



PROYECTO DE GRADO

Evaluación de la Accesibilidad en los Sistemas Operativos para las personas con Discapacidad Visual

www.bdigital.ula.ve

Por

Br. Natanael David Rojo Abreu

Tutor: Dr. Myriam Teresa Anzola de Díaz

Noviembre 2023

©2023 Universidad de Los Andes Mérida, Venezuela

C.C. Reconocimiento

Evaluación de la Accesibilidad en los Sistemas Operativos para las personas con Discapacidad Visual

Br. Natanael David Rojo Abreu

Proyecto de grado – Sistemas Computacionales, 118 páginas.

Resumen: El acceso a la tecnología no es igual para todas las personas, En especial para aquellas que presentan algún tipo de necesidad especial o discapacidad. La exclusión de las personas con necesidades especiales en el acceso a la tecnología limita sus oportunidades en el ámbito educativo, laboral, y afectan su integración y participación en la sociedad. Las personas con discapacidades a menudo enfrentan barreras en el acceso a la tecnología, lo que les impide disfrutar de los mismos beneficios, o hacerlo con la misma facilidad que el resto de la población lo hace. Esto puede llevar a un mayor aislamiento social y una menor calidad de vida para estas personas. Las necesidades especiales de cada persona, o las discapacidades que pueden existir son muy amplias. El presente trabajo de investigación se enfocará en la discapacidad visual específicamente, en virtud de que el autor ha vivido y experimentado las limitaciones que le impiden realizar muchas actividades vinculadas con la tecnología de manera eficiente, y que tiene un impacto significativo en su calidad de vida. En este sentido, la tecnología se ha convertido en una herramienta clave para mejorar el desempeño social y profesional de las personas con discapacidad visual. Existen diversas tecnologías (tecnología de asistencia), diseñadas específicamente para personas con discapacidad visual, por ejemplo: las pantallas braille y los lectores de pantalla, que son herramientas que permiten a las personas con discapacidad visual acceder a la información de manera autónoma. Estos dispositivos utilizan un sistema de vibración o sonido para transmitir información a través de una superficie táctil, lo que les permite leer y escribir texto. Sin embargo, a pesar de la existencia de estas tecnologías, el acceso a las mismas puede ser limitado para muchas personas con discapacidad visual.

Palabras clave: Personas con Discapacidad Visual, Tecnología de Asistencia, Accesibilidad.

Índice

Contenido

Índice.....	iii
Índice de tablas.....	vi
Índice de Figuras.....	vii
Agradecimientos	ix
Introito.....	x
Introducción.....	xiv
1. Contextualización	1
1.1 Justificación de la investigación	1
1.2 Objetivos generales y específicos	3
1.2.1 Objetivo general.....	3
1.2.2 Objetivos específicos	3
1.3 Sistema de definiciones.....	4
1.3.1 Discapacidad visual.....	4
1.3.2 Diseño universal	5
1.3.3 Software	6
1.3.4 Sistema operativo.....	6
1.3.5 Accesibilidad	7
1.3.6 Tecnologías de asistencia	8
1.3.7 Lector de pantalla	9
2. Antecedentes de la investigación.....	10
2.1 Acceso y uso de las TIC por las personas con discapacidad visual	10
2.2 Sintetizador de voz.....	12
2.3 Estudios de accesibilidad	12
2.3.1 ¿Qué es exactamente el campo de los estudios de accesibilidad y como se relaciona con la accesibilidad?	13

2.3.2	Métodos y modelos de los AS	13
2.3.3	La investigación en accesibilidad en distintos campos	14
2.4	Accesibilidad en los sistemas operativos	14
2.5	Guías de accesibilidad de aplicaciones móviles	16
2.5.1	Aplicaciones móviles accesibles para todos los usuarios (incluidos aquellos con discapacidades).....	16
2.5.2	Mejores prácticas que los autores recomiendan para la accesibilidad de las aplicaciones móviles.....	17
2.6	Accesibilidad digital: Retos y oportunidades.....	18
2.6.1	Normas y directrices de accesibilidad	18
2.6.2	Barreras para la accesibilidad	19
2.6.3	Oportunidades	20
3.	Metodología	21
3.1	Diseño de la investigación	21
3.2	Tipo de la investigación.....	22
3.3	Tipo de Metodología que se aplicó.....	22
3.4	Sistemas Operativos estudiados por el investigador	23
3.5	Técnicas de recolección de datos.....	24
3.6	Población y muestra.....	24
3.7	Análisis de los datos	24
3.8	Consideraciones éticas	25
3.9	Resumen de la metodología.....	25
4.	Análisis y Resultados.....	27
4.1	Identificación de las barreras de accesibilidad presentes en los sistemas operativos.....	27
4.1.1	Apreciaciones del investigador	28
4.1.1.1	Apreciación sobre Windows.....	28
4.1.1.2	Apreciación sobre Linux (Ubuntu)	30
4.1.2	Percepciones de la población de estudio.....	31
4.2	Analizar las políticas y normativas de accesibilidad que rigen los sistemas operativos	33
4.2.1	Pautas de accesibilidad del W3C.....	33
4.2.2	Directrices de accesibilidad de microsoft.	37
4.2.3	Pautas de accesibilidad de Google.....	41
4.2.4	Directrices de accesibilidad de Apple	44
4.2.5	Especificación de accesibilidad de Linux.....	45
4.2.5.1	Estándares de accesibilidad	45

4.2.5.2	Pautas de accesibilidad de Ubuntu	47
4.2.6	Patrones en las pautas de accesibilidad	48
4.2.7	Hallazgos de la sección	49
4.3	Desarrollo de un método de evaluación	50
4.3.1	Necesidades de las personas con discapacidad visual	50
4.3.2	Objetivos	52
4.3.3	Parámetros de evaluación	53
4.3.4	Sistema de calificación	54
4.3.4.1	Escala numérica	54
4.3.4.2	Grados de conformidad	55
4.3.5	Herramientas de evaluación	56
4.3.6	Diseño de las encuestas	57
4.3.7	Diseño de las entrevistas	63
4.4	Análisis y resultados	65
4.4.1	Apreciaciones del investigador sobre Windows y Linux (Ubuntu)	65
4.4.1.1	Windows	65
4.4.1.2	Linux (Ubuntu)	68
4.4.1.3	Conclusiones de las evaluaciones	70
4.4.2	Resultados de la encuesta	71
4.4.2.1	Análisis general de los datos	105
5.	Conclusiones y Recomendaciones	108
5.1	Conclusiones	108
5.2	Aportes	111
5.3	Recomendaciones	111
5.4	Trabajos futuros	112
	A manera de cierre	114
	Referencias	116

Índice de tablas

Tabla 1. Patrones de accesibilidad51

Tabla 2. Puntuación de los niveles de accesibilidad.....59

www.bdigital.ula.ve

Índice de figuras

Figura 1. Edad.....	72
Figura 2. Sexo.....	73
Figura 3. ¿Cuál es tú grado de discapacidad visual?	74
Figura 4. ¿Cuál es el sistema operativo que utilizas a diario?	75
Figura 5. ¿Para qué utilizas el sistema operativo?	76
Figura 6. ¿Qué tipos de tecnologías de asistenci utilizas?.....	77
Figura 7. ¿Cuántas aplicaciones utilizas en tu día a día?.....	77
Figura 8. ¿Estas aplicaciones pueden usarse únicamente con el teclado?.....	79
Figura 9. ¿Cuántas de estas aplicaciones presentan barreras para utilizarlas junto a las tecnologías de asistencia?	80
Figura 10. ¿Cuáles son las barreras que se presentan en el uso de estas aplicaciones?	81
Figura 11. En una escala del 1 al 5, clasifica la accesibilidad en estas aplicaciones en general .	82
Figura 12. ¿En el ecosistema del sistema operativo que usas, están disponibles tecnologías de asistencia de terceros?.....	83
Figura 13. ¿Utilizas tecnologías de asistencia de terceros en reemplazo de las proporcionadas por el sistema operativo?	84
Figura 14. ¿Por qué usas tecnologías de asistencia de terceros junto a tu sistema operativo? .	85
Figura 15. ¿Por qué usas tecnologías de asistencia de terceros junto a tu sistema operativo? .	86
Figura 16. Del 1 al 5, ¿Qué tan cómoda es la voz computarizada que posee?.....	87
Figura 17. ¿Qué tan extensible es el lector de pantalla que usas?	88
Figura 18. Del 1 al 5, ¿Qué tan conforme estás con el lector de pantalla que usas?.....	89
Figura 19. ¿El sistema operativo que utilizas proporciona atajos para utilizarlo únicamente por medio del teclado?.....	90
Figura 20. Del 1 al 5, ¿Qué tan estable es tu sistema operativo cuando se usa de manera prolongada junto a las tecnologías de asistencia?	91
Figura 21. ¿Cuántos apartados del sistema operativo puedes usar junto a las tecnologías de asistencia?	92
Figura 22. ¿Qué barreras has experimentado al usar el sistema operativo con las tecnologías de asistencia?	93

Figura 23. ¿Crees que las opciones de accesibilidad en tu sistema operativo son suficientes para satisfacer tus necesidades?	94
Figura 24. Del 1 al 5, ¿cuál es tu nivel de conformidad con el sistema operativo?	95
Figura 25. Del 1 al 5, ¿Cómo calificarías la accesibilidad del sistema operativo que usas?	96
Figura 26. Prueba de difusión 1	97
Figura 27. Prueba de difusión 2	98
Figura 28. Prueba de difusión 3	99
Figura 29. Prueba de difusión 4	100
Figura 30. Prueba de difusión 5	101
Figura 31. Prueba de difusión 6	102
Figura 32. Prueba de difusión 7	103
Figura 33. Prueba de difusión 8	104

www.bdigital.ula.ve

Introito

Antes de comenzar formalmente este trabajo, quiero aprovechar esta sección para exponer mis razones para elegir este tema como mi proyecto de grado, y compartir mis vivencias relacionadas a la falta de accesibilidad y consciencia que aún existe en carreras universitarias en Venezuela, en especial, en una tan técnica como lo es ingeniería de sistemas.

Una de las primeras barreras que me encontré al inicio de mi camino universitario, fueron las barreras sociales. Con esto me refiero a que algunos profesores no buscaron una forma de adaptación en sus clases o material, metodología de evaluación, o forma de que yo pudiera adquirir el conocimiento de la materia que dictaban. Tuve que buscar la manera de adquirir el conocimiento por mi cuenta si quería rendir académicamente. Incluso tuve que buscar clases particulares de personas que también tuvieran experiencia en ese tipo de asignaturas, para que me explicaran de manera particular los temas, y pagarles por sus servicios.

Esto representó una carga económica adicional para mí, evidentemente.

Donde más se presentaban estas barreras era en las materias relacionadas a cálculos matemáticos, por ejemplo, todos los cálculos que se ven durante la carrera (desde cálculo 10, hasta 40, y matemáticas especiales), debido a la gran cantidad de símbolos, y forma particular de escribir las ecuaciones. Este desinterés se repitió semestre a semestre. Cuando la carga económica era tal, que no se pudo seguir manteniendo las clases particulares, opté por estudiar de los libros directamente. Esta opción no la había tomado anteriormente, ya que la herramienta de asistencia que uso (lector de pantalla) no es capaz de leer de manera correcta ecuaciones matemáticas, ni los símbolos que usan en este tipo de textos especializados.

Por ende, constantemente necesitaba ayuda para saber qué símbolos debía escribir, donde escribirlos, y cómo hacerlo. Además, tuve que adquirir un pizarrón acrílico de considerable tamaño para que me sirviera de “cuaderno”, ya que por mi discapacidad visual no puedo escribir en cuadernos o libretas tradicionales.

Constantemente debía acercarme demasiado a la pantalla del dispositivo que usaba para estudiar, incluso, usando dos dispositivos a la vez. Esto lo explicaré más adelante.

Yo, en lo particular, podía hacer todos estos esfuerzos porque aún poseo algo de visión, aunque muy reducida. Pero, ¿y si otro estudiante es completamente invidente?, ¿debe buscar un servicio de clases particulares?, ¿y si no puede pagarlas?, ¿debe abandonar la carrera por falta de conciencia y accesibilidad en el ámbito educativo universitario por parte de la misma institución educativa? Todas estas preguntas me las hice yo mismo, en especial la última, ya que hubo momentos difíciles para mí en este camino estudiantil.

