionar soluciones y asesoramiento que el sitio web puede necesitar para realizar más pruebas manuales. Este informe debería ofrecer diferentes plantillas y estilos basados en los usuarios objetivo del sitio web para maximizar los beneficios y aplicar las herramientas adecuadas para adaptarse a los usuarios objetivo[26].

Es un hecho que las pruebas automatizadas ahorran tiempo y mano de obra, pero las pruebas manuales (realizadas por el ser humano) dan una mayor precisión [26]. Según la revisión de Saleem [23] hay 3 categorías de resultados al evaluar sitios web. En primer lugar los verdaderos positivos son problemas reales descubiertos por estas herramientas [27]. En segundo lugar, los falsos positivos son errores informados por las herramientas, pero cuando se utiliza el juicio humano, no se producen los errores [27].

Por último los falsos negativos son definidos como errores que no pueden ser detectados por las herramientas[27].

Es por esta razón que los estudios indican que al realizar una evaluación de accesibilidad se use una combinación de evaluaciones manuales con automáticas[23] en la medida de lo posible.

2.4. Normativas legales sobre accesibilidad Web

En Estados Unidos, el marco legal que existe para el desarrollo de contenidos WEB es el estándar que conocido como “**Section 508**” , el cual requiere a todas las agencias gubernamentales, tener de manera accesible toda la información electrónica que ellas poseen para personas con discapacidad, incentivando también el desarrollo de nuevas tecnologías para cumplir con tal objetivo[28].

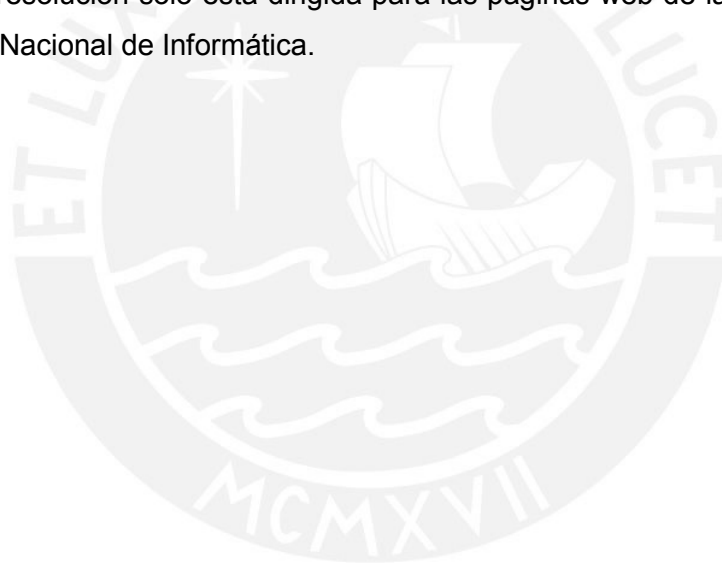
La incorporación de la accesibilidad web en la legislación de los países de América Latina es bastante reciente y desigual [2], [29], [30], a pesar de que toman en cuenta condiciones básicas para el acceso de las personas con discapacidad a las tecnologías, productos y servicios relacionados con la sociedad de la información, sumado a que los gobiernos de estos países son signatarios y han ratificado la Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad [31].

La accesibilidad Web en el Perú, tiene sus orígenes en el ingreso de Internet en el país. A partir del 2000, se comenzó a regular algunos de estos temas con la Ley de Firmas y Certificados Digitales mediante la Ley N° 27269, la cual tiene por objeto regular la utilización de la firma electrónica otorgándole la misma validez y eficacia jurídica que el uso de una manuscrita u otra análoga, pero no quedó bien definido como se va a introducir este proceso en la sociedad y especialmente para las personas con discapacidad visual[2].

En el 2005, se promulgó la Ley N° 28530 - Ley de Promoción de Acceso a Internet para Personas con Discapacidad y de adecuación del espacio físico en cabinas públicas de Internet, se destaca porque no sólo obliga a las entidades públicas y universidades a ofrecer sitios Web accesibles, sino también a las personas naturales o jurídicas que presten servicios de información al consumidor y otros servicios a través de páginas Web. Sin embargo, esta Ley tiene un problema grave debido a que sólo hace referencia a las personas con discapacidad visual, olvidando otros grupos de usuarios. Tampoco indica los niveles de accesibilidad que se deben cumplir[2].

El 25 de marzo de 2009 se decretó la Resolución Ministerial 126-2009-PCM de la Presidencia del Consejo de Ministros, que aprobó los lineamientos para accesibilidad a páginas Web y aplicaciones para telefonía móvil para instituciones públicas del Sistema Nacional de Informática. El propósito de este documento es que las instituciones públicas del Estado peruano apliquen las “Pautas de Accesibilidad de los Contenidos Web 1.0” (WCAG1.0) para mejorar sus páginas web y crear las bases para el desarrollo de aplicaciones para equipos móviles (telefonía celular), en el marco de la sociedad de la información, la inclusión social y con ello la accesibilidad a las personas con discapacidad y otros[2].

Se debe tener en cuenta que esta Resolución Ministerial es aun deficiente debido a que no solo se debió establecer que se tienen que aplicar las pautas de accesibilidad del contenido en la web 1.0, sino también las pautas web 2.0, de forma paulatina[2]. Por otro lado la resolución solo está dirigida para las páginas web de las entidades públicas del Sistema Nacional de Informática.



Capítulo 3. Estado del Arte

Con el objetivo de encontrar estudios e investigaciones previas sobre accesibilidad web en portales de universidades, se realizó una revisión sistemática a la literatura relacionada en portales de instituciones similares, con el fin de conocer las técnicas, herramientas y resultados que puedan servir de base para el caso particular del Perú.

3.1. Diseño de la Revisión Sistemática

La revisión sistemática se realiza con la finalidad de resumir toda la información que existe acerca de las preguntas de investigación propuestas. Los métodos que son empleados para facilitar la realización de una revisión sistemática se especifican en un protocolo de revisión [32], [33].

3.1.1. Las Preguntas de investigación

La definición de preguntas de investigación es la parte más importante durante la revisión sistemática, porque enfocaran apropiadamente la investigación. Para el presente trabajo las preguntas de investigación fueron realizadas con el método PICOP, el cual significa Population (población), Intervention (intervención), Comparison (comparación), Outcome (resultados) y Contexto (contexto).

Como el objetivo de esta revisión sistemática no es encontrar comparaciones entre herramientas y/o métodos de evaluación de accesibilidad este criterio no se tomó en cuenta, así mismo tampoco se tomara en cuenta el criterio del Contexto, debido a que el dominio del contexto es amplio y en su mayoría corresponde al lado Académico. A continuación se muestra los criterios que tomaron en consideración en la Tabla 1:

Tabla 1. Aplicación del método PICOP

Criterio	Descripción
Population	Los websites de la universidades
Intervención	los métodos y herramientas de evaluación de accesibilidad de la WCAG 2.0
Resultados	Nivel de accesibilidad de los websites de las universidades

Las preguntas de investigación han sido definidas en base al método PICOP, en el cual se realiza la combinación de cada uno de los elementos identificados: población, intervención y Resultados, con la finalidad de definir el alcance de la investigación a realizarse en la revisión sistemática[33].

Las preguntas de investigación fueron definidas para la revisión son:

- P1. ¿Qué evidencia existe acerca de estudios realizados sobre evaluación de accesibilidad web de la WCAG 2.0 en websites de universidades?
- P2. ¿Cuáles fueron los métodos y herramientas más usados para medir el nivel de accesibilidad web de la WGA 2.0 en websites de universidades?

3.1.2. Estrategia de búsqueda y selección

Para realizar la búsqueda y selección de trabajos se definió una estrategia. En primer lugar, los términos de búsqueda se definieron en las bases de datos; Luego las fases de la búsqueda; Y finalmente, los criterios que se utilizarían para incluir o excluir los documentos resultantes[34].

Términos de búsqueda

Considerando la información obtenida a través del método PICOP, se definieron los términos de búsqueda que se describen en la Tabla 2. Los términos empleados están en inglés.

Tabla 2. Términos de búsqueda derivados del método PICOP

Criterio	Descripción	Termino derivado
Population (población)	University websites	University website
		University web portal
		Higher education
Intervention (Intervención)	Method/technique/Process, web accessibility evaluation, wcag 2.0	Method
		Technique
		Process
		Web accessibility evaluation
		Wcag 2.0
		Web content accesibility
		W3c
Outcomes (Resultados)	Level web accessibility evaluation	Web accessibility evaluation

Luego de evaluar los posibles términos de búsqueda, todas las cadenas básicas que se emplearon fueron las siguientes:

- C1. ("university website" or "university web portal" or "higher education")
- C2. ("method" or "technique" or "process") AND ("web accesibility evaluation" or "web content accesibility" or "web accessibility") AND ("wcag 2.0")

La cadena que se empleó en las búsquedas es la siguiente:

C1 AND C2

a. Fases de proceso de búsqueda

El proceso de búsqueda comprendió dos fases:

- La primera fase fue la búsqueda primaria, en la cual se emplearon las siguientes bases de datos: ACM, Science Direct, IEEEExplore, Web of Science.
- La segunda fase consistió en una búsqueda secundaria que considero la revisión de las referencias y citaciones de los artículos obtenidos en la primera fase[33]. Para determinar estas citaciones se utilizó Google Scholar y Research Gate.

b. Criterios de inclusión y exclusión

Cada estudio fue evaluado en la realización de la revisión sistemática para decidir cuál debe ser incluido y cual no. Los estudios encontrados bajo las siguientes condiciones fueron incluidos:

- Estudios que presenten estudios de evaluación de accesibilidad web en universidades o centros de enseñanza superior
 - Metodologías de evaluación de accesibilidad web usando herramientas de las guías de evaluación de contenido web - WCAG 2.0.
 - Niveles de evaluación de accesibilidad web encontrados en web de universidades o centros de enseñanza superior.
- c. Los criterios de exclusión fueron los siguientes:
- Se excluyeron los estudios publicados antes del 2007.
 - Estudios que no han sido escritos en inglés o español.
 - Los estudios que se centren más en usabilidad que accesibilidad.

- Los estudios que no involucren evaluaciones sobre evaluación web de contenido de accesibilidad de websites de universidades.

Selección de los artículos

Para realizar la selección de los artículos se revisaron los títulos y resúmenes de los artículos encontrados, con la finalidad de seleccionar los estudios primarios, en el caso que el resumen no diera suficiente información se leyó el artículo completo. Además se consideró que el estudio primario revisado se evalúa contra los criterios de inclusión y exclusión[33].

Búsqueda

La búsqueda se realizó el 16 de abril del 2017, pero se realizaron algunos cambios por lo que se volvió a ejecutar la búsqueda el 29 de abril del 2017.

La búsqueda encontró 122 artículos de los que se seleccionaron finalmente 11 artículos. Posteriormente se realizó un proceso de búsqueda secundaria con las citas y referencias de cada uno de los artículos primarios seleccionados obteniendo 10 artículos. En las Tabla 3 y Tabla 4 se muestran el resumen de los estudios seleccionados primarios y secundarios:

Tabla 3. Cantidad de papers clasificado por base de datos (estudios primarios)

Base de datos	Buscados	Artículos duplicados	Seleccionados
ACM	85	---	5
Science Direct	11	3	2
IEEE Xplore	10	8	1
Web of Science	16	5	3
	122		11

Tabla 4. Papers seleccionados de búsqueda secundaria

Búsqueda en	Cantidad
Google Scholar	7
Research Gate	3
	10

Resultados

Los resultados obtenidos, los cuales se basan en la revisión de estudios primarios y secundarios, están clasificados de acuerdo a cada una de las preguntas de investigación, que se muestran en la Tabla 5. Asimismo se muestra el porcentaje de cada posible respuesta dependiendo del número de estudios encontrados por respuesta y el total de estudios encontrados.

Tabla 5. Clasificación de los estudios

Preguntas de investigación	Posibles respuestas	Resultados	
		Estudios	Porcentaje (%)
PI1. ¿Qué evidencia existe acerca de estudios realizados sobre evaluación de accesibilidad web con las guías de evaluación de contenido de la WCAG 2.0 en websites de universidades?	Estudios de evaluación de accesibilidad web en universidades europeas	10	48%
	Estudios de evaluación de accesibilidad web en universidades de estados unidos y América Latina	9	43%
	Estudios de evaluación de accesibilidad web en universidades de Asia, África y Medio Oriente	6	29%
PI2. ¿Cuáles fueron los métodos y/o herramientas más usados para medir el nivel de accesibilidad web de la WGA 2.0 en websites de universidades?	Evaluación mediante herramientas automáticas	7	33%
	Evaluación manual	3	14%
	Evaluación mediante herramientas manuales y herramientas automáticas	6	29%

3.1.3. Estudios de evaluación de accesibilidad en sitios web de universidades

En el estudio de Zaphiris et al [35] se realizó un trabajo de evaluación de accesibilidad en las websites de 7 universidades de Chipre (3 públicas y 4 privadas) , para ello se realizó una evaluación que combinaba pruebas manuales y automáticas. Adicionalmente se realizaron cuestionarios para saber si las autoridades universitarias conocían sobre las disposiciones y regulaciones de accesibilidad web dentro de sus casas de estudios.

En el estudio de Hilera et al. [11] se describe una evaluación llevado a cabo para evaluar la accesibilidad de los contenidos de los portales Web de algunas de las universidades extranjeras y españolas más relevantes según tres rankings universitarios. La evaluación se realizó comprobando el cumplimiento de las pautas de accesibilidad de contenidos Web establecidas por el World Wide Web Consortium en la recomendación WCAG 2.0. Se trató de determinar si universidades con prestigio a nivel académico ofrecen la información sobre la universidad a través de su Web, de tal forma que pueda ser visitada por todas las personas (profesores, estudiantes), independientemente de si tienen o no algún tipo de discapacidad.

Por su parte Kane et al. [36] realizan un estudio de accesibilidad mediante un análisis multi-método sobre las páginas web principales (*home pages*) de las 100 mejores

universidades a nivel internacional, donde cada sitio fue analizado revisando el cumplimiento de estándares de accesibilidad de la WCAG 2.0 y utilizando herramientas automáticas y test manuales.

En el trabajo Pendergast et al [37], se realiza una examinación de los requisitos de las leyes de accesibilidad, la formación de la iniciativa de accesibilidad y el consiguiente WCAG 2.0. Las herramientas de prueba de accesibilidad para sitios web y contenido web se discuten y luego se utilizan para medir el nivel de cumplimiento de un número de universidades en los Estados Unidos, encontrándose que en todos los sitios web de las universidades tenían múltiples errores de accesibilidad.

En tanto Navarrete y Lujan [12] realizan un trabajo de evaluación mediante el cual se verifica a través de herramientas de software, el nivel de cumplimiento de las directrices sobre accesibilidad web y la observancia de la sintaxis de lenguajes de marcado y hojas de estilo, en los portales web de las principales universidades del Ecuador. A partir de los resultados del análisis se establece una serie de pautas para mejorar el diseño de los portales web de las universidades. El estudio encuentra su motivación en la normatividad sobre accesibilidad web en Ecuador que se enmarca en la declaración del Plan Nacional para el Buen Vivir, 2013- 2017.

Por su parte Laitano [6] presenta un estudio donde realiza un primer diagnóstico de accesibilidad web realizado en el 2012 sobre una muestra de páginas del espacio universitario público argentino. La evaluación comprueba el cumplimiento de las Pautas de Accesibilidad para el Contenido Web (WCAG) en su versión 2.0, contemplando las recomendaciones metodológicas del World Wide Web Consortium (W3C). Los resultados sugieren que las barreras de accesibilidad web encontradas son mayoritariamente graves (nivel A). Las más frecuentes están relacionadas con la sintaxis del lenguaje de marcado, con la presentación del contenido, con el contenido no textual y con la legibilidad visual del texto. De igual modo se muestra que ciertos grupos de personas podrían verse particularmente favorecidos por la solución de estas barreras.

En tanto Cordova [10] mediante un estudio comparativo de accesibilidad web en portales informativos de universidades peruanas que brindan educación a distancia a nivel de pre grado, presenta resultados de esta comparación de acuerdo al cumplimiento de las prioridades de la accesibilidad web con templadas en la legislación peruana las mismas que están basados en las directivas de la W3C. Para ello se realizan evaluaciones mediante herramientas de evaluación de accesibilidad (HERA y TAW) ,

mostrándose un alto de grado de incumplimiento de las prioridades, las cuales constituyen barreras informativas y de acceso a personas que tengan alguna discapacidad y deseen estudiar en modalidad a distancia.