Otra cosa de la que quiero conversar en este espacio, y que ocurrió en repetidas ocasiones durante la carrera, es la gran rigidez que presentan algunos profesores al momento de sus evaluaciones, y con respecto a esto tengo algunos ejemplos. Hubo una materia en la que una de las evaluaciones que más puntos valía sobre la nota final (45%), era una parte escrita, y práctica, que consiste en escribir un programa haciendo uso de dos softwares particulares para hacer simulaciones de sistemas eléctricos. Más allá de la complejidad inherente a dicha asignatura, era difícil para mí, ya que está fuertemente ligada a cálculos matemáticos complejos, además de que estas herramientas no eran compatibles con mis tecnologías de asistencia (lector de pantalla). Instalé varios softwares de asistencia, integrados, de terceros, y nada. Cuando estas herramientas se abrían, el lector de pantalla dejaba de funcionar, es decir, la voz computarizada dejaba de narrar el contenido. Así que como pueden imaginarse, esto es una barrera insuperable, ya que por más esfuerzos que tuviera los ánimos de realizar, no podría usar estos softwares de simulación. A menos que fuera con alguien que me ayudara, y que también supiera del tema, y el uso de dichas herramientas, pero ya es alguien externo a mí.

Cuando me dirigí a hablar con mis profesores de la materia sobre esta barrera, para ver a que conciliación se podía llegar, su respuesta fue “eso es lo que usamos aquí, debes ver como resuelves tu problema”. Y como lo dije anteriormente, no depende de mí. Incluso, luego de mucho investigar, pude encontrar una herramienta que podía medianamente usar, su respuesta fue negativa. Solo se podía trabajar con las herramientas que se establecieron. Y aquí se presentó de nuevo barreras sociales, además de las presentadas en el uso de dichas herramientas de simulación que no se pudieron superar de ninguna manera.

Otro ejemplo podría ser las materias relacionadas con el cálculo. Como mencioné, el pizarrón acrílico fungía como mi “cuaderno”, ya que debía escribir grande las ecuaciones para poder verlas, y claro, me tomaba más tiempo que alguien vidente en hacer este proceso. Aquí la barrera fue que el profesor colocó muchas trabas para hacerme el examen individualizado, ya que por obvias razones no podía hacerlo junto a mis compañeros. Tampoco quiso dejarme en

un salón con un pizarrón acrílico solo, porque tenía el temor de que me fuera a “copiar” de alguna manera. Y, siendo completamente franco, mi capacidad visual no da para eso, cosa que le hice saber. Pero aun así, no quiso aceptar en primera instancia. Un tercer ejemplo podría ser la exigencia de contenido gráfico para mis evaluaciones. En asignaturas de mi formación profesional, se me exigió entregar diagramas, gráficos, o, interfaces, que obviamente representan barreras para mí, debido a mi discapacidad. Pero a pesar de esto, los profesores exigían este tipo de contenido, y como me pasó en el ejemplo de la simulación, fue una barrera insuperable para mí, teniendo que buscar ayudas externas para poder cumplir con mis compromisos académicos. Incluso, hubo ocasiones en que yo sabía hacer las cosas que necesitaba, pero por falta de accesibilidad, o por la misma discapacidad, no podía interactuar con la aplicación, y cuando la persona me ayudaba a hacer la actividad, yo le decía que hacer precisamente. Esto pone de manifiesto que las personas con discapacidad visual sabemos hacer lo que no podemos hacer.

Si bien estas barreras no estuvieron presentes en todas las asignaturas, si lo estuvo la falta de interés por parte de ciertos profesores en al menos intentar adaptar su contenido para adecuarlo a una persona con discapacidad visual, y a esto me referí con falta de adecuación en los contenidos digitales en el ámbito educativo. Sabiendo esto, pueden llegar a preguntarse, ¿si los contenidos académicos no estaban adecuados para personas con discapacidad visual, cómo fui capaz de aprobar todas mis asignaturas, y llegar a este punto? Bueno, fue posible con perseverancia, aprender a adaptarme, y más importante, muchísimo esfuerzo. Quiero describir brevemente la forma en la que estudiaba para cada asignatura. Para ello requiero de tres cosas: dispositivos tecnológicos, en mi caso, mi máquina personal (laptop), y otro dispositivo secundario (tablet, o smartphone). El primero lo requiero para usar eficazmente el lector de pantalla, para leer toda la parte de texto del libro o material educativo. Y el segundo lo requiero para ver las figuras relacionadas al tema de estudio, cabe destacar que este no siempre es necesario, solo cuando el tema requiere ver figuras para complementar explicaciones, y el tercero es mucho tiempo, ya que por obvias razones, me tardo bastante en diferenciar la imagen, o imágenes, presentes en el material.

Este método para adquirir conocimiento evidentemente me funciona porque como dije, aún poseo algo de visión. Pero, ¿si otro estudiante es completamente ciego?, o, si tiene baja visión como yo, pero no tiene los recursos económicos necesarios para adquirir todos los dispositivos tecnológicos que yo utilicé ¿qué pasaría?

A pesar de lo anterior, hubo aspectos positivos. Desarrollé mi capacidad de adaptación, como dije anteriormente, también mi capacidad de ser autodidacta, de abstracción, y de investigación para encontrar soluciones a lo que se me presentaba. Estas habilidades me servirán para toda la vida, en todos los ámbitos. Además, hubo profesores que también fueron flexibles en su forma de evaluarme, pocos, pero los hubo. Otra cosa que quiero destacar, es que los profesores nunca subestimaron mis capacidades, es decir, yo presenté los mismos exámenes parciales que mis compañeros, aunque claro, con la consideración que necesitaba un poco más de tiempo por la misma razón de la discapacidad visual que expliqué arriba. En mi camino universitario conocí compañeros que me brindaron su apoyo para avanzar en el mismo, desde prestarme sus apuntes para poder estudiar luego, ayudarme a hacer los contenidos gráficos que tanto se me dificultan, hasta levantarme el ánimo con sus ocurrencias. Por todo lo anterior, es que elegí este tema para mi proyecto de grado, ya que con el quisiera hacer consciencia de la importancia que tiene la accesibilidad en la vida diaria de una persona con discapacidad visual en todos los ámbitos de su vida, ya que como mencioné, en mi caso los dispositivos electrónicos fueron una de las herramientas que más me ayudaron, aunque con dificultades, a culminar mi carrera universitaria.

www.bdigital.ula.ve

Introducción

La tecnología ha experimentado un crecimiento exponencial en las últimas dos décadas, transformando la manera en que las personas interactúan con el mundo. En este sentido, se ha convertido en un elemento fundamental en la vida cotidiana de las personas, proporcionando una amplia variedad de herramientas para facilitar el acceso a la información y la comunicación. La creciente popularidad de Internet y los dispositivos móviles ha permitido a las personas acceder a información y servicios en cualquier momento y lugar, lo que ha cambiado la forma en que interactuamos con el mundo. La tecnología ha mejorado la eficiencia en muchos aspectos, desde el trabajo hasta la educación, pasando por el entretenimiento y las relaciones personales.

En lo que respecta a la educación, es importante destacar que el avance tecnológico ha tenido un impacto significativo en esta, permitiendo a las personas acceder a recursos educativos en línea desde cualquier lugar del mundo. Ha transformado la forma en que se aprende y enseña, permitiendo a los estudiantes obtener una educación personalizada y adaptada a sus necesidades individuales. Sin embargo, no todos los materiales educativos adecúan su contenido para adaptarlos para el consumo de estudiantes con necesidades especiales, excluyendo a un número significativo de ellos.

En el ámbito laboral, la tecnología ha permitido el desarrollo de nuevas formas de trabajo, como el teletrabajo o el trabajo a distancia. Esto ha permitido que las personas puedan trabajar desde cualquier lugar del mundo, lo que a su vez ha aumentado la flexibilidad laboral y ha mejorado la conciliación de la vida laboral y personal. Sin embargo, es importante destacar que no todas las personas tienen acceso a las mismas oportunidades de trabajo debido a la brecha digital y la falta de acceso a la tecnología de algunas poblaciones específicas (las personas de bajos recursos, de sitios inaccesibles y las personas con discapacidad).

En otro orden de ideas, muchas empresas utilizan software y herramientas digitales en sus procesos de selección y desempeño laboral, lo que puede dificultar la participación de las personas con necesidades especiales en igualdad de condiciones. Además, la falta de

accesibilidad en los entornos de trabajo digitales puede limitar las oportunidades de crecimiento y desarrollo profesional para estas personas.

Considerando lo anterior, es claro que la tecnología ha proporcionado una gran cantidad de beneficios a la sociedad, incluyendo la mejora de la calidad de vida de las personas, la creación de nuevos empleos y oportunidades de negocio, y la optimización de los procesos productivos. Ha permitido, además, a las personas conectarse con otras en todo el mundo, lo que ha creado nuevas oportunidades para la colaboración y el intercambio de ideas. No obstante, como se vio en el ámbito educativo y laboral, existe cierta parte de la población, en particular, aquellas con necesidades especiales, que se excluye, o le es difícil acceder a estos beneficios.

La exclusión de las personas con discapacidad en el acceso a la tecnología no solo limita sus oportunidades en el ámbito educativo y laboral, sino que también afecta su integración y participación en la sociedad. Las personas con esta limitación a menudo enfrentamos barreras en el acceso a la tecnología, que nos impide disfrutar de los mismos beneficios, o hacerlo con la misma facilidad que el resto de la población lo hace. Esto puede llevar a un mayor aislamiento social y una menor calidad de vida para nosotros.

Como señala el CONAPI: En nuestro país las Personas con Discapacidad en su gran mayoría pertenecen a los estratos poblacionales IV y V, entre cuyas características se incluye la desorganización social, la insuficiencia de cultura político-social, la inconsistencia ideológica, el desconocimiento de los derechos humanos y de sus propios derechos constitucionales, sociales e individuales, y la resignación personal en relación con su condición de Persona con Discapacidad o la de alguno de sus familiares. (Cuadernos del CONAPI, 2001).

El presente trabajo de investigación se enfocará en la discapacidad visual específicamente, ya que es una condición que como investigador poseo, y que a partir de mis propias vivencias puedo decir que representa una herramienta clave para mejorar mi calidad de vida.

Las tecnologías adaptadas

Entre las diversas tecnologías diseñadas para personas con discapacidad visual están las pantallas braille, y los lectores de pantalla como herramientas que les permiten acceder a la información de manera autónoma. Estos dispositivos utilizan un sistema de vibración o sonido para transmitir información a través de una superficie táctil, lo que les permite leer y escribir texto. La accesibilidad de los entornos digitales es un tema clave en la inclusión de las personas con

discapacidad visual. Los sitios web, aplicaciones, documentos digitales, y en especial, los sistemas operativos, deben ser diseñados teniendo en cuenta las necesidades de las personas con discapacidad visual.

Esto implica que deben ser compatibles con tecnologías como los lectores de pantalla y tener una estructura clara y sencilla. Por todo lo mencionado anteriormente, debe existir una manera de integrar todas estas tecnologías que ayudan a las personas con este tipo de discapacidad a interactuar con todo el entorno digital, y todo lo que ello implica. Se hace énfasis en el sistema operativo, pieza de software indispensable para la interacción del usuario y la máquina, ya que permite ejecutar diferentes tareas, dependiendo del equipo donde se ejecute. Para este trabajo, se considerarán los dispositivos de escritorio (laptops / PC), por varias razones. Una de ellas es que pueden ser de mayor facilidad adquisitiva para la mayoría de personas. Otra razón es que en el ámbito laboral, y educativo, se utilizan más los computadores para realizar cualquier tipo de actividad, desde investigación, creación de documentos, estudio, etc. Por último, otra razón sería para no limitar lo que el usuario pueda realizar, ya que a pesar de que los sistemas operativos de los dispositivos móviles (Android / IOS), son los más utilizados en el ámbito cotidiano, siempre existen limitaciones en lo que se puede hacer en ellos, o es incómodo desarrollar un flujo de trabajo o estudio completo únicamente en estos dispositivos.