En el trabajo de Ismail et al [38] , se realizó un estudio exploratorio sobre la accesibilidad de las páginas web del sitio web de la universidad india de 320 universidades de la India. Para esta evaluación se utilizaron herramientas automáticas y se realizó una clasificación considerando las directrices de conformidad de la WCAG 2.0. Luego de esta evaluación se realizó una clasificación comparativa en 3 capas dependiendo del nivel de accesibilidad. Los resultados del análisis presentan propuestas para el mejoramiento de los sitios web.

En el trabajo de Kesswani et al [39] se realiza una evaluación de accesibilidad a universidades top de la India utilizando herramientas automáticas, así mismo evalúa a los sitios web de universidades Top de Alemania, China y Rusia. Los resultados encontrados indican que la mayoría de estos centros de estudios siguen menos del 50% de las guías de accesibilidad de la WCAG 2.0.

Mientras que en el trabajo de Lujan et al [40] se realiza un evaluación de accesibilidad web utilizando las directrices de accesibilidad de contenido de la WCAG 2.0 [21] y para ello escogieron 20 universidades que se encuentran dentro del ranking de Webometrics. Estas universidades son de Norteamérica, Latinoamérica, Asia, África y Oceanía. Para ello se utilizaron herramientas automáticas con las que obtuvieron diversos resultados.

3.1.4. Métodos más usados en evaluación de accesibilidad web

Para los trabajos descritos en [4], [40], [41], [41], [39], [6], [38] las herramientas más usadas fueron las herramientas automáticas, debido a que son herramientas que ayudan fuertemente a reducir la carga de identificar barreras de accesibilidad. Por lo general se emplean de 2 a más herramientas automáticas para poder realizar diferentes comparaciones. Entre las herramientas más populares se encuentran Taw 2.0, Hera, aChecker, eXaminator, Cynthia Says.

Mientras que para los trabajos de [35], [11], [36], [35] se realizaron las combinaciones de pruebas con herramientas manuales y automáticas, para realizar un mejor análisis de evaluación de accesibilidad y así cumplir con lo sugerido WAI – W3C [16].

3.1.5. Conclusiones

La revisión sistemática sobre evaluación de accesibilidad web en universidades utilizando las directrices de la WCAG 2.0 presentada en esta tesis, consistió en la revisión de un protocolo predefinido lo cual permitió identificar estudios primarios. Se revisaron las referencias y citaciones de los estudios para hallar los estudios secundarios[33].

Los resultados muestran que el 48% de los estudios realizados sobre evaluación de accesibilidad web con las directrices de la WCAG 2.0 se han realizado en universidades europeas, un 43% en universidades Norteamericanas y de América Latina y un 29% en Asia, África y Medio Oriente, por lo que se puede deducir que existe una gran preocupación por la comunidad académica en que las universidades europeas puedan superar las barreras de la discriminación, en favor de los discapacitados que podrían ser estudiantes o público en general con acceso a los contenidos de estos sitios web.

Con respecto a los estudios en las universidades Norteamericanas y de América Latina, se ve un interés creciente por mejorar la accesibilidad web de los sitios web tanto para la educación online y presencial, teniendo en consideración que muchos de estos países tienen normativas que señalan el uso de directrices de accesibilidad web basados en la WCAG 2.0 e incluso en la WCAG 1.0, las cuales en su mayoría son ignorados por desconocimiento, haciendo que los sitios web de sus universidades tengan un nivel muy bajo de accesibilidad.

Asimismo se observa que el 33% de los estudios realizan pruebas solamente con herramientas automáticas, debido a que muchas de ellas son bastante confiables y brindan información que puede ser evaluada y analizada rápidamente sin necesidad de pruebas manuales.

Lo que se ha podido también observar es que existen muy poco trabajos sobre evaluación de accesibilidad web en universidades peruanas, tan solo se encontró un trabajo sobre universidades que brindan enseñanza a distancia, siendo estas universidades únicamente privadas.

Los resultados obtenidos han permitido conocer que si bien es cierto existe un grupo de estudios sobre evaluación de accesibilidad en sitios web de universidades, identificando en la mayoría de los casos que no cumplen con los requisitos mínimos de accesibilidad web, esta evaluación aún no se ha realizado sobre sitios web de universidades estatales

e incluso privadas del Perú, donde se pueda conocer todas las deficiencias que tienen a nivel contenido en sus sitios web y proponer métodos que contribuyan a su mejoramiento. Por lo que queda un terreno libre para el estudio y la investigación sobre este campo.

Capítulo 4. Metodología

Para el presente trabajo de evaluación de accesibilidad web se analizarán un conjunto de páginas web de universidades públicas peruanas que se encuentran dentro del Ranking de Webometrics del año 2016, considerando las recomendaciones de la Iniciativa de Accesibilidad Web (WAI) del World Wide Web Consortium (W3C) (WCAG 2.0) [21] y de la Metodología de Evaluación de Conformidad con la Accesibilidad Web (WCAG-EM) [42].

Teniendo en consideración estas recomendaciones y lo indicado en los trabajos de evaluación de accesibilidad en páginas web de Universidades de Lujan-Mora et al [43], [14] y Laitano [6] se plantea realizar los siguientes pasos:

- 1 Selección de las Universidades para el análisis.
- 2 Definición de las páginas web de las universidades seleccionadas a evaluarse.
- 3 Definición del nivel de conformidad.
- 4 Selección de las herramientas para el análisis.
- 5 Evaluar la muestra de las universidades públicas seleccionadas.
- 6 Análisis los resultados.

Para este capítulo se desarrollarán los puntos 1,2,3,4, para el capítulo 4 se desarrollará el punto 5, y para el capítulo 5 se desarrollará el punto 6.

A continuación se detalla:

4.1. Selección de las Universidades para el análisis

Basándonos en el trabajo de Hilera et al [44], el objetivo principal del presente trabajo es realizar una evaluación de accesibilidad de páginas web de una selección de universidades peruanas que se encuentran en un ranking universitario internacional académico, en este caso el Ranking de Universidades de Webometrics, el cual cuenta con mucha reputación académica. Este ranking llamado “**Webometrics Ranking of World Universities**”, es un portal del Laboratorio de Cibermetría del CSIC de España [45], el cual considera la productividad y el efecto de los productos académicos colocados en internet.

Previamente a la selección de las universidades para este estudio, se revisó que en el Perú existen 51 universidades públicas reconocidas por la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria – SUNEDU[46] , de las cuales 11 son de Lima y 40 del resto de los departamentos. De este grupo solo 30 universidades públicas se encuentran en el Ranking del portal Webometrics del año 2016 [47].

Adicionalmente a este Ranking también se muestra la cantidad de alumnos matriculados de pre-grado en estas universidades, debido a que serán la cantidad de personas potencialmente afectadas con las barreras de la accesibilidad [6]. Este dato se obtuvo de la página web de la SUNEDU para el periodo 2015 [48].

De este grupo de 30 universidades públicas se decidió escoger a las 14 primeras del Ranking como muestra, debido a que indican geográficamente a diversos departamentos del Perú.

A continuación se detalla en la Tabla 6:

Tabla 6 Muestra seleccionada de 14 universidades pública para el estudio

Nro	Puesto en Webometrics	Universidad	Departamento	URL	Alumnos matriculados en pre-grado (*)
1	2	Universidad Nacional Mayor de San Marcos	Lima	http://www.unmsm.edu.pe/	32,131
2	3	Universidad Nacional de Ingeniería Lima	Lima	http://www.uni.edu.pe/	12,174
3	4	Universidad Nacional Agraria La Molina	Lima	http://www.lamolina.edu.pe/	5,828
4	5	Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco	Cusco	http://www.unsaac.edu.pe/	18,760
5	10	Universidad Nacional de Trujillo	La Libertad	http://www.unitru.edu.pe/	16,657
6	14	Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa	Arequipa	http://www.unsa.edu.pe/	27,934
7	19	Universidad Nacional Federico Villarreal	Lima	http://www.unfv.edu.pe/site/	24,135
8	21	Universidad Nacional de la Amazonía Peruana	Iquitos	http://www.unapiquitos.edu.pe/	8,781
9	24	Universidad Nacional del Callao	Lima	http://www.unac.edu.pe/	15,749

Nro	Puesto en WeboMetrics	Universidad	Departamento	URL	Alumnos matriculados en pre-grado (*)
10	27	Universidad Nacional del Altiplano	Puno	http://www.unap.edu.pe/web/	20,589
11	28	Universidad Nacional Agraria de la Selva Tingo María	Huánuco	http://www.unas.edu.pe/web/	3,301
12	29	Universidad Nacional de Cajamarca	Cajamarca	http://www.unc.edu.pe/	9,414
13	33	Universidad Nacional de Piura	Piura	http://www.unp.edu.pe/Universidad/index.html	18,112
14	37	Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga	Ayacucho	http://www.unsch.edu.pe/	11,815

(*)Fuente Sunedu: Los datos corresponden a los alumnos matriculados de pregrado para el periodo 2015.

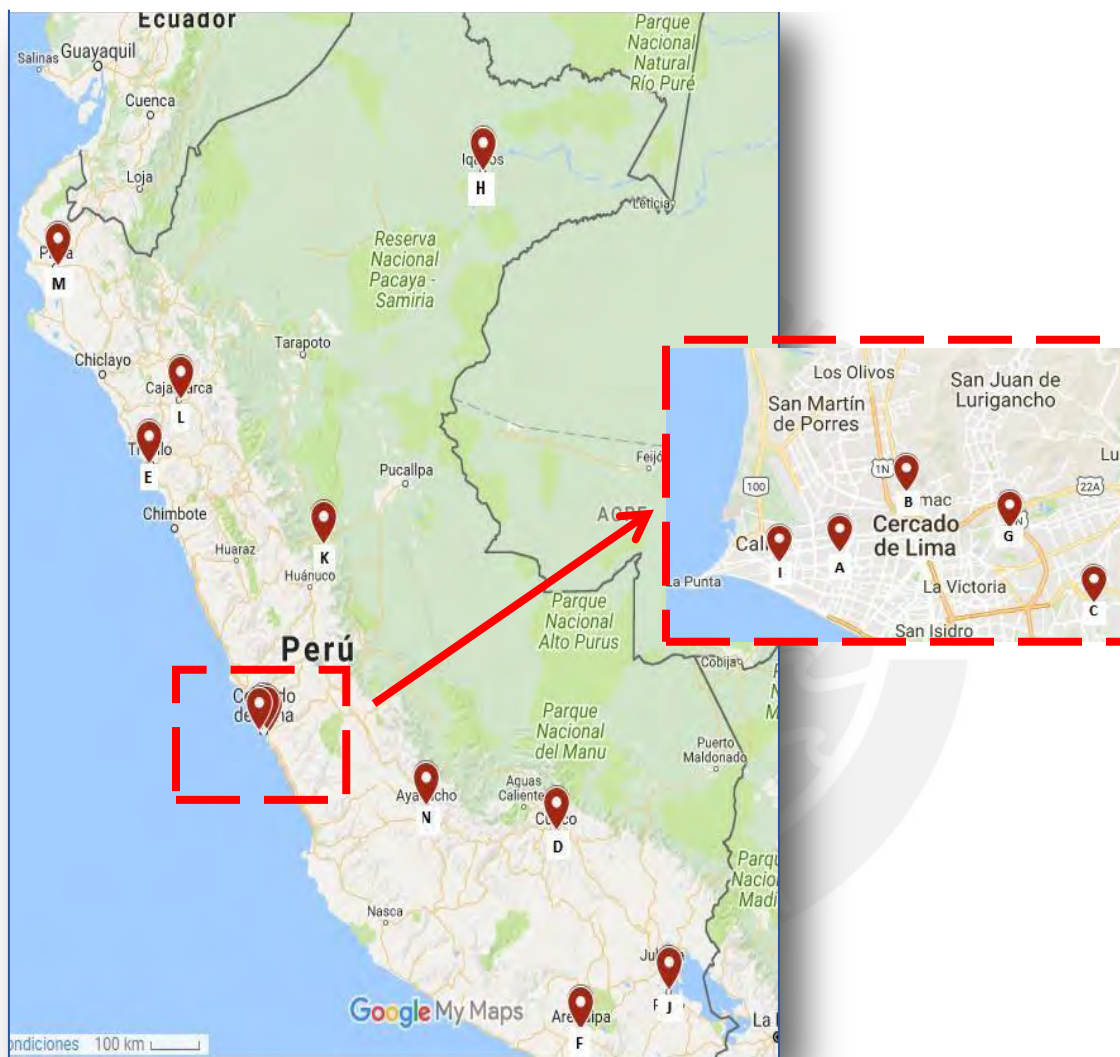
Asimismo en la tabla Tabla 7 se muestra la distribución geográfica de las 14 universidades públicas seleccionadas de la muestra:

Tabla 7. Distribución geográfica de la muestra de 14 universidades públicas seleccionadas

Nro	WeboMetrics	Universidad	Departamento	Id Mapa
1	2	Universidad Nacional Mayor de San Marcos	Lima	A
2	3	Universidad Nacional de Ingeniería Lima	Lima	B
3	4	Universidad Nacional Agraria La Molina	Lima	C
4	5	Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco	Cusco	D
5	10	Universidad Nacional de Trujillo	La Libertad	E
6	14	Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa	Arequipa	F
7	19	Universidad Nacional Federico Villarreal	Lima	G
8	21	Universidad Nacional de la Amazonía Peruana	Iquitos	H
9	24	Universidad Nacional del Callao	Lima	I
10	27	Universidad Nacional del Altiplano	Puno	J
11	28	Universidad Nacional Agraria de la Selva Tingo María	Huánuco	K
12	29	Universidad Nacional de Cajamarca	Cajamarca	L
13	33	Universidad Nacional de Piura	Piura	M
14	37	Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga	Ayacucho	N

Para un mayor detalle se muestra en la Figura 1 la distribución geográfica de las 14 universidades públicas peruanas seleccionadas, con su indicador en el mapa del Perú (id Mapa de la Tabla 7).

Figura 1. Distribución geográfica de las 14 universidades públicas de la muestra



Fuente: Elaboración propia utilizando Google Maps ©.

4.2. Páginas web de las universidades seleccionadas

Un paso previo a la evaluación de la accesibilidad es la selección de las páginas web de cada universidad, cuya accesibilidad se va a analizar [44]. Es por ello que diferentes trabajos utilizan distintas cantidades de páginas por universidad, entre estos tenemos a: Laitano [6], Lujan-Mora et al [14] y Rosli et al [49] quienes utilizaron únicamente la

página principal del sitio web (*home*) de cada universidad para su evaluación, para los trabajos de Hilera et al [44], Lujan-Mora et al [15] se evaluaron 3 páginas y para el trabajo de Navarrete et al [12] se evaluaron 6 páginas.

Para el presente trabajo se han seleccionado 2 páginas suficientemente representativas y que son comunes para de cada una de las 14 universidades públicas seleccionadas en la muestra, según el siguiente criterio:

1. La página principal del sitio web (*home*) , siendo 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[14].
2. Oferta Académica, Carreras. Para este caso se deberá tomar solo una página web informativa de una carrera de pre-grado.

De este modo al analizar 2 páginas web de cada una de las universidades se pueden obtener resultados más equilibrados que si únicamente analizamos la página principal, y existe una gran probabilidad de que entre las 2 incluyan una mayor cantidad de componentes problemáticos frente a la accesibilidad [44].

Es cierto que un estudio más exhaustivo de todas las páginas web de la universidad conduciría a resultados más precisos, pero también es la realidad que la mayoría de páginas de un sitio siguen un mismo patrón [44].

4.3. Definición del nivel de conformidad e indicadores

Luego de tener definida el conjunto de páginas web que se deberán evaluar para las 14 universidades públicas seleccionadas para la muestra, se define que se utilizarán los indicadores de evaluación de accesibilidad de las Pautas de Accesibilidad para el Contenido Web de la WCAG 2.0 [21] , teniendo en consideración que las WCAG poseen un alto grado de aceptación a nivel internacional, y que constituyen el indicador fundamental en los trabajos de Laitano [6], Lujan-Mora et al [14], [15], [12] , Rosli et al [49] y Hilera et al [44].

Aun cuando la normatividad peruana establece la versión 1.0 de la WCAG [19], [1], para el presente trabajo se ha optado por la versión WCAG 2.0, la cual se fundamenta en que posee la ventaja de ser tecnológicamente neutra y en la presunción de que la legislación peruana no tardará en adoptar el nuevo estándar [6].

Tal como se explicó en el marco conceptual de este trabajo, existen 3 criterios de conformidad (A, AA, AAA) para las pautas de la WCAG, por lo que para el presente

estudio se aplicaran los niveles de conformidad A y AA, dado que es lo que la Metodología de la evaluación de conformidad de la WCAG-EM [50] aconseja y recomienda para una buena evaluación. El nivel AAA es deseable, por lo que no se considera. El uso de este nivel de conformidad se encuentra sustentado en los trabajos de Laitano [6], Rosli et al [49] y Lujan-Mora et al [14], [15], [12].

4.4. Herramientas para las auditorías de la muestra de universidades

Existen numerosas herramientas de evaluación de accesibilidad web de las cuales 92 son recomendadas por la W3C mediante un listado [25], las cuales cumplen diversas funciones:

- a. Herramientas para la evaluación automática utilizando diversos tipos de estándares como WCAG 2.0, WCAG 1.0, Sección 508, etc.
- b. Herramientas de apoyo para la evaluación manual que serán utilizados por expertos en evaluación de accesibilidad, utilizando los WCAG 2.0, WCAG 1.0, Sección 508, etc.
- c. Herramientas para validación de marcado HTML, CSS (o gramatical).
- d. Herramientas para evaluación de color y contraste.
- e. Herramientas para detección de epilepsia.
- f. Herramientas para la evaluación de legibilidad, etc.

Es por ello que siguiendo las sugerencias de la WAI [16] el presente trabajo realizará evaluaciones utilizando las auditorías o evaluaciones automáticas.

Las herramientas automáticas de evaluación solo pueden chequear aquellos criterios de conformidad que admiten automatización. Estas recomendaciones concuerdan con los estudios recientes de Laitano [6] e Hilera et al [44].

Asimismo para el presente estudio, se ha considerado el uso de herramientas de software libre teniendo en cuenta su popularidad e integración con el estándar de accesibilidad WCAG 2.0. Este uso se encuentra sustentado en los trabajos de Laitano [6], Lujan-Mora et al [14], [15], [12], Rosli et al [49] y Hilera et al [44] [51].

Debido a que se va a evaluar accesibilidad de páginas web de universidades, se ha realizado un resumen de herramientas de evaluación de accesibilidad, considerando trabajos de evaluación web en Universidades y Entidades de Gobierno. A continuación se detalla en la Tabla 8:

Tabla 8. Listado de herramientas automáticas usadas en estudios de accesibilidad en Universidades utilizando los estándares de la WCAG 2.0

Herramienta	Tipo de evaluación	Estándares/Directrices	Función	URL	Trabajos relevantes
WAVE	Evaluación de accesibilidad web	WCAG 2.0 , Section 508, US federal procurement standard	Revisión automática	http://wave.webaim.org/	Adepoju et al [52], Ahmi et al [49]
Achecker	Evaluación de accesibilidad web	WCAG 2.0 — W3C Web Content Accessibility Guidelines 2.0, WCAG 1.0, Section 508, US federal procurement standard, Stanca Act, Italian accessibility legislation, BITV, German government standard	Revisión automática	http://achecker.ca	Adepoju et al [52], Sam-Anlas et al [2] , Laitano [6], Ahmi et al [49]
Hera-FFX	Evaluación de accesibilidad web	WCAG 2.0 — W3C Web Content Accessibility Guidelines 2.0	Revisión manual/automática	http://www.sidar.org/recur/aplica/heraffx.php	Adepoju et al [52], Sam-Anlas et al [2]
TAW	Evaluación de accesibilidad web	WCAG 2.0 — W3C Web Content Accessibility Guidelines 2.0	Revisión automática	http://www.tawdis.net/	Hilera et al [44], Sam-Anlas et al [2], Lujan Mora [14], [15], [43]
Web Developer Toolbar	Evaluación de accesibilidad web	WCAG 2.0 — W3C Web Content Accessibility Guidelines 2.0	Revisión manual	-	Laitano [6]
Web Accessibility Toolbar	Evaluación de accesibilidad web	WCAG 2.0 — W3C Web Content Accessibility Guidelines 2.0	Revisión manual	http://www.visionaustralia.org/digital-access-wat	Hilera et al [44], Sam-Anlas et al [2]
Examinator	Evaluación de accesibilidad web	WCAG 2.0 — W3C Web Content Accessibility Guidelines 2.0	Revisión automática	http://examinator.ws/	Lujan Mora [39], [40], Laitano [6]

En la

Tabla 9 se muestran las herramientas de evaluación de los tipos: Validación de gramática, Evaluación de color y contraste, detección de epilepsia y de legibilidad encontrados en otros estudios de evaluación de universidades:



Tabla 9. Herramientas de automáticas para validación de gramática, de color y contraste, detección de epilepsia y evaluación de legibilidad, usadas en estudios de evaluación web en Universidades y Entidades de Gobierno:

Herramienta	Tipo de evaluación	Estándares/Directrices	URL	Trabajos relevantes
W3C Markup Validation Service	Validación de gramática	NA	https://validator.w3.org/	Laitano[6], Hilera et al [2], Lujan et al [7]
W3C CSS Validation Service	Validación de gramática	NA	https://jigsaw.w3.org/css-validator/	Hilera et al [2], Lujan et al [7]
WCAG Contrast Checker	Evaluación de color y contraste	WCAG 1.0 and WCAG 2.0	https://addons.mozilla.org/es/firefox/addon/wcag-contrast-checker/	Hilera et al [2]
Colour Contrast Analyser	Evaluación de color y contraste	WCAG 2.0	https://www.visionaustralia.org/business-and-professionals/digital-access-consulting/resources/tools-to-download/colour-contrast-analyser	Laitano[6]
PEAT - Photosensitive Epilepsy Analysis Tool	Detección de epilepsia	NA	https://trace.umd.edu/peat	Hilera et al [2],
Flesh	Evaluación de legibilidad	NA	http://flesh.sourceforge.net/	Hilera et al [2],
Inflesz	Evaluación de legibilidad	NA	https://legibilidad.blogspot.pe/2015/01/el-programa-inflesz.html	Hilera et al [2],

Luego de haber realizado una evaluación preliminar de estas herramientas con determinadas páginas web de la muestra de universidades públicas, se seleccionaron las siguientes herramientas automáticas que se muestran en la Tabla 10:

Tabla 10. Selección de herramientas

Herramienta	Tipo de evaluación	Función	URL
Achecker	Evaluación de accesibilidad web	Revisión automática	http://achecker.ca
TAW	Evaluación de accesibilidad web	Revisión automática	http://www.tawdis.net/
Examinator	Evaluación de accesibilidad web	Revisión automática	http://examinator.ws/
W3C Markup Validation Service	Validación de gramática	Validación de marcado HTML	https://validator.w3.org/
W3C CSS Validation Service	Validación de gramática	Validación de CSS	https://jigsaw.w3.org/css-validator/

Como se puede apreciar se han seleccionado tres herramientas automáticas para evaluación de accesibilidad para revisión automática y dos herramientas automáticas para validación de gramática. Todo esto considerando las recomendaciones de la WAI de tener un mínimo de dos herramientas automáticas para la evaluación.

4.5. Evaluar la selección de las universidades públicas seleccionadas

En esta etapa se deberá verificar que cada página web de la selección de las universidades públicas: la página principal (*home*) y una página de información académica de carrera de pregrado cumplan con los requisitos de conformidad y con el nivel de adecuación AA de la WCAG 2.0.

Para ello se hará uso de las herramientas de evaluación automática seleccionadas, que chequearan aquellos criterios de conformidad que admiten automatización, en este caso las herramientas: Achequer, TAW y Examiner.

Adicionalmente se deberán realizar pruebas de validación de gramática lo cual incluye la revisión de la utilización adecuada del código HTML y CSS válidos. Para ello se usará las herramientas : Markup Validation Services, un servicio libre de la W3C [53] , la cual chequea la validez del marcado de los documentos web en HTML, XHTML, etc. y como segunda herramienta se usará CSS Validator Service, otra servicio libre de la W3C [54]. Esta herramienta comprueba el estilo de las hojas de una página web para las especificaciones de la CSS [55].

4.6. Registrar los resultados

En esta etapa se deberán registrar los detalles específicos de la evaluación de cada página web de las universidades seleccionadas, de la siguiente forma:

1. Se deberán guardar los resultados resumen de las evaluaciones de las universidades públicas seleccionadas, utilizando herramientas automáticas, en unas plantillas donde se especifique el tipo de página web (en este caso la página principal y la página de información académica), la herramienta con que se evaluó y el resultado de esta evaluación de acuerdo a los criterios y pautas de la WCAG 2.0, con sus respectivas puntuaciones. Con el análisis de estas puntuaciones se podrá tener un resultado preliminar del grado de nivel de cumplimiento A y AA.
2. Se deberán guardar de forma resumida los resultados de las evaluaciones gramaticales (validación de documentos web en HTML, XHTML, CSS), por medio de las herramientas automáticas.
3. Se deberán mostrar cuadros y gráficos resumen de los problemas encontrados por criterio de conformidad A y AA, en unidades y porcentajes.
4. Se discutirán los resultados y se darán recomendaciones.

Capítulo 5. Evaluación de Accesibilidad

Luego de definidas las herramientas para la evaluación de las páginas web de la muestra de universidades públicas seleccionadas, se procedió a la evaluación de la siguiente manera:

5.1. Evaluación de validación de gramática

Dos herramientas de evaluación se han usado para evaluar la validez del HTML y CSS de las páginas: *Home* y la de Oferta Académica de Carrera de pre-grado.

La primera es Markup Validation Services, un servicio libre de la W3C [53], la cual chequea la validez del marcado de los documentos web en HTML, XHTML, etc. y como segunda herramienta se usará CSS Validator Service, otro servicio libre de la W3C [54]. Esta herramienta comprueba el estilo de las hojas de una página web para las especificaciones de la CSS.

- a) Los resultados obtenidos con la evaluación de estas herramientas se muestran en la Tabla 11 para la página *home* de las universidades públicas:

Tabla 11. Resultados de la validación HTML y CSS en el *Home*

Página Home				
UNIVERSIDAD	HTML ERRORES	HTML ADVERT	CSS ERRORES	CSS ADVERT
Universidad Nacional Mayor de San Marcos	71	41	1346	506
Universidad Nacional de Ingeniería	64	5	69	640
Universidad Nacional Agraria La Molina	218	40	8	145
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco	27	1	108	849
Universidad Nacional de Trujillo	75	26	27	197
Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa	8	26	127	134
Universidad Nacional Federico Villarreal	32	30	75	89
Universidad Nacional de la Amazonía Peruana	99	5	27	348
Universidad Nacional del Callao	2	0	0	0
Universidad Nacional del Altiplano	43	0	251	185
Universidad Nacional Agraria de la Selva Tingo María	36	10	110	241
Universidad Nacional de Cajamarca	143	20	12	88
Universidad Nacional de Piura	4	0		
Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga	39	3	239	805

Tomando como base el trabajo de Lujan Mora et al [55] se muestran los resultados de la evaluación de HTML y CSS mediante el uso de colores que representan el rango de cantidad de errores encontrados, que a continuación se detalla en la Tabla 12:

Tabla 12. Rango de errores encontrados por color

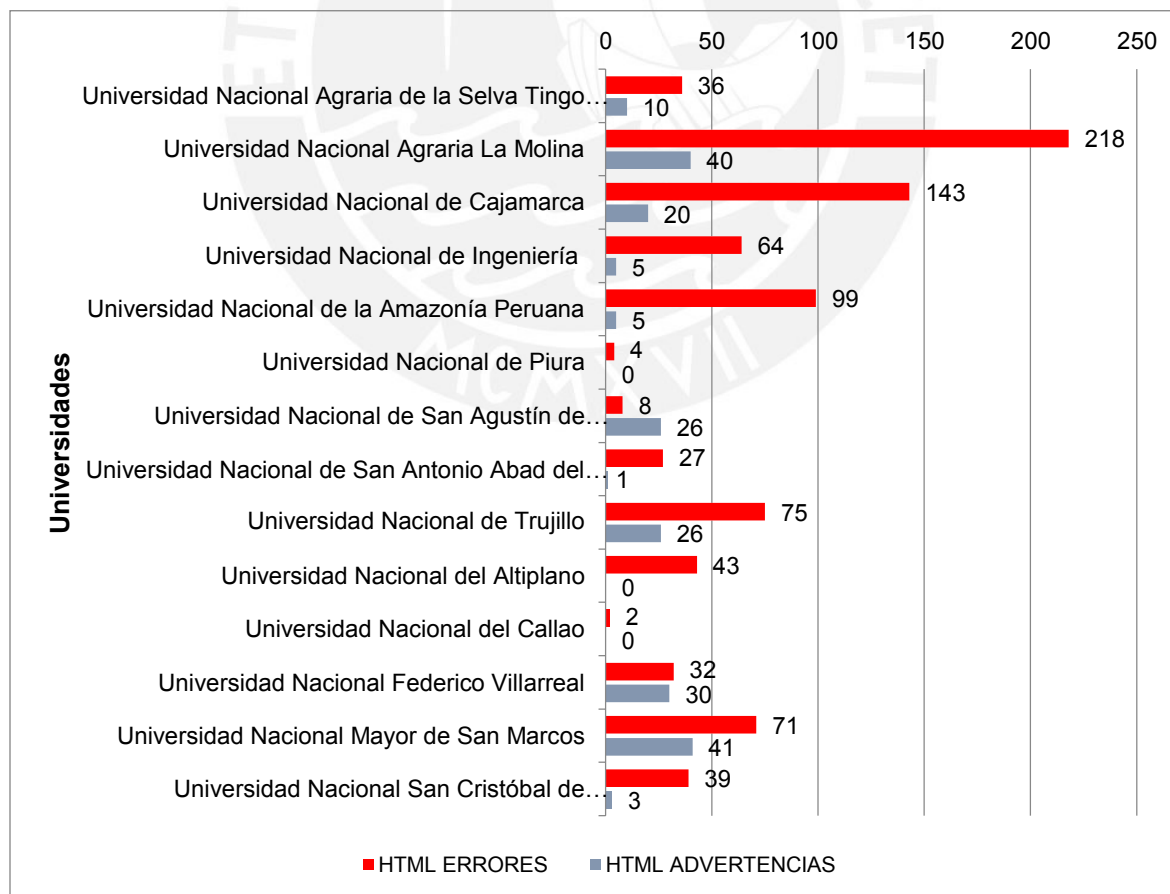
Color	Descripción	Rango
Verde oscuro	Menor número de errores	0-49
amarillo	cantidad intermedia de errores	50-144
Rojo oscuro	Mayor número de errores	150>
rojo puro	indica que no se pudo evaluar por una situación anómala	

Tal como se puede apreciar en la tabla 11, la mayor cantidad de errores de HTML la tiene la página *home* de la Universidad Nacional Agraria La Molina con 218 errores y la que tiene la mayor cantidad de errores es la universidad Nacional del Callao con 2 errores.

Con respecto a los errores de estilo CSS la universidad Nacional Mayor de San Marcos es que la que obtiene la mayor cantidad de errores con 1,346 y la que obtiene los mejores resultados es la página de la universidad del Callao.

La página de la universidad Nacional de Piura presento un problema anómalo al momento de su evaluación con las herramientas de evaluación de CSS.