Considerando esto, para garantizar el acceso a las personas con necesidades especiales a este tipo de tecnologías, surge la necesidad de evaluar que tan accesible puede llegar a ser este tipo de software. En los últimos años, los sistemas operativos han evolucionado enormemente, ofreciendo nuevas funcionalidades y herramientas para sus usuarios. Sin embargo, no siempre se tiene en cuenta la accesibilidad en estos avances tecnológicos, lo que puede generar barreras y limitaciones para las personas con discapacidad visual. Es por ello que se hace necesaria una evaluación exhaustiva de los sistemas operativos desde la perspectiva de uso de estas personas, para garantizar su accesibilidad y su inclusión.

La accesibilidad para personas con discapacidad visual permite garantizar la inclusión digital de una parte de la población que ha sido históricamente marginada. La presente investigación se centra en identificar las barreras presentes en los sistemas operativos para esta población, mejores prácticas o recomendaciones para reducir el número de estas, desarrollar un método de evaluación que permita ponderar que tan accesible es un sistema operativo, y la evaluación de la accesibilidad en los sistemas operativos para las personas con discapacidad visual, desde la perspectiva de un usuario común con esta discapacidad.

La accesibilidad como derecho

La accesibilidad es un derecho fundamental para todas las personas, incluyendo aquellas con discapacidad visual. En la actualidad, existen diversas normativas y estándares que establecen las condiciones mínimas que deben cumplir los sistemas operativos para ser considerados accesibles. Por ejemplo, la normativa ISO/IEC 40500. Sin embargo, es necesario evaluar la implementación de estas normativas en la práctica y su efectividad en la mejora de la accesibilidad para las personas con discapacidad visual. Una evaluación de la accesibilidad en los sistemas operativos puede arrojar resultados muy valiosos para los desarrolladores de software y para los usuarios en general. Estos resultados pueden ayudar a los desarrolladores a identificar los puntos débiles de sus sistemas y a mejorarlos en términos de accesibilidad. Para los usuarios, los resultados pueden ser de gran utilidad para seleccionar el sistema operativo que mejor se adapte a sus necesidades y limitaciones. Para llevar a cabo esta investigación se utilizará un enfoque mixto, que combina técnicas cuantitativas a través de la tabulación y ponderación de encuestas, entrevistas, pruebas de usabilidad y caracterización de los software evaluados, como cualitativas para obtener información etnográfica sobre la experiencia de los usuarios con discapacidad visual al interactuar con los sistemas operativos a través de la observación participante.

Capítulo 1

Contextualización

Este capítulo de la investigación, y el siguiente, son fundamentales para establecer una comprensión clara de la justificación del presente trabajo, los objetivos que tiene, los conceptos y teorías relevantes asociados al tema principal, proporcionando una base sólida para el análisis y la interpretación de los resultados de investigación. La contextualización estará compuesta por 3 sub secciones. La primera será una justificación del trabajo de investigación, continuando con los objetivos que tiene, y, finalmente, toda la base conceptual necesaria para el trabajo de investigación.

1.1 Justificación de la investigación

Hay varios elementos que justifican el presente trabajo:

Carencia de proyectos de accesibilidad tecnológica: La falta de proyectos, desarrollos y dispositivos o software accesibles para las personas con discapacidad visual es una barrera significativa que puede limitar su capacidad para tener éxito en el ámbito digital. En primer lugar, la falta de accesibilidad en los sitios web, documentos digitales, aplicaciones, y, especialmente sistemas operativos puede limitar la capacidad de las personas con discapacidad visual para acceder a información importante y realizar tareas en línea. Muchos sitios web y aplicaciones, o sistemas operativos no están diseñados para ser accesibles para las personas con discapacidad visual, lo que puede limitar su capacidad para realizar tareas como hacer compras en línea, buscar información sobre servicios y productos, y conectarse con otras personas.

Estas carencias en el ámbito de la accesibilidad es una de las principales causas del fracaso de los sistemas operativos para ser accesibles para las personas con discapacidad visual. A pesar de los avances tecnológicos, todavía existen barreras para acceder a la información y utilizar los dispositivos, lo que limita la inclusión y participación de estas personas en la sociedad digital. Una de las razones de esta falta de proyectos es la falta de conciencia sobre las necesidades de las personas con discapacidad visual. En muchos casos, las empresas desarrolladoras de tecnología

no incluyen la accesibilidad como un factor clave en sus estrategias, lo que impide el desarrollo de soluciones adecuadas para este colectivo.

Los dispositivos y software que no están diseñados para ser accesibles para estas personas pueden ser difíciles o imposibles de usar, lo que puede limitar su capacidad para aprovechar las ventajas de la tecnología en la vida diaria.

Limitación de oportunidades laborales: Otro problema que se deriva de la falta de accesibilidad es que puede limitar la capacidad de las personas con discapacidad visual para desempeñarse en el ámbito laboral. Muchos trabajos requieren el uso de tecnología y dispositivos digitales, y la falta de accesibilidad puede limitar la capacidad de esta población para realizar estas tareas. Esto puede limitar sus oportunidades de empleo y afectar su capacidad para mantenerse económicamente.

Dificultades en la integración social: La falta de accesibilidad en los dispositivos y software también puede afectar la capacidad de las personas con discapacidad visual para participar plenamente en la vida social y comunitaria. La tecnología y los dispositivos digitales son fundamentales para participar en actividades sociales y culturales, y la falta de accesibilidad puede limitar su capacidad para participar en estas actividades y conectarse con otras personas.

Carencia de planes de formación y concientización para la inclusión de personas con discapacidad visual: Otro factor que contribuye al fracaso en el ámbito de los sistemas operativos es la falta de formación y concientización en el uso de las herramientas accesibles. Muchas veces, las personas con discapacidad visual no conocen las herramientas disponibles o no saben cómo utilizarlas, lo que limita su acceso a la información y su capacidad para participar en la sociedad digital.

Todas estas razones, además de las expuestas en el introito, justifican la evaluación planteada con la que se espera poder identificar las áreas donde se necesita mejorar la accesibilidad, lo que permitirá el desarrollo de soluciones adecuadas para este grupo de personas. Además, esta investigación puede ayudar a concientizar a las empresas desarrolladoras de tecnología sobre la importancia de incluir la accesibilidad como un factor clave en sus estrategias, lo que puede fomentar el desarrollo de soluciones accesibles para las personas con discapacidad visual. Con ella, se espera mejorar la inclusión y participación de estas personas en la sociedad digital, lo que puede tener un impacto positivo en su vida diaria, laboral, y social.

1.2 Objetivos generales y específicos

1.2.1 Objetivo general

Evaluar la accesibilidad en los sistemas operativos para las personas con discapacidad visual: Medir y analizar el nivel de accesibilidad que presentan los sistemas operativos seleccionados desde la perspectiva de un usuario común con discapacidad visual, con el fin de identificar las posibles barreras que enfrentan las personas con esta discapacidad al utilizarlos.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Identificar las barreras de accesibilidad presentes en los sistemas operativos para las personas con discapacidad:

1.2 Precisar los obstáculos o dificultades que las personas con discapacidad pueden encontrar al utilizar los sistemas operativos, como pueden ser problemas de accesibilidad en la interfaz de usuario, navegación o en la configuración del sistema.

2. Analizar las políticas y normativas de accesibilidad que rigen los sistemas operativos:
2.1 Examinar las regulaciones y estándares actuales en cuanto a la accesibilidad de los sistemas operativos para las personas con discapacidad visual, con el fin de entender cómo estos sistemas se adecuan a estas normativas y políticas.

3. Desarrollar un método de evaluación de la eficacia de las herramientas y tecnologías de asistencia disponibles en los sistemas operativos, basados en los criterios y estándares identificados:

3.1. Diseñar un método de evaluación para los sistemas operativos, que permita ponderar cómo estas herramientas y tecnologías facilitan el acceso y uso de los sistemas operativos para las personas con discapacidad, así como identificar posibles mejoras en su implementación.

4. Evaluar la accesibilidad de los sistemas operativos más utilizados en el mercado utilizando el método desarrollado en el objetivo anterior:

4.1. Realizar una revisión exhaustiva de los sistemas operativos más populares, con el fin de determinar su nivel de accesibilidad para las personas con discapacidad visual.

1.3 Sistema de definiciones

Esta sub sección intenta explicar toda la teoría necesaria para tener un entendimiento integral del tema de estudio. Con el objetivo de facilitar la comprensión de los conceptos, se han estructurado de una manera lógica, y coherente. Además, se incluyen 3 definiciones para tener diferentes puntos de vista del mismo término, y se proporciona un pequeño análisis de cada definición.

1.3.1 Discapacidad Visual

Según la OMS: “La discapacidad visual es la consideración a partir de la disminución total o parcial de la vista. Se clasifica en dos términos: ceguera y baja visión. La ceguera abarca desde 0.05 de agudeza visual hasta la no percepción de la luz o una reducción del campo visual inferior a 10°. La baja visión comprende una agudeza máxima inferior a 0.3 y mínima superior a 0.065”. (OMS. 2021).

Medrano (2011) y Salido (2015), dicen que: “Se entiende la discapacidad visual como la ausencia, deficiencia o disminución de la visión”.

Según la Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud (CIF): “La discapacidad visual es una situación que resulta de una interacción entre las deficiencias visuales y los factores ambientales y personales”. (CIF. 2011).

En nuestro propio criterio se puede decir que la discapacidad visual es la pérdida total o parcial de la capacidad visual, que puede manifestarse como ceguera o baja visión, y que es causada por deficiencias visuales. Esta limitación en la visión puede verse afectada por factores ambientales y personales, y puede dificultar significativamente el acceso a la información visual, afectando la calidad de vida y la participación social

1.3.2 Diseño universal

El proyecto del diseño universal establece que: "El diseño universal es un diseño que es utilizable por todas las personas, en la mayor medida posible, sin necesidad de adaptación o diseño especializado". (Proyecto del diseño universal.2023).

La Universidad de Washington, define este concepto como: “El diseño universal es el proceso de crear productos que son accesibles para personas con una amplia gama de habilidades, discapacidades y otras características. Los productos diseñados universalmente se adaptan a las preferencias y habilidades individuales; comunicar la información necesaria de manera efectiva (independientemente de las condiciones ambientales o las capacidades sensoriales del usuario); y puede ser abordado, alcanzado, manipulado y utilizado independientemente del tamaño corporal, la postura o la movilidad del individuo. La aplicación de principios de diseño universal minimiza la necesidad de tecnología de asistencia, da como resultado productos compatibles con la tecnología de asistencia y hace que los productos sean más utilizables por todos, no solo por las personas con discapacidades” (Universidad de Washington. 2022).

El Centro para el diseño universal establece que: “El diseño de productos y entornos para ser utilizados por todas las personas, en la mayor medida posible, sin necesidad de adaptación o diseño especializado.” (Centro para el diseño universal. 2021).

Conociendo esta información, El diseño universal se puede definir como aquel diseño que al aplicarse a un producto o servicio, puede generar como resultado que pueda ser utilizado por todas las personas, en la mayor medida posible, sin necesidad de adaptaciones o diseños especializados. Este tipo de diseño se enfoca en crear productos, servicios, o entornos que sean accesibles para personas con diferentes habilidades, discapacidades y características, adaptándose a sus preferencias, habilidades individuales y permitiendo que puedan abordar, alcanzar, manipular y utilizar los productos independientemente de su tamaño corporal, postura o movilidad. La aplicación de principios de diseño universal reduce la necesidad de tecnologías de asistencia y hace que los productos sean más utilizables por todos, no solo por personas con discapacidades.

1.3.3 Software

John Von Neumann, en su artículo "First draft of a report on the EDVAC" define este concepto como: "El software de una computadora es el conjunto de programas que dirigen la operación de la máquina y que permiten su utilización por parte del usuario". (Von Neumann, 1945).

Ian Sommerville, en su libro "Ingeniería del Software" considera que: "El software es la parte lógica e intangible de un sistema informático, que incluye los programas, datos y documentación asociados necesarios para que un sistema de hardware realice una tarea" (Sommerville. I, 2011).

Según David Patterson y John Hennessy, en su libro "Arquitectura de Computadoras. Una aproximación cuantitativa": "El software es el conjunto de programas que controlan la operación de una computadora y que permiten la ejecución de programas de aplicación". (Patterson. D, Hennessy. J. 2018).