Figura 2. Resultados de validación del HTML al Home



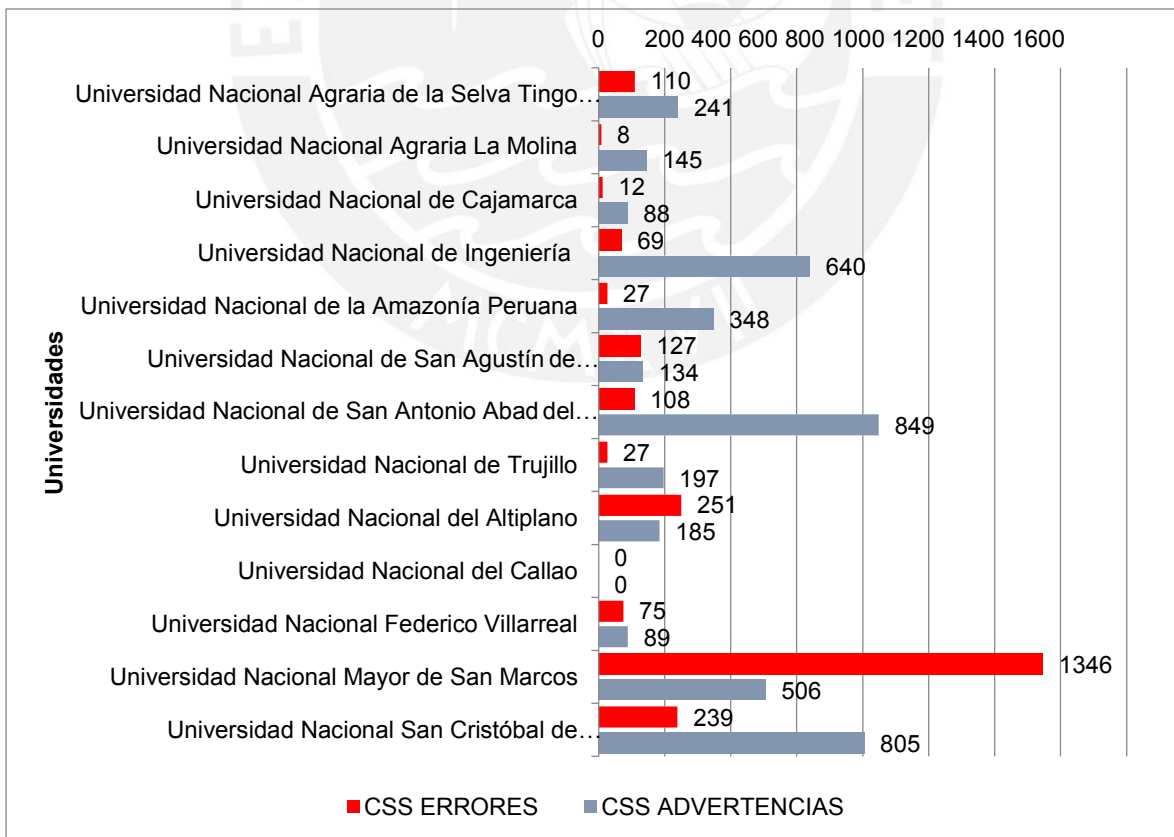
Para una mejor apreciación se muestran los resultados de la evaluación gramatical del home en las siguientes Figuras : Figura 2 y Figura 3.

Como se puede apreciar en la Figura 2, las páginas Home con menores errores de HTML son las páginas de la Universidad del Callao con 2 errores, el de la Univeridad Nacional de Piura con 4 errores y el de la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa con 8 errores.

Las peores páginas se muestran en la universidad Nacional Agraria con 218 errores, la universidad Nacional de Cajamarca con 143 errores y la universidad Nacional de la Amazonia Peruana con 99 errores.

Con respecto a la validación de CSS se puede apreciar que los mejores resultados se obtuvieron en la página de la Universidad del Callao con cero errores de validación, también se puede apreciar a la página de la Univeridad Nacional Agraria la Molina con 8 errores de validación. En el lado opuesto se puede apreciar que la Universidad Nacional Mayor de San Marcos tiene la mayor cantidad de errores seguida de la Universidad Nacional del Altiplano con 251 errores y la Universidad San Cristobal de Huamanga con 239 errores.

Figura 3. Resultados de validación CSS al home



La Universidad Nacional de Piura no se muestra en la Figura 3, ya que como se indico en la Tabla 11 la página no pudo ser evaluada por la herramienta.

b) Con respecto a la evaluación de la página de Oferta Académica de Carrera de pre-grado los resultados obtenidos por las herramientas de evaluación de gramática se muestran en la Tabla 13:

Tabla 13. Resultados de evaluación de HTML y CSS de la página de Oferta Académica

Oferta académica				
Nombre de la Universidad	HTML ERRORES	HTML ADVERT	CSS ERRORES	CSS ADVERT
Universidad Nacional Mayor de San Marcos	13	13	4	18
Universidad Nacional de Ingeniería	31	8	69	620
Universidad Nacional Agraria La Molina	51	28	7	30
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco	10	4	48	566
Universidad Nacional de Trujillo	19	6	3	344
Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa	8	14	127	134
Universidad Nacional Federico Villarreal	15	5	77	64
Universidad Nacional de la Amazonía Peruana	24	5	26	451
Universidad Nacional del Callao	5	2	91	670
Universidad Nacional del Altiplano	4	1	251	193
Universidad Nacional Agraria de la Selva Tingo María	14	11	110	241
Universidad Nacional de Cajamarca	67	6	7	72
Universidad Nacional de Piura				
Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga				

Tal como se reviso la página del Home, se puede apreciar que la Universidad Nacional de Cajamarca presenta los peores resultados de la evaluación de HTML con 65 errores, mientras que la universidad del Callao presenta los mejores resultados con 5 errores.

Asi mismo no se evaluo las páginas de la oferta académica de la Universidad de Piura y de la Universidad San Cristobál de Huamanga debido a que no cuentan con páginas disponibles de oferta académica.

A continuación se detalla la evaluación de la página de Oferta Académica en las figuras: Figura 4 y Figura 5.

En la Figura 4 se puede apreciar que la Universidad Nacional del Altiplano (4 errores) y la Universidad del Callao (5 errores) son las que tienen menor cantidad de errores de HTML, mientras que la Universidad Nacional de Cajamarca y la Universidad Nacional Agraria presentan la mayor cantidad de errores con 67 y 51 errores respectivamente.

En la Figura 5 se puede apreciar que la Universidad Nacional de Trujillo y la Universidad Nacional Mayor de San Marcos son las que tienen menor cantidad de errores de CSS, mientras que la Universidad Nacional del Altiplano y la Universidad Nacional Agraria de la Selva de Tingo María presentan la mayor cantidad de errores con 251 y 110 errores respectivamente.

Figura 4. Resultado de la evaluación de HTML a la página de Oferta Académica

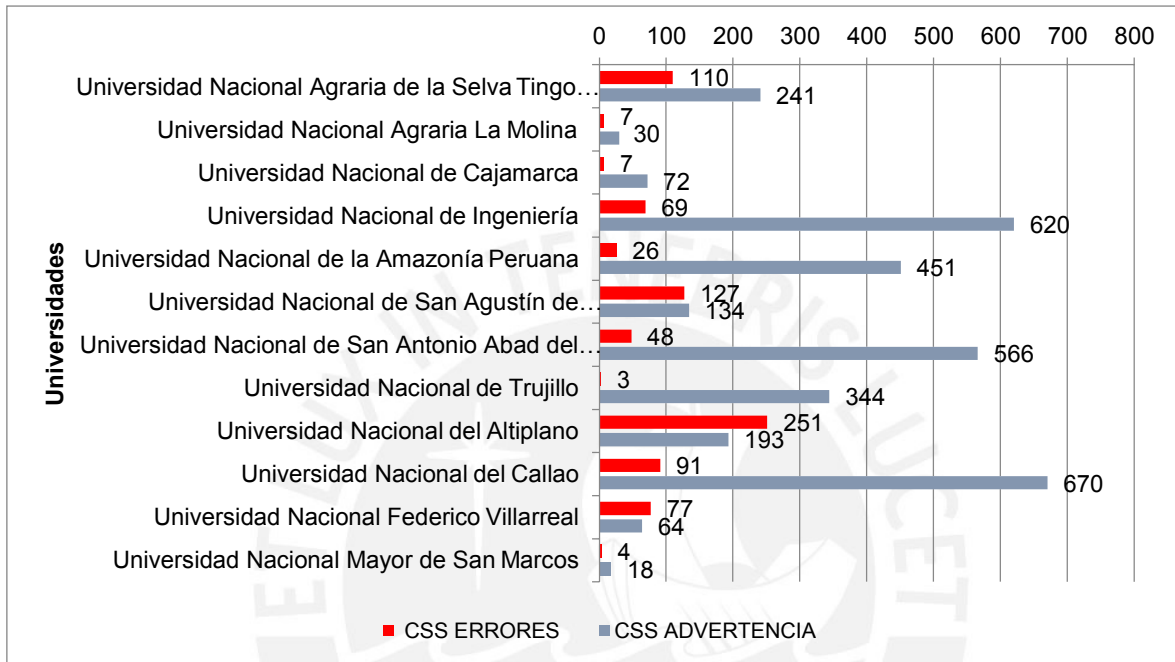
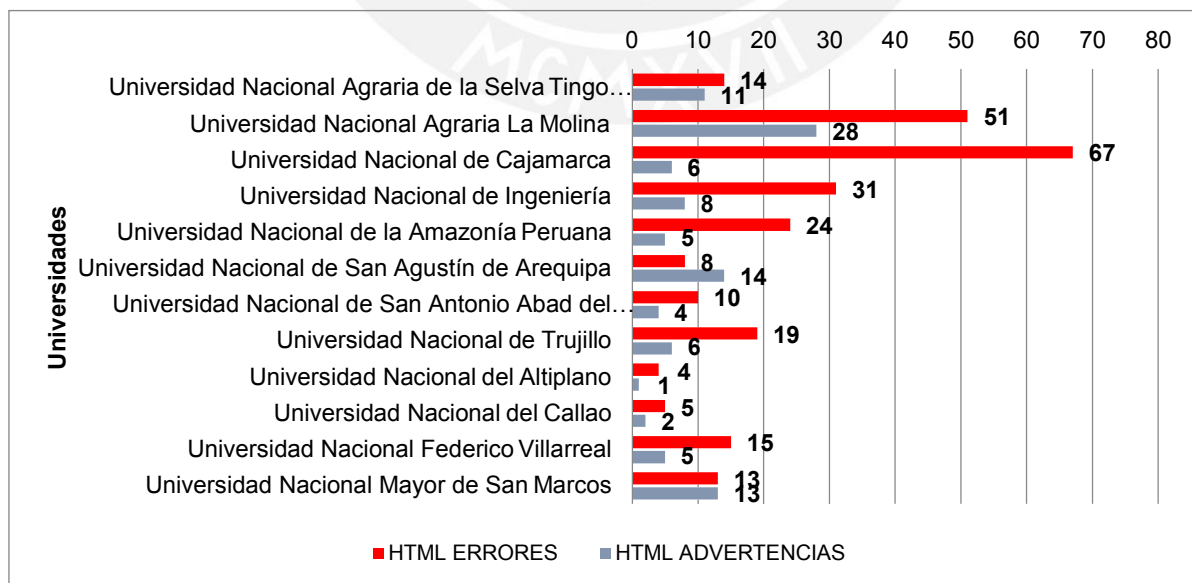


Figura 5. Resultado de evaluación de CSS a la página de la Oferta Académica



5.2. Evaluación de accesibilidad web mediante revisión automática

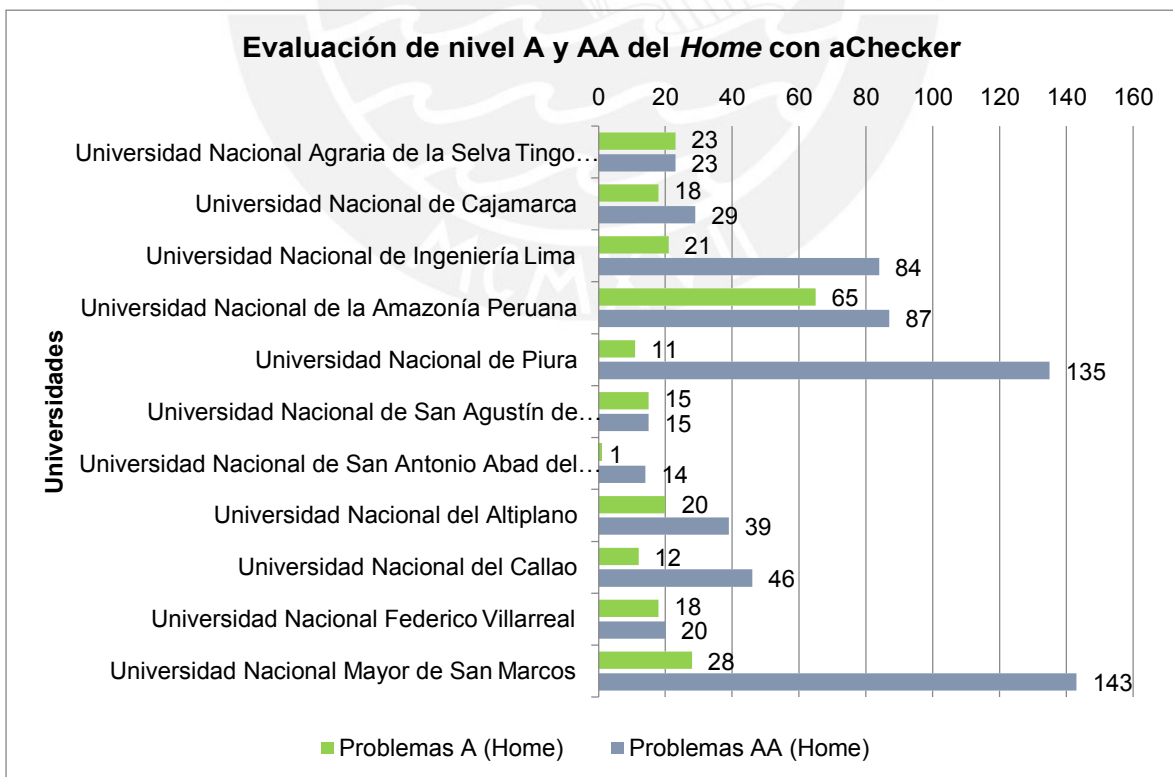
Para realizar esta evaluación se utilizaron 3 herramientas de evaluación automática: aChecker, eXaminator y Taw 2.0.

1. La primera evaluación se realizó con aChecker utilizando las directrices de la WCAG 2.0 hasta el nivel AA. Achecker clasifica los problemas de accesibilidad en tres grandes categorías : Know Problem (problemas conocidos), que son problemas que han sido identificados como barreras certeras; Likely problems (posibles problemas), que son problemas que han sido identificados como barreras probables y requieren revisión humana; y Potentials problems (problemas potenciales) que también requieren revisión humana [55].

Para esta evaluación solo se han tomado en consideración los problemas conocidos, ya que de acuerdo a Achecker son los problemas que deberían ser reparados de forma inmediata [55]. Los posibles problemas y los potenciales no han sido incluidos.

A continuación se muestran los resultados de la página *Home* de las universidades públicas en la Figura 6:

Figura 6. Resultados de evaluación de accesibilidad de nivel A y AA con Achecker al *Home*



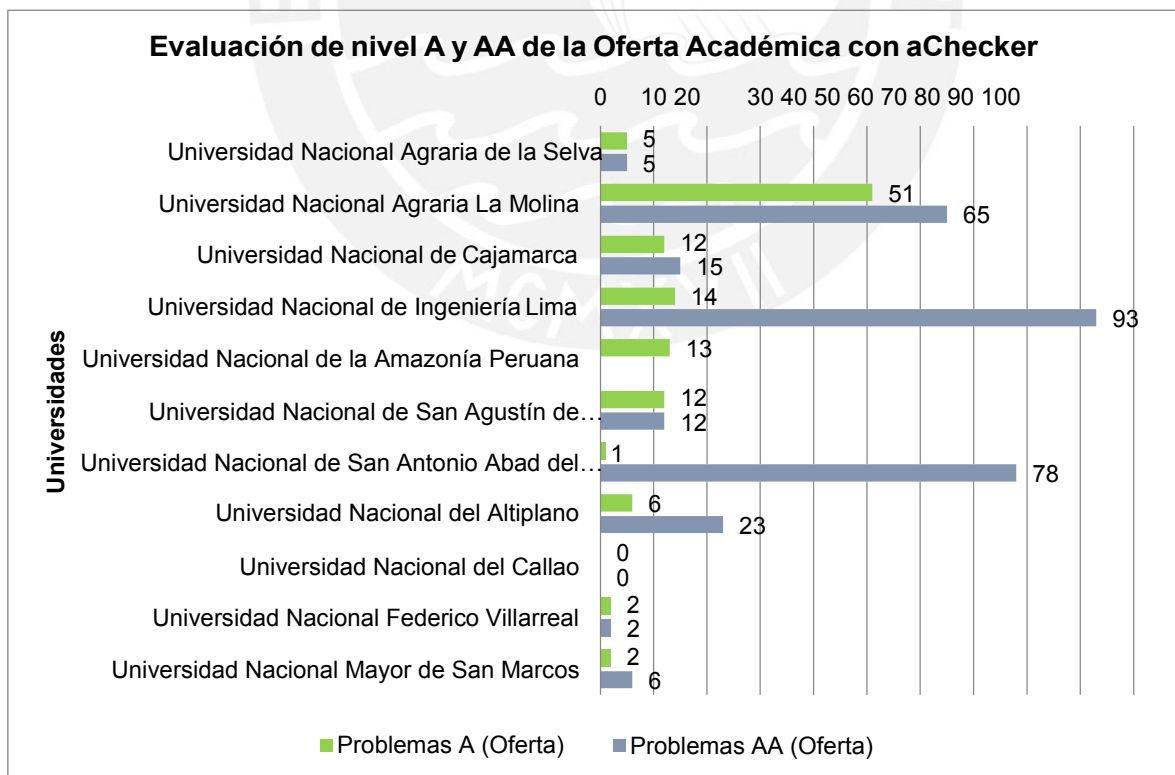
Como se puede apreciar en la Figura 6 la universidad Nacional de la Amazonía tiene la página con mayor cantidad de errores de nivel A con 65 errores, seguido de la universidad Nacional Mayor de San Marcos con 28 errores, de otro lado la Universidad Nacional San Antonio de Abad del Cusco y la Universidad del Callao tienen la menor cantidad de errores con 1 y 12 errores respectivamente.