Estas definiciones coinciden en que es un conjunto de programas que permiten la utilización y el control de una computadora para llevar a cabo tareas específicas. Además, el software es la parte lógica e intangible de un sistema informático y se compone de programas, datos y documentación asociada.

1.3.4 Sistema operativo

Andrew S. Tanenbaum define un sistema operativo como: "El software que gestiona el hardware de una computadora y permite que los programas de usuario interactúen con él". (Tanenbaum. A. S, 2015).

Silberschatz, Galvin y Gagne definen un sistema operativo como: "Un programa que actúa como intermediario entre el usuario y el hardware de la computadora, proporcionando un ambiente en el que el usuario puede ejecutar programas de manera eficiente y cómoda". (Silberschatz. A, Galvin, P. B, & Gagne. G, 2018).

Según Stallings, "Un sistema operativo es un software que proporciona servicios a los programas de aplicación, al mismo tiempo que controla el hardware de la computadora. Los servicios del sistema operativo incluyen la gestión de recursos, la planificación y programación de tareas, la gestión de memoria, el manejo de entradas/salidas y la seguridad". (Stallings, W, 2018).

En síntesis, el sistema operativo es un software que actúa como intermediario entre el usuario y el hardware de la computadora. El sistema operativo es el encargado de proporcionar los

servicios necesarios para que los programas de aplicación puedan funcionar de manera eficiente y cómoda. Esto incluye la gestión de recursos, la planificación de tareas, la gestión de memoria, el manejo de entradas/salidas y la seguridad. En definitiva, se trata del software que permite que la computadora funcione y que el usuario pueda interactuar con ella.

1.3.5 Accesibilidad

La Organización Mundial de la Salud (OMS), en su documento "Global Disability Action Plan 2014-2021" consideran que: "La accesibilidad se refiere a la eliminación de barreras que impiden a las personas con discapacidad utilizar plenamente la tecnología y los servicios digitales". (OMS. 2014).

Gregg Vanderheiden, en su artículo "The Meaning of Accessibility" define este concepto como: "La accesibilidad es el diseño de productos, dispositivos, servicios o entornos que puedan ser utilizados por todas las personas, incluyendo aquellas con discapacidades". (Vanderheiden. G.2009).

Alan Dix en su libro Human-Computer Interaction dice que: "La accesibilidad en el software es importante para garantizar la igualdad de oportunidades para todas las personas, independientemente de sus habilidades o discapacidades". (Dix. A. 2004).

Considerando la información presentada, La accesibilidad se refiere a la capacidad de las personas, independientemente de sus habilidades o discapacidades, para utilizar productos, servicios o entornos digitales sin barreras. Esto implica el diseño de productos y servicios que puedan ser utilizados por todas las personas, incluyendo aquellas con discapacidades, y la eliminación de cualquier obstáculo que impida la plena utilización de la tecnología y los servicios digitales. La accesibilidad es importante para garantizar la igualdad de oportunidades y la inclusión de todas las personas en la sociedad digital.

1.3.6 Tecnologías de asistencia

La Organización Mundial de la Salud define este concepto como: “La tecnología de asistencia permite y promueve la inclusión y la participación, especialmente de las personas con discapacidad, las poblaciones que envejecen y las personas con enfermedades no transmisibles. El propósito principal de los productos de asistencia es mantener o mejorar el funcionamiento y la independencia de un individuo, promoviendo así su bienestar. Permiten a las personas vivir vidas sanas, productivas, independientes y dignas, y participar en la educación, el mercado laboral y la vida cívica”. (OMS. 2023)

La Asociación de la Industria de Tecnología de Asistencia (ATIA), en su portal web oficial, considera que: “La tecnología de asistencia (AT) es cualquier elemento, equipo, programa de software o sistema de producto que se utiliza para aumentar, mantener o mejorar las capacidades funcionales de las personas con discapacidades” (ATIA. 2023).

La Universidad de Washington, considera que: “La tecnología de asistencia es la tecnología utilizada por las personas con discapacidades para realizar funciones que de otro modo podrían ser difíciles o imposibles. La tecnología de asistencia puede incluir dispositivos de movilidad como andadores y sillas de ruedas, así como hardware, software y periféricos que ayudan a las personas con discapacidades a acceder a computadoras u otras tecnologías de la información. Por ejemplo, las personas con función limitada de la mano pueden usar un teclado con teclas grandes o un mouse especial para operar una computadora, las personas ciegas pueden usar un software que lee texto en la pantalla con una voz generada por computadora, las personas con baja visión pueden usar software que amplía el contenido de la pantalla, las personas sordas pueden usar un TTY (teléfono de texto), O las personas con impedimentos del habla pueden usar un dispositivo que habla en voz alta mientras ingresan texto a través de un teclado”. (Universidad de Washington. 2022)

Se puede concluir que la tecnología de asistencia (TA) son importantes para mejorar las capacidades funcionales de las personas con discapacidades, promoviendo su bienestar y permitiendo su inclusión y participación en la sociedad. La TA incluye dispositivos, equipos, programas de software que facilitan la realización de tareas que de otro modo podrían ser difíciles, o imposibles para las personas con discapacidades. Estos productos de asistencia pueden variar desde andadores y sillas de ruedas hasta hardware, software y periféricos que ayudan a las

personas a acceder a la tecnología de la información, lo que les permite participar en la educación, el mercado laboral y la vida cívica. La TA es fundamental para garantizar la igualdad de oportunidades para todas las personas, independientemente de sus habilidades o discapacidades.

1.3.7 Lector de pantalla

Microsoft, en su página de accesibilidad define este concepto como: “Un lector de pantalla permite a los usuarios con discapacidades visuales navegar por una interfaz de usuario transformando imágenes en audio. Por lo tanto, el texto de la interfaz de usuario, los controles, los menús, las barras de herramientas, los gráficos y otros elementos de la pantalla son pronunciados por la voz computarizada del lector de pantalla”. (Microsoft. 2021)

El Consorcio Mundial de la Web, en su página oficial considera que: “Los lectores de pantalla proporcionan funcionalidad importante, como navegar por los encabezados, proporcionar alternativas habladas de imagen, e identificación de enlaces internos y externos. También puede resaltar el texto a medida que se lee en voz alta para que la gente lo vea y escuchar el contenido al mismo tiempo”. (W3C. 2019)

Este concepto, en la página oficial de Mozilla, está definido como: “Los lectores de pantalla son aplicaciones de software que intentan transmitir lo que se ve en una pantalla de una manera no visual, generalmente como texto a voz, pero también en braille o iconos de sonido. Los lectores de pantalla son esenciales para las personas con discapacidad visual, o con una discapacidad de aprendizaje. Hay algunos lectores de pantalla de extensión de navegador, pero la mayoría de los lectores de pantalla funcionan en todo el sistema para todas las aplicaciones de usuario, no solo para el navegador”. (Mozilla. 2023)

Visto lo anterior, un lector de pantalla es una aplicación de software que permite a las personas con discapacidad visual interactuar con una interfaz de usuario transformando elementos visuales en información audible o táctil. Los lectores de pantalla son esenciales para mejorar la accesibilidad de los usuarios con discapacidad visual, ya que les permiten navegar por los contenidos de una página web o de una aplicación de software. Además, los lectores de pantalla pueden proporcionar información adicional, como alternativas habladas de imágenes y la identificación de enlaces internos y externos. Un lector de pantalla es una herramienta que facilita el acceso y la interacción de las personas con discapacidad visual a la información digital.

Capítulo 2

Antecedentes de la investigación

El tema ha sido objeto de varios estudios previos, con diferentes enfoques. En este sentido, la revisión de la literatura especializada se convierte en una herramienta fundamental para contextualizar el estudio y conocer el estado del arte sobre el tema. Por tanto, el objetivo de este capítulo es presentar una síntesis de los principales hallazgos y contribuciones de los estudios previos más relevantes, con el fin de identificar las brechas de conocimiento y las oportunidades para el desarrollo de nuevas investigaciones.

2.1 Acceso y uso de las TIC por las personas con discapacidad visual

La persona con discapacidad visual, sí tiene vocación de ir a la universidad, necesita apoyos con entornos TIC accesibles, sistemas de guiado, buenos sistemas de reconocimiento de voz, entre otros componentes. La encuesta realizada a personas con discapacidad por la Fundación Vodafone España con título “Acceso y uso de las TIC por las personas con discapacidad”, en 2013, fue dirigida a las personas con discapacidad visual, auditiva y de movilidad entre 18 y 64 años residentes en hogares en España, con el objetivo de proporcionar mayor conocimiento sobre las posibilidades que las TIC ofrecen a las personas con discapacidad para mejorar su bienestar y posibilidades de inserción laboral (Fundación Vodafone, 2013).

Para asegurar la consistencia del Estudio, se tomaron como referencia los resultados de la Encuesta de Discapacidad, Autonomía Personal y Situaciones de Dependencia (EDAD, 2008) recabados por el Instituto Nacional de Estadística (INE), que ha realizado una estimación sobre discapacidades, deficiencias y estado de salud de la población de personas de 6 y más años que residen en España. En este estudio las personas con discapacidad visual confirman que desean

sistemas de voz, el VoiceOver y Siri, en sistemas IOS, y el TalkBack en Android. Hay un predominio del VoiceOver en la tableta, lo cual significa que las personas con discapacidad visual se decantan por el sistema IOS. En la discapacidad visual Internet se considera cómodo y manejable en general, y los usos son múltiples, algunos servicios que se utilizan muy poco, como banca electrónica y comercio electrónico.

Estos datos son corroborados en la Organización Mundial de la Salud (OMS), en su plan de acción mundial para la prevención de la ceguera y la discapacidad visual evitables 2014 – 2019, donde informa que la discapacidad visual abarca la discapacidad visual moderada y grave y la ceguera: la ceguera se define como una agudeza visual de presentación inferior a 3/60 (0.05), o una pérdida del campo visual a menos de 10°, en el mejor ojo; discapacidad visual grave se entiende una agudeza visual inferior a 6/60 (0.1) e igual o superior a 3/60 (0.05); y por discapacidad visual moderada, una agudeza visual de entre menos de 6/18 (0.3) y 6/60 (0.1) (OMS, 2013).

El estudio realizado por la Fundación Vodafone España en el 2013, define al colectivo de personas con discapacidad visual, a aquellas que han perdido totalmente la visión o bien padece una disminución severa de la misma, esto conlleva limitaciones asociadas a la realización de tareas específicas de la vida diaria, como desplazarse fuera del hogar, especialmente en entornos que no conoce y en los que existen elementos imprevisibles que dificultan sus movimientos (Fundación Vodafone España, 2013, cap. III. 1.4.1. Tipo de discapacidad).

Los resultados demuestran los siguientes indicadores: el teléfono móvil es masivo en las personas con discapacidad, ya que no tienen problemas en su uso; las personas con discapacidad visual desean sistemas de voz; Internet se considera cómodo y manejable pero algunos servicios se utilizan muy poco; la tecnología en general es cara.

Al realizar un análisis de dos estudios, sobre terminales móviles, como herramienta esencial de comunicación, y el acceso por parte de personas con discapacidad auditiva, visual, intelectual y física, presentando en ambos las barreras que impiden o dificultan el acceso y las características deseables. Un estudio es el de la Fundación AUNA (2004), que analizó la situación de las personas con discapacidad ante las TIC en España en 2003, y el otro es el realizado por la empresa Technosite (2011), que identificó y comparó tecnologías de Internet móvil accesibles y fáciles de usar en el año 2011.

En 2011 la aparición de modelos con pantalla táctil hizo que las personas con discapacidad visual se encontraran nuevos problemas, como introducir datos y el uso de controles, y aparecieron

características nuevas deseables como los magnificadores de pantalla. Las personas con discapacidad visual confirmaron desear sistemas de voz, coincidiendo con la necesidad mostrada en los otros estudios en personas con ceguera total y deficiencia de agudeza visual grave, pero obviando las necesidades de magnificadores y de pantallas más grandes, que muestran las personas con agudeza visual moderada.

2.2 Sintetizador de voz

En la Universidad de Los Andes existe un antecedente importante en el ánimo de la inclusión de las personas con discapacidad visual en el trabajo realizado en el año 2008 por la Dra. Elsa Mora del Departamento de Lingüística, quien desarrolló un Sintetizador de Voz del Español para el Programa Discapacidad y Comunicación, debido a la necesidad que tuvo un estudiante con discapacidad auditiva para poder comunicarse mejor, ya que presentaba barreras para hacerlo de manera eficiente. Este sintetizador fue elaborado conjuntamente por el Laboratorio de Fonética de la Universidad de Los Andes y el Laboratoire Parole et Langage de Aix en Provence y financiado a través de la comisión Ecos Nord-Francia y Conicit-Venezuela (Mora, Di Hirst y Cavé, 2000; Rodríguez, Mora y Cavé, 2006; Rodríguez y Mora, 2006).

2.3 Estudios de accesibilidad

Hasta este punto se ha discutido la importancia sobre la accesibilidad en los sistemas operativos, así como su evaluación para garantizar el acceso de estos por parte de las personas con discapacidad visual. Sin embargo, no se ha proporcionado ideas sobre el área de estudio de este tipo de temas. Debido a esto, el siguiente apartado en la contextualización, serán los estudios de la accesibilidad. El siguiente contenido es un análisis personal del estudio llamado “The nature of accessibility” (Gian Maria GrecoTransMedia Catalonia, Universitat Autònoma de Barcelona / Galician Observatory for Media Accessibility, Universidade de Vigo. 2018).

2.3.1 ¿Qué es exactamente el campo de los estudios de accesibilidad y cómo se relaciona con la accesibilidad?

Los estudios de accesibilidad (AS) por sus siglas en inglés, son un campo que se centra en la investigación crítica de los procesos y fenómenos de accesibilidad, así como en el diseño, implementación y evaluación de metodologías basadas en la accesibilidad. La accesibilidad en general se refiere a la capacidad de las personas para acceder a diferentes aspectos de la vida, incluyendo tecnología, educación, cultura y otros campos. Los estudios de accesibilidad buscan comprender cómo se puede mejorar la accesibilidad en estos campos y cómo se pueden desarrollar soluciones más efectivas para garantizar que todas las personas tengan igualdad de acceso.

Como se puede notar, esta área de estudio sirve como una base sólida en la cual apoyarse para intentar garantizar el acceso de cualquier persona (tenga discapacidad, o no), a cualquiera de los ámbitos mencionados anteriormente. En el caso particular de este trabajo de investigación, el ámbito de interés es el tecnológico, además, queremos determinar como un sistema operativo podría ser más accesible para las personas con discapacidad visual. Como no es suficiente que estas personas puedan acceder a un Sistema operativo, sino que, además, deben ser capaces de usarlo de forma integral, por medio de funcionalidades, o software especiales dedicados a este fin.

2.3.2 Métodos y modelos de los AS

Los estudios de accesibilidad utilizan una variedad de métodos y modelos para investigar los procesos y fenómenos relacionados con la accesibilidad. Algunos de estos métodos incluyen la investigación empírica, la observación participante, el análisis de documentos y la evaluación de políticas y prácticas. Los modelos utilizados en los estudios de accesibilidad incluyen el modelo social de discapacidad, que se centra en las barreras sociales que impiden la participación plena e igualitaria de las personas con discapacidades, y el modelo médico de discapacidad, que se centra en las limitaciones físicas o mentales del individuo. Además, estos estudios también utilizan modelos basados en la experiencia del usuario para evaluar la usabilidad y accesibilidad de dispositivos y servicios tecnológicos.

Estos modelos y procedimientos serán muy importantes para los fines de esta investigación, ya que podrán ser usados, o, al menos, proporcionar una guía para el desarrollo de un método de evaluación de la accesibilidad en los sistemas operativos. Dicho método se desarrollará más adelante, mientras tanto, sigamos con el último punto relevante en los AS.

2.3.3 La investigación en accesibilidad en distintos campos

La investigación en accesibilidad se puede aplicar en diferentes campos, como la tecnología, la educación y la cultura, para mejorar la accesibilidad y garantizar que todas las personas tengan igualdad de acceso. En el campo de la tecnología, por ejemplo, los estudios de accesibilidad pueden ayudar a desarrollar dispositivos y servicios tecnológicos que sean más accesibles para las personas con discapacidades. En el campo de la educación, pueden ayudar a desarrollar métodos y prácticas pedagógicas que sean más inclusivas y accesibles para todos los estudiantes. En el campo de la cultura, pueden ayudar a garantizar que las personas con discapacidades tengan igualdad de acceso a eventos culturales y actividades recreativas.

Este estudio previo es de vital importancia, debido a que proporciona el contexto de los estudios de accesibilidad (AS), metodologías utilizadas en este tipo de área de investigación, así como posibles aplicaciones en diferentes ámbitos. Si el lector está interesado en una lectura a más profundidad de este tema, puede hacerlo en [The nature of accessibility studies | Journal of Audiovisual Translation \(esist.org\)](#)

2.4 Accesibilidad en los sistemas operativos

El estudio siguiente, llamado “How does accessibility differ across operating systems?” publicado por la Universidad De Washington, proporciona información importante para seguir conociendo el estado actual del tema de investigación. En particular, este artículo habla sobre las diferencias más notables entre los sistemas operativos de escritorio más populares en el mercado (el documento hace más énfasis en Windows), así como las barreras que las personas con discapacidad han enfrentado en su uso. A continuación, se presenta una síntesis con los puntos más importantes de dicho escrito.

Los primeros sistemas operativos presentaban pocas barreras de accesibilidad para los usuarios de tecnologías de asistencia porque estaban basados en texto. Sin embargo, a medida que los sistemas operativos se orientaron cada vez más a las interfaces gráficas, aumentaron las barreras de accesibilidad para las personas que no podían ver dichas interfaces, o ser capaces de usar un mouse. Esto tuvo como consecuencia una disparidad significativa en la accesibilidad de las API (interfaz de programación de aplicaciones) de los sistemas operativos.

Microsoft abordó muchos de los problemas de accesibilidad bastante pronto y proporcionó a los desarrolladores las herramientas para construir aplicaciones accesibles. Debido a estas herramientas, la mayoría de las aplicaciones en Windows son completamente operables a través del teclado (es decir, no se requiere un mouse). Otros sistemas operativos gráficos no habían logrado ofrecer una accesibilidad comparable, particularmente para usuarios con discapacidades visuales agudas, o leves.

Microsoft también desarrolló un estándar por el cual las aplicaciones podrían comunicarse eficazmente con las tecnologías de asistencia. Este estándar, denominado Microsoft Active Accessibility (MSAA), ha estado disponible desde Windows 95. Estos primeros esfuerzos para apoyar la accesibilidad, combinados con el dominio del mercado de Windows que tuvo en su momento, llevaron a un número desproporcionado de tecnologías de asistencia que se desarrollaron para Windows.

El sistema operativo de Windows, provee sus propias tecnologías de asistencia, como lo puede ser Narrador (su lector de pantalla), así como funciones de magnificadores, alto contraste, etc. Si bien Microsoft hizo grandes avances en este ámbito, las demás empresas no se quedaron atrás en el desarrollo de la accesibilidad para sus sistemas operativos. Apple, con la presentación de Mac OS X, refinó estas características de accesibilidad, agregando control del sistema por medio de la voz, y, también presentaron VoiceOver (el lector de pantalla de Apple).

Las características de accesibilidad fueron apareciendo de manera progresiva en los sistemas operativos, cumpliendo así con el concepto de accesibilidad, y mientras el tiempo avanza, nuevas necesidades de accesibilidad seguirán surgiendo, teniendo que ser satisfechas por los desarrolladores de dichos sistemas, así que aún falta un gran camino por recorrer en este campo de investigación.

2.5 Guías de Accesibilidad de aplicaciones móviles

El artículo "Estudio de las guías de accesibilidad de las aplicaciones móviles" publicado por (Marte Ballantyne, Archit Jha, Anna Jacobsen, J. Scott Hawker, Yasmine N. El-Glaly. 2018) es un estudio que se enfoca en la evaluación de la accesibilidad en la industria de las aplicaciones móviles. La accesibilidad es un tema crítico en el diseño y desarrollo de aplicaciones móviles, ya que los usuarios con discapacidades pueden enfrentar barreras significativas para acceder a estas aplicaciones. Por lo tanto, es importante que los diseñadores y desarrolladores consideren la accesibilidad desde el principio del proceso de desarrollo para garantizar que sus aplicaciones sean utilizables por todos los usuarios. Este estudio es de gran importancia para la contextualización de esta investigación, ya que trata las pautas de accesibilidad en las aplicaciones móviles. Si bien el objetivo de este artículo no es directamente la evaluación de la accesibilidad en los sistemas operativos, como es el enfoque de esta investigación, servirá como estudio base para comprender el estado del arte en el tema de investigación. A continuación, se provee un análisis de los puntos clave presentados en este artículo.

2.5.1 Aplicaciones móviles accesibles para todos los usuarios (incluidos aquellos con Discapacidades)

Los desarrolladores pueden asegurarse de que sus aplicaciones móviles sean accesibles para todos los usuarios, incluidos aquellos con discapacidades, siguiendo las pautas de accesibilidad establecidas. Estas pautas incluyen consideraciones como proporcionar texto alternativo para imágenes, garantizar un contraste de color suficiente, utilizar un lenguaje claro y sencillo y diseñar para la compatibilidad con tecnologías de asistencia como, por ejemplo, lectores de pantalla. También, deben involucrar a usuarios con discapacidades en el proceso de diseño y prueba para garantizar que la aplicación sea verdaderamente accesible y satisfaga sus necesidades. Esto puede implicar realizar pruebas con usuarios que tienen una variedad de discapacidades, incluyendo discapacidades visuales, auditivas y motoras. Además de seguir las pautas de accesibilidad e involucrar a los usuarios con discapacidades en el proceso de diseño, los desarrolladores también deben priorizar la accesibilidad como un aspecto clave de su proceso de desarrollo. Esto quiere decir que deben asignar recursos y tiempo para garantizar que la

accesibilidad se integre en cada etapa del desarrollo, desde el diseño, las pruebas, hasta el lanzamiento del producto. Por último, los desarrolladores deben mantenerse actualizados sobre los últimos avances en accesibilidad móvil y continuar educándose sobre las mejores prácticas para diseñar aplicaciones accesibles. Esto puede implicar asistir a conferencias o talleres centrados en la accesibilidad móvil o buscar recursos en línea de organizaciones como el World Wide Web Consortium (W3C) o el Grupo de Trabajo sobre Pautas de Accesibilidad.

2.5.2 Mejores prácticas que los autores recomiendan para la accesibilidad de las aplicaciones móviles

Los autores de este artículo recomiendan pautas y mejores prácticas específicas para la accesibilidad de las aplicaciones móviles. Estos incluyen:

1. Asegurar un contraste de color suficiente entre el texto y el fondo para que sea más fácil para los usuarios con discapacidades visuales leer.
2. Utilizar un lenguaje claro y sencillo para hacer que el contenido sea más accesible a los usuarios con discapacidades cognitivas o de aprendizaje.
3. Diseñar para la compatibilidad con tecnologías de asistencia como lectores de pantalla, que pueden ayudar a los usuarios con discapacidades visuales a navegar por la aplicación.
4. Proporcionar subtítulos o transcripciones para contenido de audio y video para hacerlo accesible a los usuarios con discapacidades auditivas.
5. Diseñar objetivos táctiles lo suficientemente grandes y espaciados como para ser fácilmente tocados por usuarios con discapacidades motoras.
6. Asegurarse de que la aplicación sea navegable utilizando controles solo con teclado, lo que puede ser útil para usuarios que no pueden usar una pantalla táctil o un mouse.

Como puede observarse, los autores de este estudio proporcionan recomendaciones a grandes rasgos de los puntos enfocados a la accesibilidad que los desarrolladores deberían tener en consideración en todo el flujo de trabajo en la construcción de un producto de software. La integración de las personas con discapacidad a este flujo de trabajo es crucial, ya que garantiza que las necesidades especiales que pueda tener cada una de ellas, sea cubierta, o, al menos, se pueda cubrir la mayoría de ellas. De esta manera, la aplicación sería totalmente accesible tanto

para las personas con alguna de las discapacidades mencionadas anteriormente, como para aquellas que no tienen ninguna discapacidad. Nuevamente, se le invita al lector a leer este estudio a profundidad, si es de su interés. Puede hacerlo en *Study of Accessibility Guidelines of Mobile Applications | Proceedings of the 17th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia* (acm.org)

2.6 Accesibilidad digital: Retos y oportunidades

Finalmente, se hará referencia a un antecedente que analiza las barreras existentes en la accesibilidad digital, así como los retos que estas implican, pero, además, considera las oportunidades que se hacen presentes en esta situación, y proporciona una serie de buenas prácticas para mejorar la accesibilidad digital. Dicho antecedente, “Digital accessibility: Challenges and opportunities”, publicado por (Elsevier Ltd on behalf of Indian Institute of Management Bangalore. 2019). A continuación, se presenta un análisis de los puntos más importantes de dicho artículo.