Con respecto al nivel AA la Universidad Nacional de San Marcos tiene la página con mayor cantidad de errores de nivel A con 143 errores, seguido de la universidad Nacional de Piura con 135 errores, de otro lado la Universidad Nacional San Antonio de Abad del Cusco tiene la menor cantidad de errores con 14 errores.

Las páginas home de las universidades: Universidad Nacional de Trujillo, Agraria la Molina y San Cristóbal de Huamanga no pudieron ser evaluadas por la herramienta.

A continuación se muestran los resultados de la página de la Oferta Académica de las universidades públicas en la Figura 7:

Figura 7. Resultados de evaluación de accesibilidad con aChecker a la página de Oferta Académica



Para la evaluación realizada no se consideró a la Universidad Nacional de Piura y la Universidad Nacional de Huamanga ya que no tienen oferta académica, por eso se evaluó 12 de las 14 universidades.

Como se puede apreciar en la Figura 7 la Universidad Nacional Agraria la Molina tiene 51 errores en la página de Oferta Académica a nivel A, mientras la Universidad Nacional del Callao tiene 0 errores de nivel A.

Mientras que a nivel AA la Universidad Nacional de Ingeniería tiene la mayor cantidad de errores con 93 errores y de otro lado la Nacional del Callao tiene 0 errores.

En la gráfica 7 no se muestra la evaluación de la página de la Universidad Nacional de Trujillo debido a que no se dejó evaluar por la herramienta y las Universidades Nacionales de Piura y San Cristóbal de Huamanga no tienen página de oferta académica.

2. La segunda evaluación se realizó con la herramienta eXaminator que es un servicio gratuito para revisar la accesibilidad de una página web y posee las siguientes características:
 - Evalúa la aplicación de las pautas de accesibilidad en los contenidos HTML y CSS de una página.
 - Usa como referencia las Pautas de Accesibilidad para el Contenido Web 2.0 (WCAG 2.0).
 - Califica cada prueba en una escala de 1 a 10 dependiendo de la cantidad de errores y aciertos detectados.
 - Proporciona ayuda con enlaces a los documentos de las WCAG 2.0.
 - Pondera las notas según la importancia y confiabilidad de cada prueba.
 - Resume los resultados en una puntuación general.

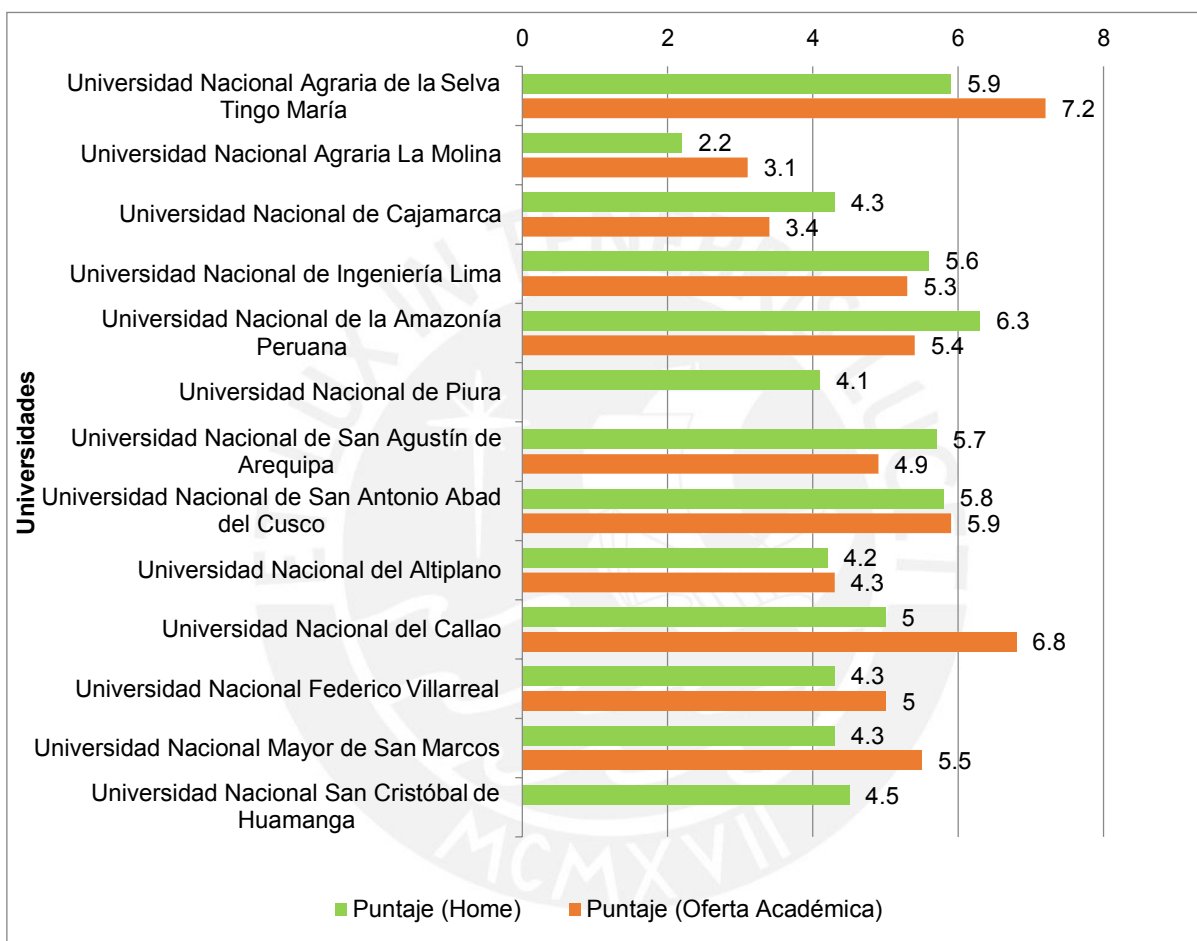
De esta calificación global de 1 a 10 que realiza la herramienta, se puede decir que el valor más alto indica que la página tiene el mejor nivel de accesibilidad y el de menor valor indica que la página tiene el nivel más bajo de accesibilidad. Para ello se ha definido la siguiente tabla de rangos de puntuación:

Alto (7-10) , Medio (6.9-4.0), Bajo (0-3.9)

Cabe destacar que para evaluación de las páginas *home* de las 14 universidades públicas, la página web de la Universidad Nacional de Trujillo no pudo ser evaluada por la herramienta, por consiguiente se evaluaron 13 de las 14 universidades seleccionadas.

A continuación en la Figura 8 se puede ver los resultados de la evaluación a la página *Home* y de la Oferta Académica:

Figura 8. Resultados de la evaluación con eXaminator al *Home* y Oferta Académica



Como se puede apreciar en la Figura 8 la Universidad Nacional Agraria tiene la puntuación más baja de accesibilidad en sus páginas *Home* y de Oferta Académica con 2.2 y 3.1 de puntuación respectivamente, de igual manera la Universidad Nacional de Cajamarca con 4.3 y 3.4 de puntuación en sus páginas *Home* y de Oferta Académica respectivamente, de otro lado la Universidad Nacional del Callao tiene las mejores puntuaciones en la evaluación con puntajes de 5 y 6.8 en sus páginas *Home* y de Oferta Académica respectivamente; lo mismo sucede con la Universidad Nacional Agraria de la Selva de Tingo María con puntajes de 5.9 y 7.2 en sus páginas *Home* y de Oferta Académica respectivamente.

La Universidad Nacional de Trujillo no pudo ser evaluada por la herramienta.

En la Tabla 14 se puede observar que el puntaje promedio obtenido de las páginas *home* de las universidades estatales es de 4.8 y el de la página de oferta académica es de 5.2, por lo que se puede indicar que no existe mucha diferencia entre el nivel de accesibilidad de ambas páginas y además ninguna muestra un nivel alto de accesibilidad.

Tabla 14. Puntuación promedio de accesibilidad en las páginas *home* y Oferta Académica

Página	Puntaje Promedio
<i>Home</i>	4.8
Oferta Académica	5.2

3. La tercera evaluación se realizó con la herramienta Taw 2.0, que es una herramienta en línea que analiza la página, basándose en las Pautas de Accesibilidad al Contenido Web 2.0, y genera un informe HTML basado en la página analizada con información sobre el resultado del análisis.

La página resultante es un documento resumen, que muestra el total de los **Problemas** (son necesarias las correcciones), las **Advertencias** (deben revisarse manualmente) y los **Puntos No Verificados** (que requieren un análisis manual completo) y los organiza por cada principio (Perceptible, Operable, Comprensible y Robusto).

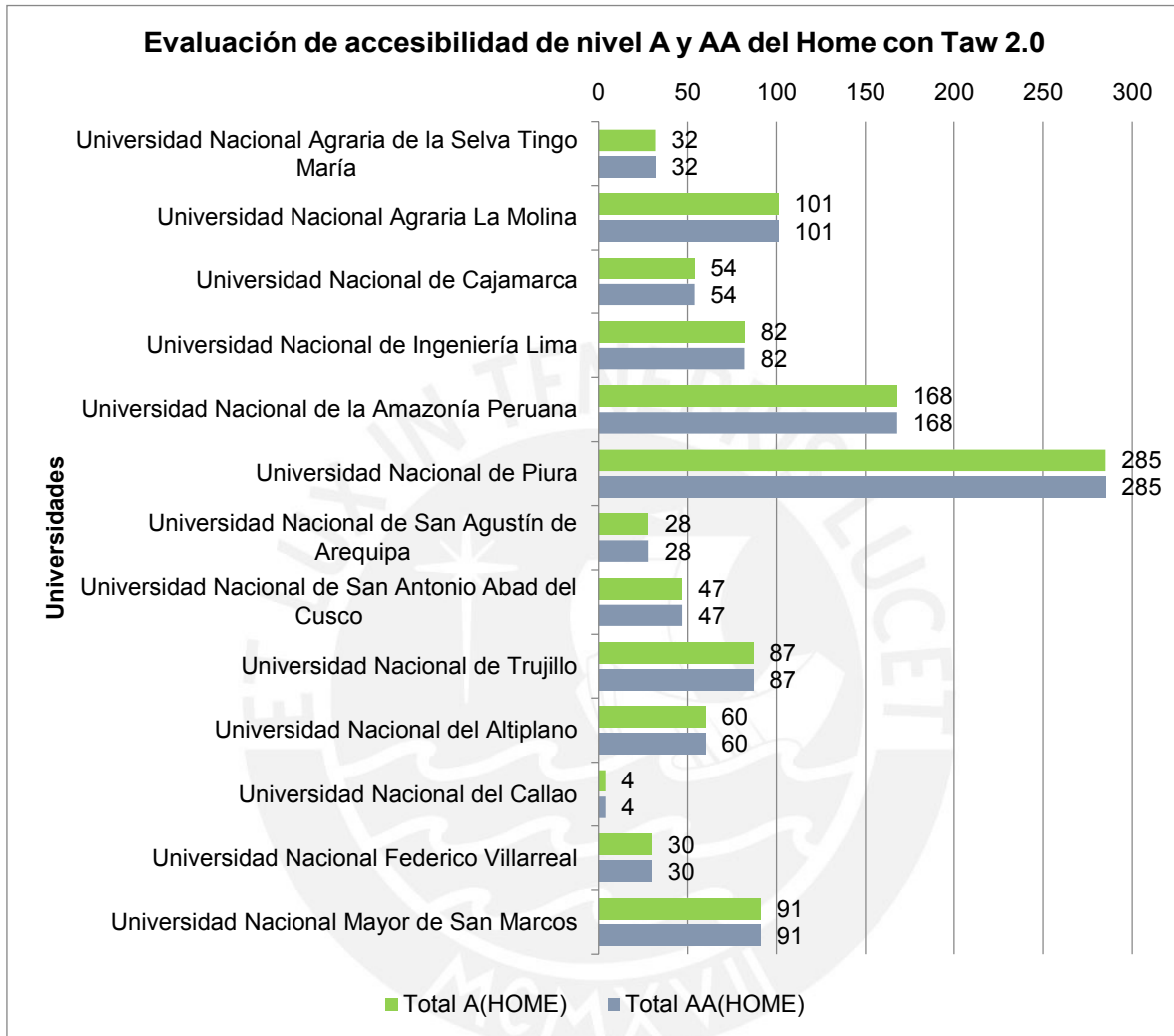
Para el presente trabajo solo se ha considerado los Problemas y se han descartado las Advertencias y los Puntos no verificados por necesitar evaluación manual experta.

Para el caso de la evaluación de la página *Home*, la Universidad Nacional de Huamanga la herramienta TAW no pudo evaluarla por lo que se evaluó 13 universidades de las 14.

Para el caso de la evaluación de la página de Oferta Académica, la Universidad Nacional de Huamanga y la Universidad de Piura no tienen disponible esta página, por lo que se evaluó 12 universidades de las 14.

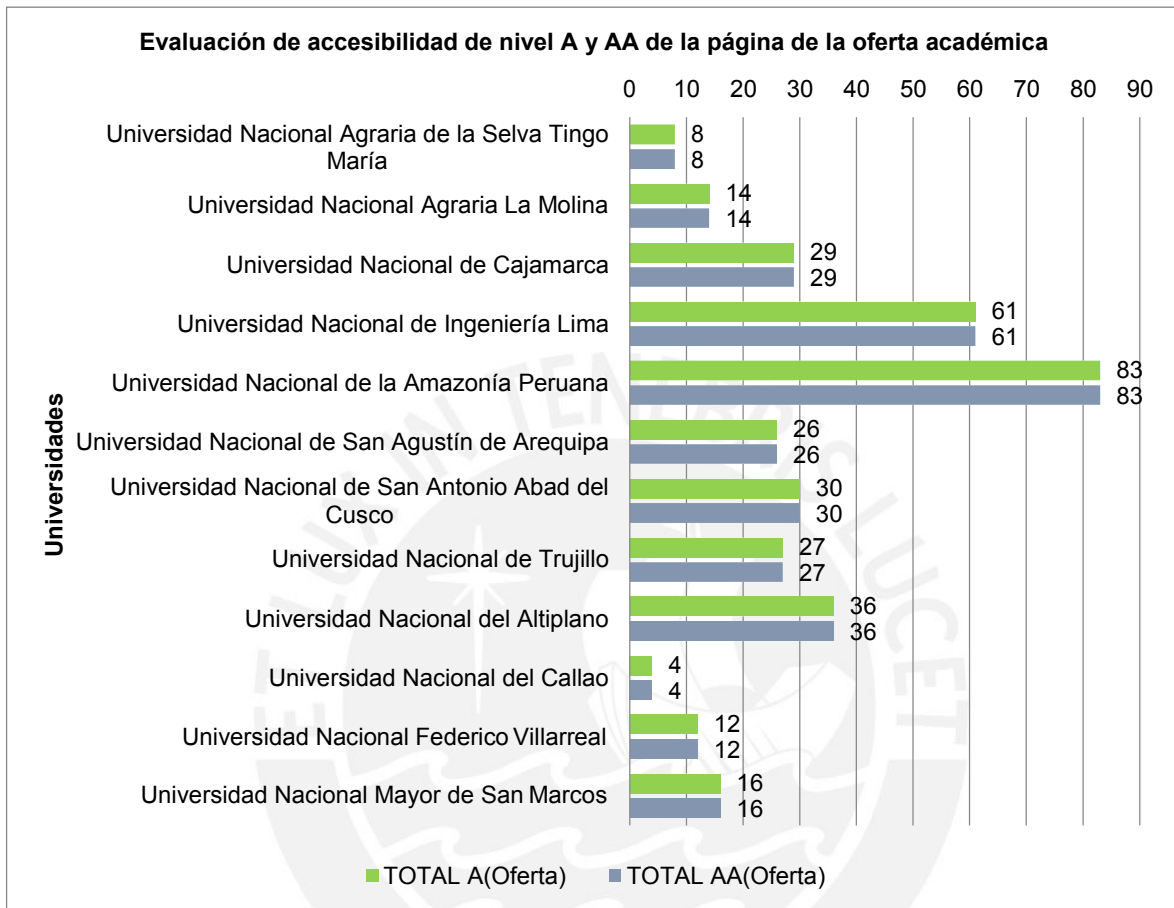
A continuación se presenta la evaluación realizada a las páginas *Home* y de la Oferta Académica de las universidades públicas.