2.6.1 Normas y directrices de accesibilidad

El World Wide Web Consortium (W3C) emite directrices conocidas como las Pautas de Accesibilidad al Contenido Web (WCAG) para acceder al contenido web. La última versión publicada en 2008 sigue siendo el estándar de accesibilidad preferido en muchos países. Además, las Pautas de Accesibilidad de la Herramienta de Creación (ATAG) proporcionan recomendaciones para la creación de herramientas de creación accesibles y las Pautas de Accesibilidad del Agente de Usuario (UAAG) son pautas para evaluar la accesibilidad de las tecnologías de agente de usuario. El cumplimiento de las WCAG se divide en tres niveles progresivos: A, AA y AAA.

Cabe destacar que cumplir con las pautas de accesibilidad al contenido digital es esencial para garantizar que el contenido esté disponible para todas las personas, incluyendo aquellas con discapacidades. La falta de accesibilidad puede excluir a ciertos grupos de personas del acceso al contenido en línea, lo que limita su capacidad para participar plenamente en la sociedad. Además, la accesibilidad no es solo una cuestión legal o ética, sino también una buena práctica empresarial.

Al hacer que el contenido sea más accesible, las empresas pueden llegar a una audiencia más amplia y mejorar la experiencia del usuario para todos.

Aunque la tecnología y los documentos técnicos y las normas pueden crear espacios accesibles, también importa el contexto histórico, social y regulatorio dentro del cual operan las tecnologías, lo cual puede plantear barreras o permitir la accesibilidad. Las barreras pueden ser superadas mediante el cumplimiento de las Pautas de Accesibilidad al Contenido Web y la comprensión de los puntos de control para medir los estándares de accesibilidad. Las directrices pueden ser utilizadas por los desarrolladores de herramientas, así como por los responsables políticos y los responsables de la toma de decisiones de adquisiciones para mejorar la accesibilidad de todo el contenido.

2.6.2 Barreras para la accesibilidad

El artículo menciona dos ámbitos principales donde los desafíos que enfrenta la accesibilidad digital se hacen presentes. Estos son el contexto institucional, y el tecnológico. Por parte de las barreras presentes en el contexto institucional, se han dado pasos positivos en la Convención de las Naciones Unidas sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad (CDPD) para proporcionar acceso a la información y tecnología a personas con discapacidad, la aplicación ha tenido éxito desigual debido a la falta de reconocimiento y de normas regionales. Las organizaciones pueden tener objetivos de accesibilidad, pero la percepción de menor rentabilidad y la falta de directrices claras pueden frenar los esfuerzos generales. Además, los actores institucionales pueden no comprender el trabajo, las necesidades o las limitaciones de otros, lo que obstaculiza los resultados finales.

Por otro lado, el contexto tecnológico también presenta desafíos a la accesibilidad digital. Aunque existen soluciones de accesibilidad para las discapacidades perceptivas y físicas, como lectores de pantalla y subtítulos de video, se han demostrado difíciles de abordar las discapacidades cognitivas. Además, el ritmo acelerado de la innovación tecnológica puede significar que las soluciones de accesibilidad no se implementen adecuadamente antes de quedar obsoletas.

Así que la falta de armonización entre los diferentes actores institucionales, la falta de regulaciones claras, la percepción de menor rentabilidad y la falta de soluciones tecnológicas

adecuadas son algunos de los desafíos que enfrenta la accesibilidad digital. Estos desafíos deben abordarse de manera conjunta y estratégica para garantizar que la accesibilidad digital sea una realidad para todas las personas.

2.6.3 Oportunidades

La accesibilidad puede generar oportunidades para la inclusión y la productividad en diversos contextos de la vida, como la educación, el empleo y la participación política. También puede permitir que las personas con discapacidad o necesidades especiales accedan a productos, servicios y entornos tecnológicos de manera más fácil y eficiente. Además, puede mejorar la percepción, comprensión, navegación y contribuciones a la web para las personas con discapacidad o para aquellos cuyas capacidades pueden cambiar dado el proceso de envejecimiento corporal. También, puede generar nuevas áreas de investigación, e innovación en diferentes áreas, contribuyendo así a mejorar la calidad de vida de las personas en general, y no solo de aquellas con alguna discapacidad. El artículo en cuestión se puede leer más detalladamente en www.bdigital.ula.ve Digital accessibility: Challenges and opportunities - ScienceDirect

Como se pudo observar a lo largo de esta sub sección, se han realizado estudios recientes relacionados al tema de investigación que se trata en el presente trabajo. Desde la necesidad de una nueva rama de investigación como lo es los estudios de accesibilidad (AS) y su impacto en la tecnología, comparaciones de las características de accesibilidad en los sistemas operativos más populares, pasando por evaluación de la accesibilidad en el ecosistema de las aplicaciones móviles basado en ciertos parámetros, hasta concluir con las barreras presentes en ciertos ámbitos, y las oportunidades que la accesibilidad puede representar.

En base a esto, se identificó una brecha en los estudios presentados, que consiste en que no han existido investigaciones recientes para evaluar la accesibilidad de los sistemas operativos en sí mismos. Por esta razón, y las presentadas en la sección de la justificación del capítulo anterior, se decidió abordar el tema de investigación de la evaluación de la accesibilidad en los sistemas operativos para las personas con discapacidad visual.

Capítulo 3

Metodología

Este capítulo se enfoca en proporcionar una guía clara y sistemática para la recopilación de datos y el análisis de los mismos, se describirán los métodos y técnicas que se utilizarán para evaluar la accesibilidad de los sistemas operativos para personas con discapacidad visual, así como las herramientas y materiales que se necesitaron (si es el caso), para llevar a cabo el estudio. Además, se detallará el diseño de la investigación, el enfoque metodológico y los procedimientos que se seguirán para lograr una correcta recopilación de datos, así como su análisis. Todo esto permitirá obtener resultados precisos y confiables que contribuirán a mejorar la accesibilidad en los sistemas operativos para personas con discapacidad visual.

3.1 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación se estructuró siguiendo los objetivos específicos planteados en el capítulo 1. Primero, se hizo un estudio de las barreras para las personas con discapacidad visual presentes en los sistemas operativos de estudio. Esto incluye que tan accesible es el sistema operativo por sí mismo, es decir, sin ningún software de accesibilidad adicional. A continuación, se llevó a cabo una revisión rigurosa de la bibliografía referente a los estándares de accesibilidad actuales en el ámbito digital. Esto con el fin de identificar lo que las organizaciones, o autores especializados en la accesibilidad sugieren para mejorar, o garantizar la accesibilidad para las personas con discapacidad visual.

Luego, en base a los resultados obtenidos en la búsqueda de los estándares de accesibilidad, se intentó desarrollar un método de evaluación de la accesibilidad en los sistemas operativos que sea sencillo, y entendible basado en las pautas identificadas. Una vez completado el desarrollo de este método de evaluación, el siguiente paso en la investigación fue poner a prueba diferentes sistemas operativos, y evaluarlos bajo los criterios desarrollados en el método de evaluación, por

medio de una recolección de datos haciendo uso de encuestas a la población de estudio, y antes de pasar al análisis de los resultados de dicha encuesta, el investigador hizo una apreciación general de los sistemas operativos que usa, los cuales son Windows, y la distribución de Linux (Ubuntu) aplicando igualmente los criterios de evaluación mencionados anteriormente. Por último, se hará un análisis de los resultados recopilados, y, si es posible, sugerencias para mejorar la accesibilidad en los sistemas operativos evaluados.

3.2 Tipo de investigación

Debido al carácter de los objetivos específicos, se hizo elección de un tipo de investigación documental, ya que se hizo revisión rigurosa de los documentos existentes en el ámbito de los estándares de la accesibilidad, además, se hizo un análisis hermenéutico, debido a que se analizó rigurosamente los conceptos, directrices, y pautas que presenten los autores u organizaciones en estos documentos con respecto a este tema. El análisis, en particular, es de vital importancia ya que a partir de la información recopilada, y el total entendimiento de esta, se diseñó el método de evaluación.

3.3 Tipo de Metodología que se aplicó

Para los fines de esta investigación, se usó una metodología mixta, que permita combinar métodos cuantitativos y cualitativos. La elección de una metodología mixta para la presente investigación se justifica debido a que se pretende obtener una visión integral del problema en estudio. La combinación de técnicas cuantitativas y cualitativas permitirá una comprensión más profunda y completa de los factores que influyen en la accesibilidad de los sistemas operativos para personas con discapacidad visual.

Además, la metodología mixta permite la triangulación de datos, lo que aumenta la validez y fiabilidad de los resultados obtenidos. Al combinar técnicas cuantitativas y cualitativas, se pueden comparar y contrastar los hallazgos, lo que permite una comprensión más profunda y detallada del fenómeno en estudio. Otro aspecto a destacar es que la metodología mixta permite abordar tanto la dimensión cuantitativa como la cualitativa del fenómeno en estudio. La dimensión cuantitativa se enfoca en la medición de variables cuantificables, mientras que la dimensión

cualitativa se enfoca en la interpretación y comprensión de los datos en su contexto. Por lo tanto, la combinación de ambas dimensiones permitirá obtener una perspectiva más completa y detallada del fenómeno en estudio.

Finalmente, la elección de una metodología mixta también se justifica debido a que se pretende obtener una perspectiva de los usuarios de los sistemas operativos, lo que implica la necesidad de recopilar tanto datos objetivos como subjetivos. La metodología mixta permite obtener información tanto a través de cuestionarios y mediciones objetivas, como de entrevistas y grupos focales para conocer las percepciones y experiencias de los participantes.

3.4 Sistemas operativos estudiados por el investigador

Para los fines de la evaluación de la accesibilidad en los sistemas operativos para personas con discapacidad visual, los sistemas operativos de estudio fueron:

1. **Windows:** El sistema operativo más utilizado a nivel mundial, es importante analizar su nivel de accesibilidad para personas con discapacidad visual. Cuenta con una amplia variedad de herramientas de accesibilidad relevantes para la investigación.
2. **Linux (Ubuntu):** Este sistema operativo es conocido por su personalización y flexibilidad, lo que permite a los usuarios adaptarlo a sus necesidades.

La elección de estos sistemas operativos se justifica por su relevancia en el mercado y su uso en diferentes contextos. Al comparar diferentes sistemas operativos, se podrán identificar las fortalezas y debilidades de cada uno en cuanto a accesibilidad para personas con discapacidad visual.

Nota: A pesar de que se tiene interés en comparar los sistemas operativos más populares en el mercado en términos de accesibilidad para personas con discapacidad visual, debido a limitaciones de recursos en la investigación, no será posible incluir el sistema operativo de Apple (MacOS) en el análisis. Aunque reconocemos la importancia de incluir este sistema operativo en la investigación, y se espera que los resultados del estudio puedan proporcionar información útil y valiosa para mejorar la accesibilidad de los sistemas operativos mencionados arriba, y que contribuya al avance de la inclusión y accesibilidad de tecnologías para personas con discapacidad visual.

3.5 Técnicas de recolección de datos

En primer lugar, se utilizó una encuesta para recopilar datos cuantitativos sobre la accesibilidad de los sistemas operativos basados en los criterios desarrollados en el objetivo número tres. Esto permitió recopilar información sobre la facilidad de uso de los sistemas operativos para las personas con discapacidad visual, identificar las barreras existentes y evaluar la satisfacción del usuario.