Figura 9. Evaluación de accesibilidad de nivel A y AA del Home con Taw 2.0



Tal como se aprecia en la Figura 9, la Universidad Nacional de Piura tiene el nivel más alto de errores con 285 errores en el nivel A (lo cual es considerado grave) y AA de la evaluación de la WCAG 2.0, seguido de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana y la Universidad Nacional Agraria la Molina con 168 y 101 errores problemas. Por otro lado la Universidad Nacional del Callao presenta la menor cantidad de errores con 4 errores a nivel A y AA.

Figura 10. Evaluación de accesibilidad de nivel A y AA de la página de la oferta académica



Tal como se muestra en el Figura 10, la página de la oferta académica de la Universidad Nacional de la Amazonía peruana presente la mayor cantidad de errores de nivel A y AA, seguido de la Universidad Nacional de Ingeniería con 61 errores respectivamente.

Capítulo 6. Análisis de Resultados

6.1. Niveles de accesibilidad

Tal como se ha podido observar en el Capítulo 3, los resultados de las evaluaciones realizadas con las herramientas automáticas aChecker, eXaminator y Taw 2.0 a las páginas *Home* y de Oferta Académica de las 14 universidades públicas presentan siempre errores de accesibilidad tanto a nivel A como AA. Asimismo esto se presenta a nivel de evaluación gramatical.

Se debe tener en cuenta que los resultados de las herramientas de evaluación automáticas no son comparables, debido a que utilizan diversos criterios de evaluación tal como se explicó en el capítulo 3, pero sin embargo pueden dar una visión similar del nivel de accesibilidad de las páginas.

Para poder mostrar los resultados generales de la evaluación de las herramientas automáticas aChecker y Taw 2.0, se ha diseñado la Tabla 15, donde por colores se indica los niveles de errores de la página, por rango de cantidad de errores encontrados y donde a menor cantidad de errores la página tiene mejor acceso:

Tabla 15. Rango de errores por niveles

Color	Descripción	Rango de errores
Verde oscuro	Menor número de errores	0-49
amarillo	cantidad intermedia de errores	50-144
Rojo oscuro	Mayor número de errores	150>
rojo puro	indica que no se pudo evaluar por una situación anómala	

Mientras que para la evaluación con eXaminator, se ha diseñado la

Tabla 16, donde por colores se indica los rangos de puntuación de la evaluación obtenida en la página y donde a mayor puntuación mejor es el acceso a la página.

Tabla 16. Niveles de accesibilidad por puntuación

Color	Descripción	Rango de puntuación
Verde oscuro	Alto nivel de accesibilidad	8-10
amarillo	Medio nivel de accesibilidad	4-7.9
Rojo oscuro	Bajo nivel de accesibilidad	0-3.9
rojo puro	indica que no se pudo evaluar por una situación anómala	

La Tabla 17 resume el resultado de las 3 herramientas automáticas aChecker, eXaminator y Taw 2.0 a nivel AA de la página *Home* de las universidades de la siguiente forma:

Tabla 17. Resultados de accesibilidad (Home)

Home			
UNIVERSIDAD	Achecker (nivel AA)	eXaminator	Taw 2.0 Problems (nivel AA)
Universidad Nacional Mayor de San Marcos	143	4.3	91
Universidad Nacional de Ingeniería	84	5.6	82
Universidad Nacional Agraria La Molina		2.2	101
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco	15	5.9	47
Universidad Nacional de Trujillo			
Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa	15	5.7	28
Universidad Nacional Federico Villarreal	20	4.3	30
Universidad Nacional de la Amazonía Peruana	87	6.3	168
Universidad Nacional del Callao	12	5	4
Universidad Nacional del Altiplano	39	4.2	60
Universidad Nacional Agraria de la Selva Tingo María	23	7.2	32
Universidad Nacional de Cajamarca	29	4.3	54
Universidad Nacional de Piura	135	4.1	285
Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga		4.5	

Como se puede ver en la tabla la Universidad del Callao es la universidad que tiene una página *Home* con menos errores de accesibilidad en Achecker (12 errores) y Taw 2.0 (4 errores), dándole eXaminator una puntuación promedio de 5 lo cual indica que tiene un nivel medio de acceso.

Por otro lado la Universidad Nacional Agraria muestra la evaluación de eXaminator con una muy baja puntuación promedio de accesibilidad (2.2), y Taw 2.0 le ha encontrado un nivel medio alto de errores (101). Cabe indicar que esta página presento un problema anómalo al momento de su evaluación con aChecker, que a continuación se muestra en la siguiente Figura 11:

Figura 11. Mensaje de error en evaluación de aChecker



En el caso de la Universidad Nacional de Piura se puede ver que aChecker y Taw 2.0 le han encontrado una alta cantidad de errores de incumplimientos a los criterios, y así mismo eXaminator le da una puntuación baja con 4.3 en su nivel de accesibilidad.

En general ninguna de las páginas *Home* de las universidades alcanza el nivel de conformidad AA de las WCAG 2.0 y por lo tanto no cumplirían con el nivel mínimo que aconseja la Metodología de la evaluación de conformidad de la WCAG-EM [50] para indicar que una página web es accesible.

De igual forma en la Tabla 18 se puede verificar que la oferta académica tampoco presenta niveles de accesibilidad alto:

Tabla 18. Resultados de accesibilidad (oferta académica)

Página de la oferta académica			
Nombre de la Universidad	Achecker	eXaminator	Taw 2.0 Problems
Universidad Nacional Mayor de San Marcos	6	5.5	16
Universidad Nacional de Ingeniería	93	5.3	61
Universidad Nacional Agraria La Molina	65	3.1	14
Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco	78	5.9	30
Universidad Nacional de Trujillo			27
Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa	12	4.9	26
Universidad Nacional Federico Villarreal	2	5	12
Universidad Nacional de la Amazonía Peruana		5.4	83
Universidad Nacional del Callao	0	6.8	4
Universidad Nacional del Altiplano	23	4.3	36
Universidad Nacional Agraria de la Selva Tingo María	5	7.2	8
Universidad Nacional de Cajamarca	15	3.4	29
Universidad Nacional de Piura			
Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga			

Como se puede ver en la Tabla 18 la Universidad del Callao es la universidad que tiene una página de Oferta Académica con menos errores de accesibilidad en Achecker (0 errores) y Taw 2.0 (4 errores), dándole eXaminator una puntuación promedio de 6.8 lo cual indica que tiene un nivel medio de acceso, repitiéndose el mismo patrón de la página *Home*.

También se puede apreciar que la universidad Nacional Agraria de la Selva Tingo María presenta un alto puntaje de accesibilidad (7.2) y la cantidad de errores encontrados con Achecker (5 errores) y Taw 2.0 (8 errores) son bajos.

Asimismo se aprecia que la Universidad Nacional Agraria posee el nivel bajo de accesibilidad para eXaminator con 3.1 de puntaje promedio y asimismo presenta errores en la evaluación de Achecker (65) y TAW 2.0 (14) , por lo que no cumpliría con el nivel de conformidad de nivel A y AA. Del mismo modo la universidad Nacional de Cajamarca presenta un puntaje promedio de 3.4 con eXaminator, lo cual indicaría un bajo nivel de

accesibilidad, e igualmente presenta errores en la evaluación de AChecker (15 errores) y TAW 2.0 (29 errores), por lo que no cumpliría con el nivel de conformidad de nivel A y AA.

En general como se puede apreciar en ambas páginas (*home* y oferta Académica) de las universidades públicas, siempre existen errores al momento de la evaluación por lo que se puede concluir que las universidades públicas peruanas no son accesibles para la mayoría del público objetivo que ingresa a estas páginas buscando algún tipo de información, y de igual modo discriminaría a las personas con incapacidades visuales y de audición.

6.2. Lista de problemas de accesibilidad más comunes

Por medio de las herramientas TAW 2.0 y aChecker, se ha podido realizar una clasificación de los problemas de accesibilidad más comunes, en función del incumplimiento de los criterios de la WCAG 2.0 en los niveles A y AA para las 14 universidades estatales seleccionadas. Se debe tener en consideración que cada herramienta no evalúa necesariamente los mismos criterios por lo que se encontrarán algunas diferencias.

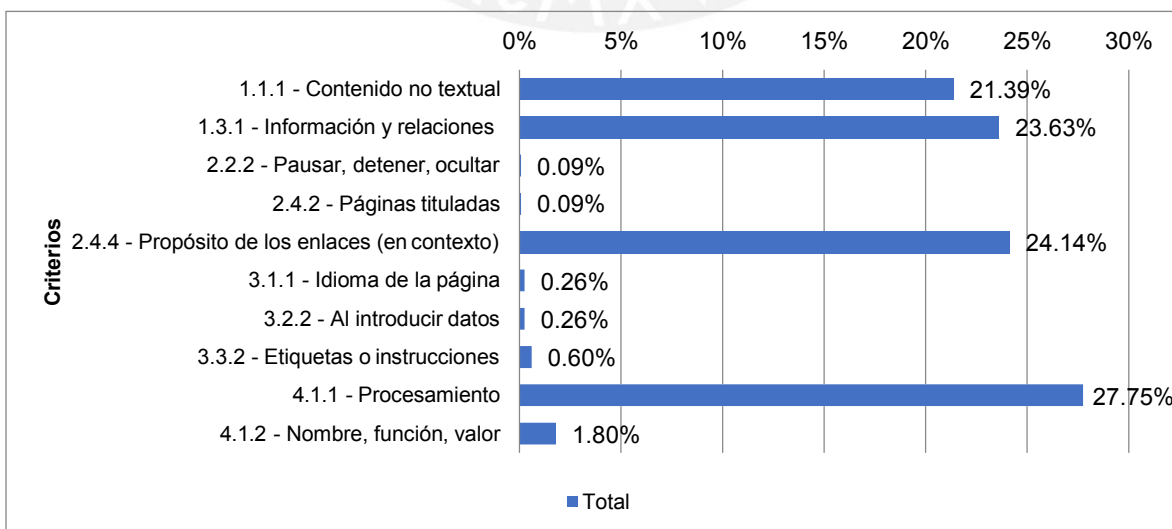
La herramienta eXaminator no brinda esta información de forma detallada como lo realiza TAW 2.0 y aChecker, por lo que no se tomó en consideración para esta lista de problemas comunes.

A continuación se detalla:

a) Problemas encontrados con TAW 2.0.

Los resultados de la página *Home* se muestran la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** :

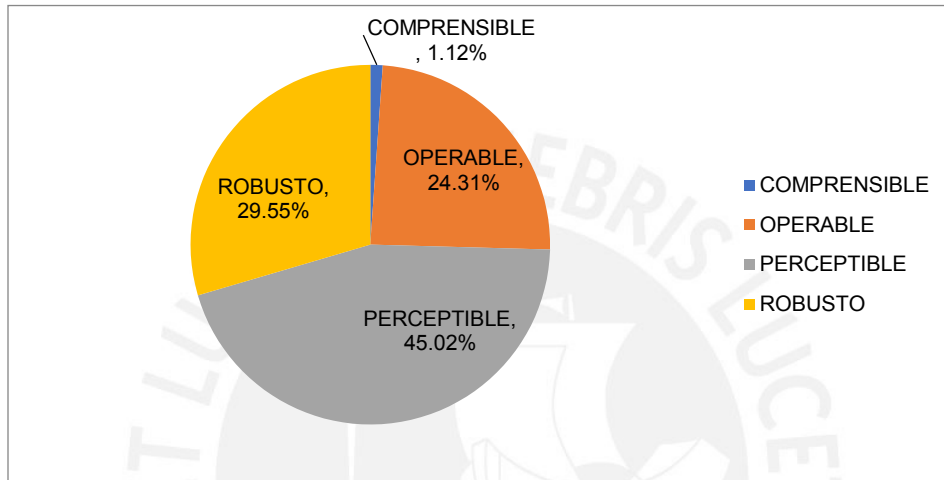
Figura 12. Porcentaje de criterios incumplidos a nivel A y AA en la página *home* con TAW 2.0



Fuente: Elaboración Propia

Como se ve en la Figura 12, los 4 porcentajes más altos de errores de las páginas *home* de las 14 universidades públicas se encuentra en: 1) en el criterio 4.1.1 – Procesamiento con un 27.75%, 2) en criterio 2.4.4 – Propósito de los enlaces (en contexto) con un 24.14% , 3) en el criterio 1.3.1 – Información y relaciones con 23.63% y 4) 1.1.1 – Contenido no textual con 21.39%.

Figura 13. Porcentaje de errores por principio de la página *Home*

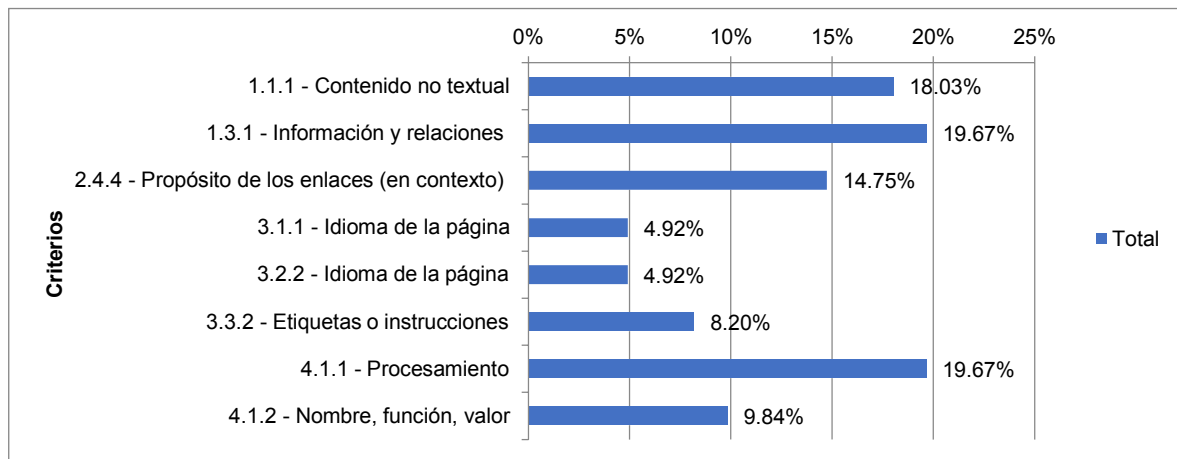


Fuente: Elaboración Propia

Asimismo se en la Figura 13, se puede apreciar que la página *home* de las universidades seleccionadas incumplen en el principio de Perceptible con un 45.02%, en el principio de Robusto con 29.55% , Operable con un 24.31% y Compensible con 1.12%.