En segundo lugar, se realizaron entrevistas a profundidad con personas con discapacidad visual para recopilar datos cualitativos sobre su experiencia en el uso de los sistemas operativos. Esto permitirá comprender mejor sus necesidades, identificar barreras específicas y explorar posibles soluciones para mejorar la accesibilidad. La combinación de métodos cuantitativos y cualitativos permitió obtener una imagen completa y detallada de la accesibilidad de los sistemas operativos para las personas con discapacidad visual.

3.6 Población y muestra

La muestra consistió en un grupo de 10 personas con discapacidad visual para las entrevistas, y un grupo de 38 personas para la encuesta. En particular, aquellas que usan los sistemas operativos de estudio en sus actividades cotidianas en el ámbito digital, además de la propia percepción del investigador quien presenta baja visión. Se realizaron encuestas, entrevistas, y otras técnicas de recopilación de datos.

3.7 Análisis de los datos

Debido a que esta investigación combina datos cuantitativos y cualitativos, se utilizó la técnica cualitativa de análisis de contenido. Esta técnica permite la identificación y el análisis de patrones y temas comunes en los datos cualitativos, mientras que también permite el análisis de frecuencias y distribuciones en los datos cuantitativos.

La elección de esta técnica de análisis se basa en que el análisis de contenido es una técnica sistemática y rigurosa que permite una comprensión profunda y detallada de los datos, lo que es particularmente importante para evaluar la accesibilidad en los sistemas operativos para personas con discapacidad visual. El análisis de contenido es una técnica flexible que se puede adaptar a diferentes tipos de datos, lo que es importante en una investigación que combina diferentes tipos de datos. Por último, esta técnica también permite la triangulación de los datos, lo que aumenta la validez y la confiabilidad de los resultados de la investigación.

3.8 Consideraciones éticas

Es importante tener en cuenta ciertas consideraciones legales al momento de la recopilación de datos en esta investigación. En primer lugar, es necesario obtener el consentimiento informado de los participantes antes de recopilar cualquier información. Este consentimiento debe ser libre, informado y explícito, y los participantes deben estar plenamente informados sobre el propósito de la investigación, los procedimientos, los posibles riesgos y beneficios, y el uso que se dará a la información recopilada. Además, es fundamental respetar la privacidad y confidencialidad de los participantes. Los datos recopilados deben ser tratados con la máxima confidencialidad y solo deben ser utilizados para los fines específicos de la investigación.

3.9 Resumen de la metodología

La elección de una metodología mixta para este estudio permitió obtener un mayor entendimiento de la accesibilidad de los sistemas operativos para las personas con discapacidad visual, ya que combinó la obtención de datos cuantitativos y cualitativos. La utilización de técnicas de muestreo adecuadas permitió obtener una muestra representativa de la población en estudio, lo cual garantiza la validez y confiabilidad de los resultados obtenidos. Así mismo, la utilización de una técnica de análisis adecuada permitió realizar una interpretación rigurosa de los datos obtenidos.

Es importante resaltar que se debe considerar la normativa y regulaciones establecidas por las instituciones pertinentes en cuanto a los aspectos éticos y legales de la investigación, especialmente en lo que respecta a la protección de datos personales. Además, es fundamental

tener en cuenta las limitaciones y restricciones que puedan surgir durante la investigación, como es el caso de la imposibilidad de incluir todos los sistemas operativos existentes. En este sentido, se debe tener presente que las conclusiones obtenidas estarán limitadas a los sistemas operativos que fueron seleccionados para la investigación y no podrán generalizarse a otros sistemas operativos que no hayan sido incluidos.

www.bdigital.ula.ve

Capítulo 4

Análisis y Resultados

Este capítulo presenta los resultados de una investigación que se centró en evaluar y mejorar la accesibilidad en los sistemas operativos para personas con discapacidad visual. El objetivo fue explorar cómo los sistemas operativos actuales abordan las necesidades de este grupo de usuarios. Para llevar a cabo esta investigación, se diseñó una metodología exhaustiva que incluyó la evaluación de los sistemas operativos mencionados anteriormente, considerando sus características de accesibilidad, usabilidad y compatibilidad con tecnologías de asistencia. Se aplicaron pruebas con usuarios con discapacidad visual, quienes proporcionaron valiosas perspectivas y comentarios sobre su experiencia con dichos sistemas. Además, se analizó la literatura existente en el campo de la accesibilidad y se revisaron las recomendaciones y estándares internacionales relacionados. Los resultados de esta investigación representan un paso significativo hacia la creación de sistemas operativos más inclusivos, abriendo nuevas oportunidades para la participación activa de las personas con discapacidad visual en el mundo digital.

4.1 Identificación de las barreras de accesibilidad presentes en los sistemas operativos

Esta investigación dio inicio con la exploración de las posibles barreras que una persona con discapacidad visual puede encontrarse al interactuar con estos sistemas. Este paso es muy importante, ya que define qué tan independiente puede ser alguien con esta discapacidad para usar el computador de forma básica, estos resultados están divididos tanto para Windows, como para Linux.

4.1.1 Apreciaciones del investigador

4.1.1.1 Apreciación sobre Windows

El sistema operativo Windows es accesible en casi todos sus aspectos, cosa que especificaré mejor en la sección 4.4.1, así como su evaluación. Esta sección se enfocará en detallar las barreras o aquellas situaciones que pueden limitar el buen desenvolvimiento e independencia de un usuario con discapacidad visual que existen en este sistema, y entre ellas las aplicaciones que no son accesibles, o lo son muy poco. Es decir, al momento de ubicar la herramienta de asistencia que se está usando (lector de pantalla por lo general), esta deja de funcionar, deteniendo aparentemente la voz computarizada. Esto ocurre por falta de etiquetado de la interfaz gráfica de la aplicación en cuestión, o falta de compatibilidad entre la tecnología de asistencia y la tecnología usada para construir dicha interfaz, sucede que al ubicarse en ella, no funciona correctamente, causando que el usuario no pueda interactuar con ella.

Si bien la mayoría de estas aplicaciones no son directamente desarrolladas por Microsoft, sí forman parte de su ecosistema, y por lo tanto fueron tomadas en cuenta, ya que por lo general los usuarios instalan aplicaciones de terceros. Es difícil dar resultados precisos de las aplicaciones que no son accesibles, ya que esto va a depender de cada usuario, y sus necesidades. Pero por lo general, estas aplicaciones suelen ser muy específicas, y para un usuario normal no debería haber muchos inconvenientes en el uso de Windows.

Otra de las barreras que encontré fue la interacción con imágenes y videos. Si bien aplicaciones como Power Point, el visor de imágenes o video son accesibles, es decir, se puede reproducir video y mostrar fotos en ellos, no es posible saber qué se muestra en la imagen o video. Hay que hacer uso de herramientas adicionales como aplicaciones de OCR (en los casos de reconocer textos), o inteligencias artificiales para reconocer otros tipos de imágenes. Por parte de los videos, se deberá hacer lo mismo que en el caso de las imágenes, usar inteligencias artificiales, o recurrir a ayuda visual.

Como mencioné en el párrafo anterior quisiera ejemplificar una barrera que se me presentó haciendo este trabajo justamente usando la herramienta Power Point. Antes de entregar la versión final de este proyecto de grado, debía hacer una presentación de avances a los jurados que me asignó la facultad. Esta reunión tenía el objetivo de que los jurados pudieran evaluar mi

avance en el trabajo, y darme sus orientaciones y opiniones al respecto. Para ello lo común es hacer diapositivas, para mostrar visualmente la información recopilada, objetivos, metodologías, etc. Esta forma de mostrar la información, evidentemente para mí, que soy una persona con discapacidad visual, no es útil.

Sin embargo, los jurados que me asignaron son videntes (personas sin ninguna discapacidad visual), por lo que intenté hacer diapositivas para complementar mi discurso frente a ellos, cosa que se me hizo imposible. Actualmente Windows no provee una manera sencilla a las personas con discapacidad visual, por lo menos en su sistema de presentaciones (Power Point) de crear este tipo de contenido de manera básica. A pesar de no pretender un diseño muy elaborado, sino básico, para hacerme entender frente a mi panel de jurados. Para lograrlo tuve que buscar ayuda visual de compañeros para que me ayudaran a crear este contenido. Cabe resaltar que antes de pedir ayuda, agoté todas las posibilidades que conozco, lo que me lleva al siguiente punto.

Otra barrera de la que se habla poco, y en la que se debería hacer énfasis para superar, es la falta de información, y formación con respecto al uso de tecnologías de asistencia. En mi experiencia usando la tecnología de asistencia integrada en este sistema operativo (Narrador), eché en falta más documentación, cursos, o instrucciones de cómo sacarle el máximo potencial a esta herramienta. Si bien actualmente existen recursos en línea sobre esta herramienta, la información debería ser más fácil de acceder por medio del mismo sistema operativo. Aunque a esta herramienta le hacen falta varias mejoras de comodidad y usabilidad, la falta de información puede llevar a que se use menos.

Además, esta barrera puede influir negativamente en la experiencia de los usuarios. En mi caso, no uso el narrador, sino una herramienta de terceros (NVDA), debido a que la herramienta integrada no cumple con mis necesidades. En el uso de NVDA junto a mi sistema operativo, hubo barreras que no podía superar de manera convencional con este lector, sin embargo, al investigar más a profundidad esta herramienta, pude descubrir cómo usar modos adicionales, o atajos de teclado que me proporcionaron mucha más versatilidad e independencia. Lo que pone de manifiesto que la falta de información y formación no está presente únicamente en el Narrador. Un usuario común que desconozca todas las capacidades de la herramienta que usa, puede experimentar barreras que en realidad no están presentes, pero por la falta de información, no sabe superarlas.

4.1.1.2 Apreciación sobre Linux (Ubuntu)

Hay que hacer énfasis en que hay ciertas secciones de algunas aplicaciones o funcionalidades que no son accesibles, y me pareció que el número de éstas es más elevado que en Windows. Por ejemplo, con uno de los navegadores más populares, Google Chrome, al momento de adjuntar algún archivo, para un correo electrónico, o actividades similares, al momento de mostrarse la ventana para elegir los archivos, no es totalmente accesible, y no se entiende bien que se puede estar seleccionando. Esto, por dar un ejemplo sencillo. Otro ejemplo muy común, es seleccionar texto. En este navegador (por lo menos en la distribución de Ubuntu), no se puede seleccionar texto haciendo uso del teclado, lo que me generó bastante incomodidad al usar este navegador con la herramienta de asistencia de este sistema operativo (Orca). Caso contrario a lo que ocurre con Firefox, en el que sí se puede hacer esto, pero surge la barrera que debes estar restringido a un único navegador en este sistema. En mi caso, como uso como sistema principal Windows, y tengo configurado mi navegador (Chrome) fue difícil adecuarlo a mi forma de uso. Cosas tan cotidianas, y que no deberían complicarse, resultaron difíciles, o imposibles (adjuntar archivos al correo electrónico), teniendo que requerir ayuda visual, reduciendo el nivel de independencia. Como la distribución de Ubuntu es de código abierto, y sus aplicaciones son desarrolladas por la comunidad, sin embargo no siempre están enfocadas a la accesibilidad, es decir, que los desarrolladores de algunas aplicaciones, por inexperiencia, incompatibilidades con las tecnologías de asistencia por parte de las interfaces gráficas, errores de terceros en el uso de ciertos frameworks, entre otras posibilidades, pueden dejar de lado los aspectos de accesibilidad, En este sistema operativo existe un porcentaje de aplicaciones que podrían ser inaccesibles, y probablemente mayor que el de Windows, incluso en el sistema operativo en sí mismo (apartados de la aplicación de configuración, tienda de aplicaciones, lector de PDF integrado, entre otras). Esta es mi percepción general.

Con respecto al uso del computador por medio del teclado, es ligeramente diferente a Windows, pero es cuestión de que el usuario se acostumbre a investigar atajos de teclado útiles para la distribución específica que se está usando.

Por último, quiero mencionar dos aspectos que considero muy importantes, y que, lamentablemente afectan este sistema operativo. Estos son: la curva pronunciada de aprendizaje, y la incomodidad en la voz del lector de pantalla integrado. En el primer aspecto, me refiero a

que en este sistema no es tan intuitivo ejecutar las acciones. Si bien la facilidad de uso ha mejorado con respecto a versiones anteriores en algunas distribuciones, aún hay aplicaciones que son difíciles de instalar, o acciones que son difíciles de ejecutar. Hay ocasiones en que se deben instalar aplicaciones únicamente por línea de comandos (terminal), y esto no es un conocimiento que un usuario común pueda tener en primera instancia.