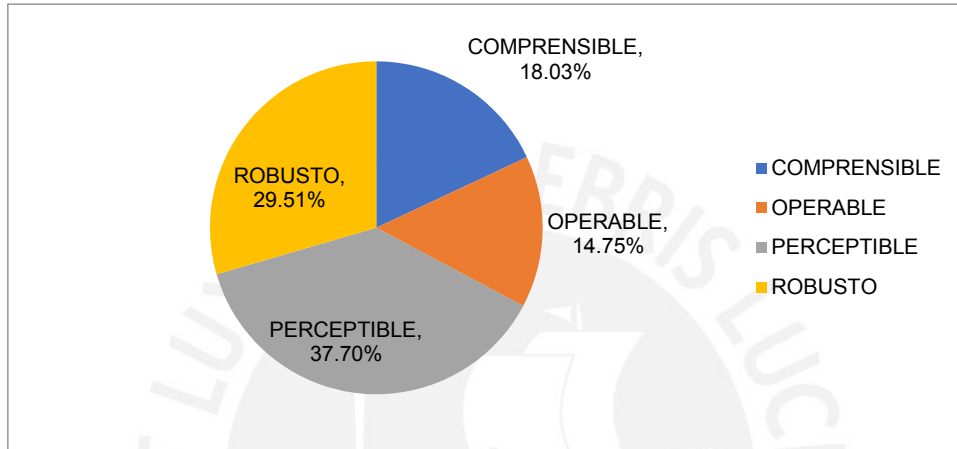
Los resultados de la evaluación de la página de Oferta Académica se muestran en la Figura 14:

Figura 14. Porcentaje de criterios incumplidos a nivel A y AA en la página Oferta Académica con TAW 2.0



Según la Figura 14, los 4 porcentajes más altos de errores de las páginas de Oferta Académica de las 14 universidades públicas se encuentra en: 1) en el criterio 4.1.1 – Procesamiento con un 19.67% , 2) en criterio 1.3.1 – Informaciones y relaciones con un 19.67%, 3) 1.1.1 – Contenido no textual con 18.03% y 4) 2.4.4 – Propósito de los enlaces (en contexto).

Figura 15. Porcentaje de errores por principio de la página de la Oferta Académica

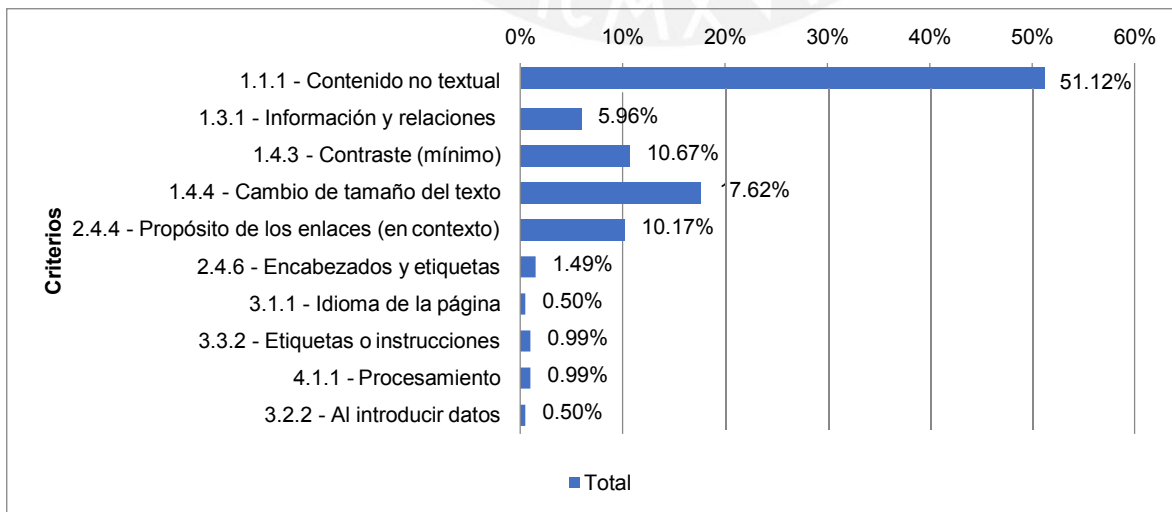


Asimismo se en la Figura 15, se puede apreciar que la página *home* de las universidades seleccionadas incumplen en el principio de Perceptible con un 37.70%, en el principio de Robusto con 29.51% , Comprensible con un 18.03% y Operable con un 14.75%.

b) Problemas encontrados con aChecker:

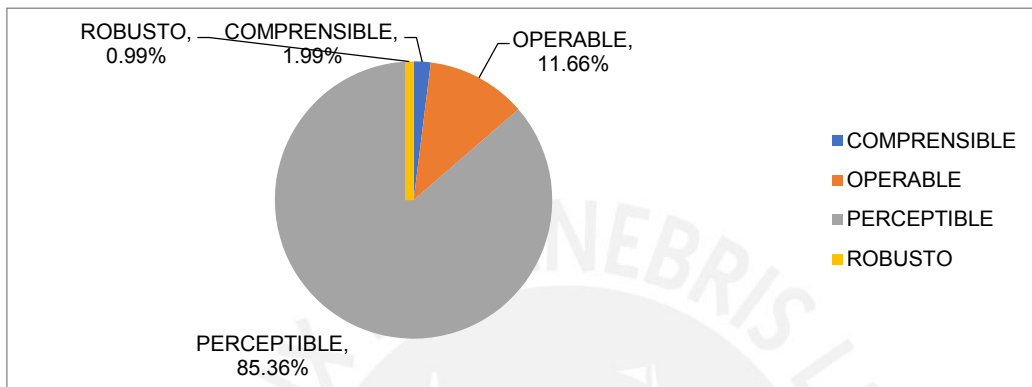
Los resultados de la página *Home* se muestran la Figura 16:

Figura 16. Porcentaje de criterios incumplidos a nivel A y AA en la página *home* con achecker



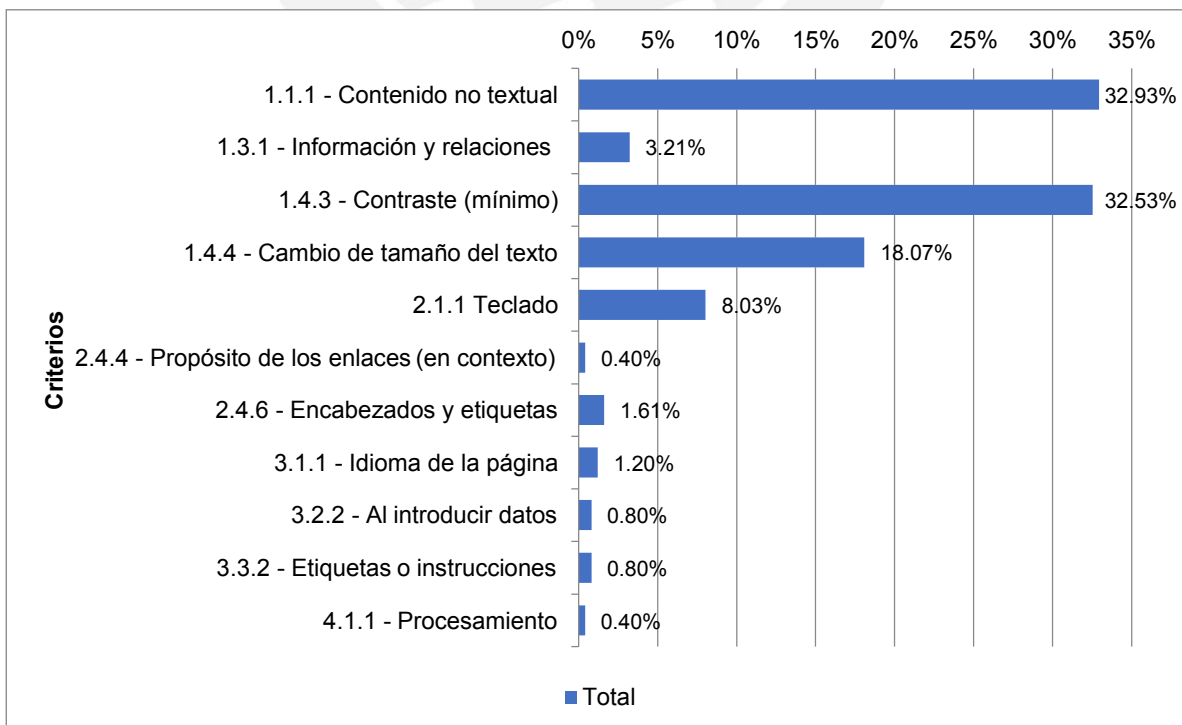
Según la Figura 16, los 4 porcentajes más altos de errores de las páginas *home* de las 14 universidades públicas se encuentra en: 1) 1.1.1 – Contenido no textual con 51.12%. 2) en criterio 1.4.4 – Cambio del tamaño de texto con 17.62%, 3) en el criterio 2.4.4 – propósito de los enlaces (en contexto) con 10.17% y 4) 1.4.3 – Contraste mínimo con 10.67%.

Figura 17. Porcentaje de errores por principio de la página *Home*



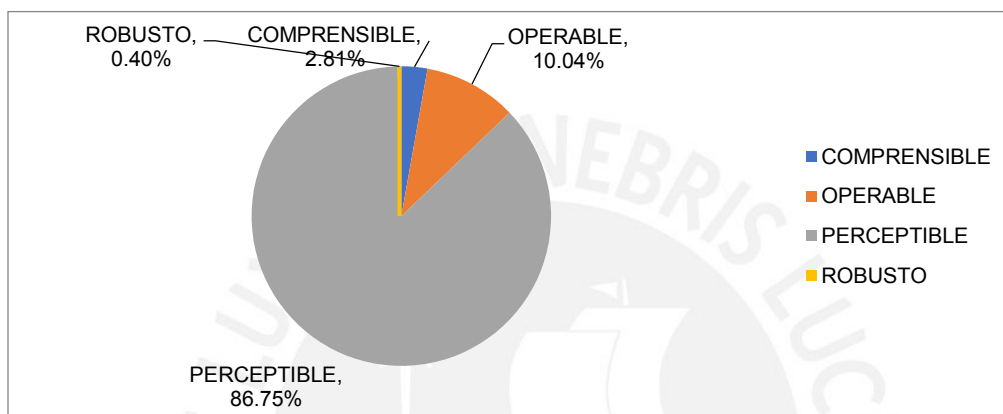
Asimismo se en la Figura 17 **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se puede apreciar que la página *home* de las universidades seleccionadas incumplen en el principio de Perceptible con un 85.36%, en el principio de Operable con 11.66 %, Comprensible con un 1.99% y Robusto 0.99%.

Figura 18. Porcentaje de criterios incumplidos a nivel A y AA en la página Oferta Académica con aChecker



Como se ve en la Figura 18, los porcentajes más altos de errores de las páginas *home* de las 14 universidades públicas se encuentra en: 1) 1.1.1 – Contenido no textual con 32.93%, 2) en criterio 1.4.3 – Contraste (mínimo) con 32.53%, 3) en el criterio 1.4.4 – Cambio de tamaño de texto con 18.07% y 4) 2.1.1 – Teclado con 8.03%.

Figura 19. Porcentaje de errores por principio de la página de la Oferta Académica



Asimismo se en la Figura 19, se puede apreciar que la página *home* de las universidades seleccionadas incumplen en el principio de Perceptible con un 86.75%, en el Operable con 10.04 %, Compensible con un 2.81% y Robusto con 0.40%.

6.2.1. Resumen de incumplimiento de criterios más frecuentes y recomendaciones

A continuación mostramos un resumen de los criterios incumplidos más frecuentes que se describieron en las gráficas 10, 12, 14, 16 con sus respectivas recomendaciones para evitarlos, para ello se tuvieron en consideración los trabajos de Lujan-Mora et al [4], Laitano [6] y las recomendaciones de la WCAG 2.0 [56]. Se describe en la Tabla 19 :

Tabla 19. Incumplimientos más frecuentes y recomendaciones

Num.	Criterio	Nivel	Recomendaciones
1	4.1.1 Procesamiento	A	El error en el criterio de conformidad 4.1.1 se presenta debido a la duplicación de valores de tipo ID. La duplicación puede ser problemática para las aplicaciones de usuario que dependen de este atributo para presentar correctamente al usuario las relaciones entre las distintas partes del contenido. Así mismo se presentan por el uso incorrecto de las etiquetas de inicio y fin de atributos de los marcadores, lo cual impediría que la tecnología de asistencia sea incapaz de interpretar la página.

Num.	Criterio	Nivel	Recomendaciones
2	2.4.4 – Propósito de los enlaces (en contexto)	A	El error en el Criterio 2.4.4 se muestra debido a que el atributo <i>Title</i> no proporciona información adicional para aclarar con más detalle el propósito del enlace. Para ello se debe comprobar que el atributo <i>Title</i> , junto con el texto del enlace describan el propósito del enlace. Si la información complementaria proporcionada por el atributo <i>title</i> es algo que el usuario debe saber antes de seguir el enlace, como una advertencia, entonces debe ser proporcionada en el texto del enlace y no en el atributo <i>title</i> .
3	1.3.1 – Información y relaciones 1.4.4 – Cambio del tamaño de texto	A AA	Error en los Criterios De Conformidad 1.3.1, 1.4.4. Se recomienda utilizar las CSS para controlar la presentación visual del texto.
4	1.1.1 – Contenido no textual	A	El fallo del Criterio de Conformidad 1.1.1 se presenta debido a la omisión del atributo alt en elementos img, elementos área, y elementos input de tipo "image". Los textos alternativos son el principal medio para hacer accesible la información ya que se pueden interpretar a través de cualquier modalidad sensorial (visual, auditiva o táctil) que mejor satisfaga las necesidades del usuario.
5	1.4.3 – Contraste (mínimo)	AA	El Error en el Criterio de Conformidad 1.4.3 es debido a que, se especifican colores del frente sin especificar colores de fondo o viceversa. Es recomendable que el color de primer plano y de fondo se defina en la misma regla CSS. De esta manera los usuarios con pérdida de visión o capacidad cognitiva, con problemas de lenguaje y de aprendizaje se les faciliten acceder a una página web.
6	2.1.1 – Teclado	A	Se recomienda para que se pueda cumplir con el Criterio 2.1.1, se deberá habilitar todas las funcionalidades usando el teclado, entonces acceder a ellas los usuarios que usan teclado, ingreso por voz (que emula el ingreso por teclado), ratón (a través de un teclado en pantalla), y otra amplia variedad de ayudas técnicas que pueden emular la presión de las teclas.
7	3.1.1 – Idioma de la página	A	Se recomienda para que se pueda cumplir con el Criterio 3.1.1, los desarrolladores de contenido deben proporcionar en la página web la información que las aplicaciones de usuarios necesiten para presentar correctamente los textos y demás contenidos lingüísticos, con la finalidad que aplicativos como lectores de pantalla puedan cargar las reglas de pronunciación o los reproductores de medios puedan mostrar los subtítulos correctamente, permitiendo así a los usuarios con discapacidad puedan entender el contenido de la página.
8	3.3.2 Etiquetas o instrucciones	A	Se recomienda que para que se pueda cumplir con el Criterio 3.3.2, se deben diseñar interfaces de usuario que proporcionen instrucciones simples para ingresar información, tales como <i>label</i> asociados a input visualmente conectados de tal manera que los usuarios con deficiencias cognitivas puedan utilizar magnificadores de pantallas.

- Otro punto importante a indicar es que en ambas páginas (*home* y de oferta Académica, tal como lo muestran las gráficas 11, 13, 15, 17, presentan mayor porcentaje de problemas en el principio de Perceptibilidad lo cual indicaría que las personas no podrían percibir su contenido, debido a que su código de marcado no se encuentra bien construido, por lo que no habría una correcta interpretación por la aplicación de usuario. Si logra corregir este problema la persona podrá operar los componentes de la interfaz y luego comprenderlos.

Capítulo 7. Conclusiones y Trabajos Futuros

Del trabajo realizado se extraen las siguientes conclusiones:

1. Se ha seleccionado 14 sitios web de universidades públicas peruanas, debido a que ocupan los 14 primeros puestos de universidades públicas peruanas en el ranking de universidades peruanas, publicado por **Webometrics Ranking of World Universities** del año 2016.
2. Se ha aplicado la metodología WCAG-EM para analizar el grado de cumplimiento de las pautas 2.0 debido a que es un estándar internacional conocido.
3. Se evaluaron dos páginas de cada una de las 14 universidades públicas: la páginas *home* (o de inicio) y una página de Oferta Académica de pre-grado, con la finalidad de tener resultados más equilibrados que si únicamente se evaluará la página de inicio, y porque en las dos páginas se han encontrado mayor cantidad de componentes problemáticos frente a la accesibilidad[44].
4. La evaluación a nivel gramatical de las 14 páginas con las herramientas W3C Markup Validation Service y W3C CSS Validation Service, nos indican que todas las páginas muestran errores a nivel de HTML y CSS, e incluso universidades como la universidad Nacional Agraria La Molina que presenta un alto número de errores en su página de inicio, lo cual indicaría que el código de su página debería ser revisado en su totalidad para encontrar las razones de sus problemas.

De otro lado la Universidad del Callao es una de las páginas con menor cantidad de errores en HTML, por lo que podría ser considerada como referente para las páginas de otras universidades.

5. El resultado de la evaluación realizado con las herramientas Taw 2.0 y aChecker nos indican que todas las páginas evaluadas de las universidades públicas, presentan incumplimientos en los criterios de la WCAG 2.0, tanto a nivel A y AA, lo cual es mayoritariamente grave. Las más frecuentes están relacionadas con la sintaxis del lenguaje de marcado, con la presentación del contenido, con el contenido no textual, con el propósito de los enlaces y de legibilidad del texto.

Esto hace que sea imposible garantizar la percepción de los contenidos por parte de la mayoría de las personas y de la interpretación fidedigna de los mismos por una amplia gama de aplicaciones de usuarios [6] , como por ejemplo aplicaciones de lectores de pantalla que puedan leer el contenido de la página para personas invidentes.

6. Otro punto importante a indicar es que a nivel de principios de accesibilidad las herramientas Taw 2.0 y aChecker muestran que tanto la página *Home* y la de Oferta

Académica incumplen mayoritariamente con el principio de Perceptible (lo cual coincide con el punto anterior), lo cual indicaría que todas las interfaces de las páginas en su mayoría, no son presentadas a los usuarios de tal manera que puedan ser percibidos fácilmente, como por ejemplo la mayoría del contenido no textual no dispone de alternativas y tampoco es fácil de percibir para personas con discapacidad.

7. En cuanto a la evaluación realizada por la herramienta eXaminator se puede ver que la evaluación promedio a las páginas *Home* y de la Oferta Académica de las universidades seleccionadas son de 4.8 y 5.2 de nivel de accesibilidad respectivamente, lo cual indicaría que no hay una diferencia sustancial de nivel de accesibilidad entre las dos páginas, y además indicaría que ambas páginas presentan un nivel de accesibilidad bastante bajo.
8. El origen de las barreras más frecuentes parece ser el indicador de la falta de adopción de estándares y buenas prácticas de programación por parte de las instituciones educativas peruanas.
9. Como se ha podido demostrar mediante este trabajo las universidades peruanas públicas no alcanzan el nivel mínimo de conformidad exigido por la WCAG 2.0. Esto parece posicionar al Perú en situación similar a la de sus pares Latinoamericanos. Tal como lo muestra un estudio en Chile [57], donde se demostró que ninguno de los 58 portales universitarios alcanzaba el nivel mínimo de las WCGA 2.0 , de modo similar en Ecuador un estudio realizado por Lujá Mora et [4] en 47 universidades de excelencia, demostró que ninguna las páginas son accesibles.

En cuanto a las líneas de trabajos futuros se identifican lo siguiente:

10. Extender el estudio al total de universidades públicas peruanas, e incluso involucrar también a las universidades privadas, con la finalidad de conocer de forma más amplia el nivel de accesibilidad de las universidades peruanas. Así mismo también considerar aumentar el estudio de páginas por universidad (para este estudio solo se consideraron dos páginas).
11. Involucrar a los usuarios de las universidades en la evaluación, tal como lo sugiere la WCAG-EM, con el fin de comprender mejor el uso que ellos realizan en la web [6] .
12. Ampliar el análisis realizado de los sitios web propuestos con herramientas que simulen las distintas minusvalías que puedan tener las personas que acceden a las mismas [58].
13. Adicionalmente al uso de las herramientas de evaluación automática también se deberá considerar el uso de las herramientas de evaluación manual con expertos, debido a que nos pueden dar un mayor detalle de los criterios que no se cumplen y plantear mejores soluciones.

Referencias

- [1] **Cuervo, J. (2014)** . “Resolución Ministerial no 126-2009-PCM del 25 marzo 2009, aprueba lineamientos para Accesibilidad a páginas web y aplicaciones para telefonía móvil para instituciones públicas del Sistema Nacional de Informática,” *Informática Jurídica*
- [2] **Sam-Anlas, C. A., & Stable-Rodríguez, Y. (2016)**. “Evaluación de la accesibilidad web de los portales del Estado en Perú,” *Rev. Esp. Doc. Científica*, vol. 39, no. 1, p. e120.
- [3] **Sam-Anlas, C. A., & Rodríguez, Y. S. (2015)**. “Evaluación de la Accesibilidad: Web del Portal de la Biblioteca Nacional del Perú.,” *Bibl. An. Investig.*, no. 11, pp. 224–231.
- [4] **Acosta, T., & Lujan-Mora, S. (2017)**. “Analysis of the accessibility in websites of Ecuadorian universities of excellence,” *Enfoque Ute*, vol. 8, pp. 46–61.
- [5] **Congreso de la República. (2004)**. “Perú- Ley 28530: Ley de promoción de acceso a internet a las personas con discapacidad | *larediberoamericana*.”.
- [6] **Laitano, María Inés (2015)**. “Accesibilidad web en el espacio universitario público argentino,” *Rev. Esp. Doc. Científica*, vol. 38, no. 1, p. 079.
- [7] **W. W. A. I. (WAI). (2017)**. “Web Accessibility Initiative (WAI) - home page | Web Accessibility Initiative (WAI) | W3C,” W3C Web Accessibility Initiative (WAI). [Online]. Available: <https://www.w3.org/WAI/>.
- [8] **W. W. A. I. (WAI). (2017)**. “WAI Guidelines and Techniques | Web Accessibility Initiative (WAI) | W3C,” W3C Web Accessibility Initiative (WAI). [Online]. Available: <https://www.w3.org/WAI/guid-tech>.
- [9] **W3C (2012)**. “Las Pautas de Accesibilidad al Contenido en la Web 2.0 del W3C aprobadas como Estándar Internacional ISO/IEC,” 2012. [Online]. Available: http://www.w3c.es/Prensa/2012/nota121015_wcag2pas.
- [10] **Solís, M. Á. C. (2012)**. “Estudio comparativo de accesibilidad web en portales informativos de universidades peruanas de educación a distancia,” in *Actas del III Congreso Iberoamericano sobre Calidad y Accesibilidad de la Formación Virtual: CAFVIR 2012*, 2012, pp. 63–73.
- [11] **Hilera, J. R., Fernández, L., Suárez, E., & Vilar, E. T. (2013)**. “Evaluación de la accesibilidad de páginas web de universidades españolas y extranjeras incluidas en rankings universitarios internacionales,” *Rev. Esp. Doc. Científica*, vol. 36, no. 1, p. e004.
- [12] **Navarrete, R. & Luján, S. (2014)**. “Accesibilidad web en las Universidades del Ecuador. Análisis preliminar,” *Rev. Politécnica*, vol. 33, no. 1.
- [13] **Sam-Anlas, C. A. & Stable-Rodríguez, Y. (2016)**. “Evaluación de la accesibilidad web de los portales del Estado en Perú,” *Rev. Esp. Doc. Científica*, vol. 39, no. 1, p. e120.
- [14] **Lujan Mora, Sergio & Acosta Vargas, Patricia. (2016)**. “Evaluación de la accesibilidad de las páginas web de las universidades ecuatorianas,” *ResearchGate*, 2016. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/304425556_Evaluacion_de_la_accesibilidad_de_las_paginas_web_de_las_universidades_ecuatorianas.
- [15] **Lujan Mora, Sergio & Acosta, Tania. (2016)**. “Errores de accesibilidad más comunes en los sitios web de las universidades ecuatorianas - Most common accessibility errors in websites of Ecuadorian universities,” *ResearchGate*, 2016. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/313763363_Errores_de_accesibilidad_mas_comunes_en_los_sitios_web_de_las_universidades_ecuatorianas_-_Most_common_accessibility_errors_in_websites_of_Ecuadorian_universities.
- [16] **W. W. A. I. (WAI). (2005)**. “[Draft] Selecting Web Accessibility Evaluation Tools | Web Accessibility Initiative (WAI) | W3C,” W3C Web Accessibility Initiative (WAI). [Online]. Available: <https://www.w3.org/WAI/eval/selectingtools>.

- [17] **W3C. (2016).** “Accessibility - W3C,”. [Online]. Available: <https://www.w3.org/standards/webdesign/accessibility>.
- [18] **Naftali, Maia R. (2010).** “Análisis e Integración de métricas para la Accesibilidad Web,” Universidad de Buenos Aires, Argentina, Buenos Aires, Argentina.
- [19] **W3C. (1999).** “Web Content Accessibility Guidelines 1.0,”. [Online]. Available: <https://www.w3.org/TR/WCAG10/>.
- [20] **W3C. (1999).** “Checklist of Checkpoints for Web Content Accessibility Guidelines 1.0,” . [Online]. Available: <https://www.w3.org/TR/1999/WAI-WEBCONTENT-19990505/full-checklist>.
- [21] **W3C. (2008).** “Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0,” . [Online]. Available: <https://www.w3.org/TR/WCAG20/>.
- [22] **W3C. (2016).** “Understanding WCAG 2.0,” . [Online]. Available: <https://www.w3.org/TR/UNDERSTANDING-WCAG20/>.
- [23] **Saleem, M. (2016).** “Web accessibility compliance for e-Government websites in the Gulf region”.
- [24] **W. W. A. I. (WAI). (2002).** “Using Combined Expertise to Evaluate Web | Web Accessibility Initiative (WAI) | W3C,” W3C Web Accessibility Initiative (WAI). [Online]. Available: <https://www.w3.org/WAI/eval/reviewteams>.
- [25] **W3C. (2016).** “Web Accessibility Evaluation Tools List”. [Online]. Available: <https://www.w3.org/WAI/ER/tools/>.
- [26] **WEBAIM. (2013).** “WebAIM: Accessibility — Evaluation Tools”. [Online]. Available: <http://webaim.org/articles/tools/>.
- [27] **J. Brown, M. Vigo & Conway, V. (2013).** “Benchmarking web accessibility evaluation tools: measuring the harm of sole reliance on automated tests”, p. 1.
- [28] **Figuerola Valdés, F. (2007).** “Desarrollo de sitios Web: la ley, el orden y los estándares.,” Ser. Bibliotecol. Gest. Inf., no. 28, pp. 1–24.
- [29] **Canseco, J. D. (2009).** “Situación de la discapacidad en la región andina (legislación y políticas de Estado),” Org. Andino Salud–Convenio Hipólito Unanue, ORASCONHU.
- [30] **Huerta Peralta, Jaime. (2006).** “DISCAPACIDAD Y ACCESIBILIDAD,”.
- [31] **De Luna, M. Á. C., Bariffi, F. & Palacios, A. (2007).** Derechos humanos de las personas con discapacidad: La Convención Internacional de las Naciones Unidas. Editorial Universitaria Ramón Areces.
- [32] **Kitchenham, S. Keele Barbara. (2007).** “Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering,” in Technical report, Ver. 2.3 EBSE Technical Report. EBSE, sn.
- [33] **Salvador Ortiz, C. S. (2013).** “Una revisión sistemática de usabilidad en metodologías ágiles”.
- [34] **Zapata, C. (2015).** “Integration of usability and agile methodologies: a systematic review,” in International Conference of Design, User Experience, and Usability, 2015, pp. 368–378.
- [35] **Michailidou, E., Mavrou, K. & Zaphiris, P. (2012).** “Einclusion @ Cyprus Universities: Provision and Web Accessibility” in CHI '12 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, New York, NY, USA, pp. 1637–1642.
- [36] **Kane, S. K., Shulman, J. A., Shockley, T. J. & Ladner, R. E.. (2007).** “A web accessibility report card for top international university web sites,” in Proceedings of the 2007 international cross-disciplinary conference on Web accessibility (W4A), 2007, pp. 148–156.
- [37] **Pendergast, M. O. (2017).** “Evaluating the Accessibility of Online University Education,” Int J Online Pedagog Course Des, vol. 7, no. 1, pp. 1–14.
- [38] **Ismail, A. & Kuppusamy, K. S. (2016).** “Accessibility of Indian universities’ homepages: An exploratory study,” J. King Saud Univ. - Comput. Inf. Sci.

- [39] **Kesswani, N. & Kumar, S. (2016).** "Accessibility analysis of websites of educational institutions," *Perspect. Sci.*, vol. 8, pp. 210–212.
- [40] **Acosta-Vargas, P. , Luján-Mora, S. & Salvador-Ullauri, L. (2016).** "Evaluation of the web accessibility of higher-education websites," in 2016 15th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET), pp. 1–6.
- [41] **Luján Mora, S. (2013).** "Web Accessibility Among the Countries of the European Union: a Comparative Study,"
- [42] **Shadi, Abou-Zahra & W3C/WAI. (2014).** "Website Accessibility Conformance Evaluation Methodology (WCAG-EM) 1.0". [Online]. Available: <https://www.w3.org/TR/WCAG-EM/#step1b>.
- [43] **Navarrete, R. & Luján, S. (2014).** "Accesibilidad web en las Universidades del Ecuador. Análisis preliminar," *Rev. Politécnica*, vol. 33, no. 1.
- [44] **Hilera, J. R., Fernández, L., Suárez, E. & Vilar, E. T. (2013).** "Evaluación de la accesibilidad de páginas web de universidades españolas y extranjeras incluidas en rankings universitarios internacionales," *Rev. Esp. Doc. Científica*, vol. 36, no. 1, p. e004.
- [45] **CTIC. (2017).** "Inicio | Fundación CTIC". [Online]. Available: <http://www.fundacionctic.org/>.
- [46] **SUNEDU, 2017.** "Universidades Públicas | SUNEDU," [Online]. Available: <https://www.sunedu.gob.pe/universidades-publicas/>.
- [47] **CTIC. (2016).** "Perú | Ranking Web de Universidades". [Online]. Available: http://www.webometrics.info/es/Latin_America_es/Per%C3%BA.
- [48] **SUNEDU, 2017.** "SIBE | SUNEDU," 2017. [Online]. Available: <https://www.sunedu.gob.pe/sibe/>.
- [49] **Mohamad, Rosli & Ahmi, Aidi. (2016).** "Evaluating Accessibility of Malaysian Public Universities Websites using Achecker and Wave," *ResearchGate*, 2016. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/311668079_Evaluating_Accessibility_of_Malaysian_Public_Universities_Websites_using_Achecker_and_Wave.
- [50] **Abou-Zahra, Shadi & W3C. (2014).** "Website Accessibility Conformance Evaluation Methodology (WCAG-EM) 1.0," 07-Oct-2014. [Online]. Available: <https://www.w3.org/TR/WCAG-EM/>.
- [51] **Hilera, J. R. , Díez, T. , Domínguez, M. J., Moreno, L. & Sangilbert, D. (2013).** "Guía rápida de evaluación automatizada de contenidos web según WCAG 2.0 usando herramientas de software libre," in Congreso DRT4ALL, 2013, pp. 196–202.
- [52] **Shehi, Shehu Ibrahim & Solomon, Adepoju. (2014).** "Usability Evaluation of Academic Websites Using Automated Tools," *ResearchGate*, 2014. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/266739600_Usability_Evaluation_of_Academic_Websites_Using_Automated_Tools.
- [53] **W3C. (2017).** "The W3C Markup Validation Service." [Online]. Available: <https://validator.w3.org/>.
- [54] **W3C. (2017).** "El Servicio de Validación de CSS del W3C." [Online]. Available: <https://jigsaw.w3.org/css-validator/>.
- [55] **Luján-Mora, S., Navarrete, R. & Peñafiel, M. (2014).** "Egovernment and web accessibility in South America," in *eDemocracy & eGovernment (ICEDEG)*, 2014 First International Conference on. pp. 77–82.
- [56] **Sidar. (2010).** "Comprender el Criterio de Conformidad 4.1.2 | Comprender las WCAG 2.0," 2010. [Online]. Available: <http://www.sidar.org/traducciones/wcag20/es/comprender-wcag20/ensure-compat-rsv.html>.
- [57] **Vargas, Claudia & Sepulveda, Arturo. (2012).** "Accesibilidad en portales chilenos.pdf".
- [58] **Cénits, A. D. (2015).** Centro Extremeño de Investigación, Innovación Tecnológica y Supercomputación, "Análisis y evaluación de la accesibilidad web," *Fund. Comput.*.