No todas las aplicaciones más populares están disponibles para los sistemas operativos basados en Linux, por lo que amerita buscar alternativas accesibles para las personas con discapacidad visual, lo que eleva la dificultad de uso. Como estudiante de ingeniería de sistemas, y ya teniendo varios años usando herramientas como la terminal, y sistemas basados en Linux, no me supuso mucho problema instalar, o ejecutar las acciones haciendo uso de esta herramienta, pero es posible que un usuario común llegue a frustrarse y abandonar el sistema operativo.

Por otra parte las síntesis de voz que incluye son muy robóticas, y no son agradables al oído al primer contacto. Si bien un usuario que no haya escuchado otras voces computarizadas anteriormente, podría acostumbrarse a la larga a este tipo de sintetizadores, convendría mejorar en términos de comodidad auditiva.

Este aspecto del lector de pantalla relacionado a los sintetizadores de voz (comodidad auditiva), es de vital importancia, ya que es nuestra herramienta principal para usar el computador, y si tenemos una voz que no genera comodidad, puede llevar a una mala experiencia de usuario, causando abandono del sistema.

4.1.2 Percepciones de la población de estudio

Los entrevistados hablaron sobre diferentes barreras que experimentaron, y la mayoría de ellas tienen que ver con contenidos gráficos. Algunos manifestaron que su herramienta de asistencia al ubicarse sobre contenido gráfico, no les verbaliza nada, como si no hubiese nada en esa posición de la página web, o aplicación. Otros manifestaron que cuando se ubican alguna imagen, solo les indica que existe dicho elemento, pero no que puede contener, teniendo que usar herramientas adicionales para intentar conocer su contenido, o buscar ayuda visual.

Un aspecto muy destacable que se mencionó durante el proceso de entrevistas, fue la importancia que tiene la integración de las personas con discapacidad visual desde la concepción de un producto de software. Un número de entrevistados expresaron que las empresas desarrolladoras

de software, independientemente de su contexto, deben integrar a personas con discapacidad visual desde el paso 0 del proceso de creación del producto ya que son los usuarios adecuados para dar orientación a los desarrolladores sobre qué partes de la aplicación no son del todo accesible, presentan fallos, o no se puede acceder usando tecnologías de asistencia.

Manifestaron que la falta de integración de las personas con discapacidad visual a este proceso de diseño y creación, por la carencia de un proceso de pruebas especializado por parte de las personas con discapacidad visual, puede llevar a que el producto en cuestión al momento de su lanzamiento presente barreras de accesibilidad, causando, como se ha dicho ya en este trabajo, un sesgo para los usuarios con cualquier discapacidad, no solo discapacidad visual.

Varios de los entrevistados coincidieron en que hace falta más información sobre la existencia y el uso de las tecnologías de asistencia. Manifestaron que en la internet se encuentran grandes cantidades de información sobre diferentes temas, pero la información sobre accesibilidad para personas con discapacidad visual, es poca comparada con los demás recursos.

Otra de las barreras que manifestaron están relacionadas con el apartado de los video juegos. Algunos de los entrevistados son aficionados a los juegos accesibles, y manifiestan su inconformidad con el estado actual de este campo. Si bien mencionaron que se han hecho avances, por ejemplo, la compañía Sony ha implementado su propio lector de pantalla integrado en sus consolas Play Station, aún falta un gran camino por recorrer para que las personas con discapacidad visual sean capaces de tener una experiencia lúdica adaptada, mencionaron. Además, según los entrevistados que hablaron sobre este tema, los juegos que integran este tipo de accesibilidad son algo “sencillos” en su jugabilidad, historia, y demás apartados. Todos los demás, son totalmente inaccesibles para la mayoría de la población de estudio, debido a que presentan ceguera total, y se pierden del entretenimiento que otros usuarios si pueden disfrutar. Todas las opiniones descritas arriba, están recopiladas en línea, y, si el lector está interesado, puede escuchar cada una de las entrevistas aquí:

<https://drive.google.com/drive/folders/1HsOJOfr5vwAenswWGt47XAl3H5--POef?usp=sharing>

4.2 Analizar las políticas y normativas de accesibilidad que rigen los sistemas operativos

Esta parte de la investigación intentó recopilar información de guías de accesibilidad propuestas por diferentes industrias especializadas, y luego hacer un análisis exhaustivo, e identificar, si es posible, patrones entre ellas. Esto con el fin de plantear bases sólidas en las cuales basar el diseño del método de evaluación de los sistemas operativos, el cual es el objetivo principal de este proyecto.

4.2.1 Pautas de accesibilidad del W3C

Empecemos entonces con las WCAG (Web Accessibility Guidelines). Si bien estos estándares están dirigidos principalmente a la accesibilidad web, también se aplican a los sistemas operativos en la medida en que brindan acceso a contenido en línea. Las Web Content Accessibility Guidelines (WCAG), desarrolladas por el World Wide Web Consortium (W3C), son un conjunto de pautas y recomendaciones fundamentales para lograr la accesibilidad web en todo tipo de sitios y aplicaciones en línea. Estos estándares han sido diseñados con el propósito de garantizar que las personas con diversas discapacidades, incluyendo discapacidades visuales, puedan acceder, navegar y comprender el contenido digital de manera efectiva. WCAG se basa en cuatro principios clave: Perceptible, Operable, Comprensible y Robusto, y cuenta con tres niveles de conformidad (A, AA y AAA) que indican el grado de accesibilidad que se ha alcanzado en un sitio web o aplicación.

En el principio "Perceptible", WCAG se enfoca en proporcionar contenido que sea perceptible para todos los usuarios, incluidos aquellos con discapacidades visuales. Esto implica que se deben ofrecer alternativas textuales para imágenes y multimedia, asegurarse de que el contenido sea distinguible por contraste suficiente y proporcionar texto legible para que los usuarios puedan ampliarlo sin pérdida de información. Además, WCAG también establece directrices para permitir la adaptación del contenido a diferentes modalidades sensoriales, como el uso de audio descripciones y transcripciones para personas ciegas o con discapacidad auditiva.

El principio "Operable" de WCAG se centra en garantizar que todas las funcionalidades de un sitio o aplicación sean accesibles a través de diferentes dispositivos y tecnologías de asistencia. Esto es especialmente relevante para las personas con discapacidad visual, quienes pueden depender de lectores de pantalla, teclados en lugar de ratones y otras ayudas técnicas. Las pautas de este principio abordan aspectos como la navegación clara y consistente, la funcionalidad del teclado, la pausa y desactivación de contenido en movimiento, y la evitación de barreras que puedan dificultar la interacción con el contenido.

El tercer principio, "Comprensible", se enfoca en asegurar que el contenido y la operación del sitio o aplicación sean comprensibles para todos los usuarios, incluidos aquellos con discapacidad visual y otras discapacidades cognitivas. WCAG sugiere técnicas para presentar la información y las instrucciones de manera clara y sencilla, evitar el uso de jerga técnica innecesaria y proporcionar ayudas para la corrección de errores. También aborda la necesidad de establecer un orden lógico de lectura y navegación en el contenido, especialmente para lectores de pantalla y tecnologías de apoyo que dependen de la estructura adecuada del contenido.

El último principio de WCAG, "Robusto", busca garantizar que el contenido sea interpretable por una amplia gama de tecnologías y dispositivos, presentes y futuros. Esto incluye la consideración de la compatibilidad con diferentes navegadores web, lectores de pantalla, software de asistencia y tecnologías emergentes. La robustez del contenido asegura que las personas con discapacidad visual puedan acceder al mismo en diferentes contextos y que el contenido permanezca utilizable a lo largo del tiempo, a medida que cambian las tecnologías y las formas de acceso a la web. La adopción de los estándares de accesibilidad WCAG contribuye significativamente a lograr una experiencia en línea más inclusiva y accesible para todas las personas.

Como se mencionó anteriormente, las Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) son un conjunto de pautas desarrolladas para garantizar que el contenido web sea accesible para todas las personas, incluidas aquellas con discapacidades. Estas pautas se organizan en tres niveles de conformidad: A, AA y AAA, cada uno de los cuales representa un nivel progresivo de accesibilidad y cumple con ciertos criterios específicos:

1. **Nivel A:** El nivel A representa el nivel más básico de conformidad con las WCAG. Cumplir con el nivel A significa que el contenido web es accesible para algunas personas con discapacidad, pero puede que aún haya barreras significativas para otros usuarios con discapacidades. Las pautas de nivel A abordan problemas de accesibilidad más

fundamentales y son esenciales para mejorar la accesibilidad en línea. Es importante comenzar con el nivel A para sentar una base sólida de accesibilidad.

2. **Nivel AA:** El nivel AA representa un nivel intermedio de conformidad y es el nivel más comúnmente buscado para lograr una accesibilidad significativa en el contenido web. Cumplir con el nivel AA significa que el contenido es más accesible para la mayoría de las personas con discapacidades, lo que incluye a usuarios con discapacidad visual, auditiva, cognitiva y motora. Las pautas de nivel AA abordan una amplia gama de problemas de accesibilidad y son cruciales para mejorar la experiencia de usuario para un grupo más amplio de personas.
3. **Nivel AAA:** El nivel AAA representa el nivel más alto de conformidad con las WCAG y aborda un conjunto completo de pautas muy detalladas para mejorar la accesibilidad en línea. Cumplir con el nivel AAA significa que el contenido es accesible para un grupo aún más amplio de personas con discapacidades, incluyendo aquellas con discapacidades más severas o poco comunes. Las pautas de nivel AAA son extremadamente rigurosas y pueden ser difíciles de cumplir en ciertos contextos, pero garantizan una experiencia altamente accesible para un rango excepcionalmente amplio de usuarios.

Es importante destacar que el cumplimiento de un nivel de conformidad específico depende del contexto y la naturaleza del contenido web. Algunos sitios web, especialmente aquellos con contenido más complejo o interacciones avanzadas, pueden encontrar desafíos en lograr el nivel AAA de conformidad. La mayoría de las organizaciones y sitios web buscan alcanzar el nivel AA para garantizar un alto grado de accesibilidad sin comprometer la funcionalidad y la experiencia del usuario.

Una característica destacada de WCAG es su enfoque en el diseño inclusivo desde el inicio del desarrollo web. Estos estándares no solo se aplican a los sitios web públicos, sino también a las aplicaciones y plataformas internas utilizadas por empresas y organizaciones. Al adoptar prácticas de diseño accesible desde el inicio, se puede garantizar que todos los usuarios, incluidas las personas con discapacidad visual, puedan beneficiarse de la tecnología en igualdad de condiciones, sin la necesidad de soluciones de accesibilidad posteriores.

Estos estándares promueven la idea de que los diseñadores y desarrolladores deben tener en cuenta la diversidad de usuarios desde el inicio del proceso de creación. Al hacerlo, se pueden anticipar y abordar posibles barreras de accesibilidad, lo que resulta en una experiencia más

inclusiva para todos los usuarios, incluidos aquellos con discapacidad visual. La colaboración con usuarios reales con discapacidades durante el proceso de diseño es esencial para comprender y abordar las necesidades específicas.

Las GCAC proporcionan documentación muy útil para adecuarse a los niveles de accesibilidad mencionados anteriormente, y facilitar el proceso de desarrollo, y pruebas. A continuación, se dan algunas de las pautas más importantes de estos documentos:

- Alternativas textuales: Proporcionar alternativas textuales para imágenes, videos y otros elementos no textuales para que las personas con discapacidad visual puedan comprender el contenido.
- Subtítulos y descripciones de audio: Proporcionar subtítulos para videos y descripciones de audio para contenido multimedia para que las personas con discapacidad auditiva puedan acceder al contenido.
- Contraste de color adecuado: Garantizar que haya suficiente contraste entre el texto y el fondo para que sea legible para todas las personas, incluyendo aquellas con discapacidad visual o dificultades de lectura.
- Teclado accesible: Garantizar que todas las funciones y acciones del sitio web sean accesibles a través del teclado, para que las personas que no pueden usar un mouse puedan navegar y utilizar el contenido.
- Tiempo suficiente para leer: Asegurarse de que el contenido en movimiento o cambia automáticamente pueda pausarse o ajustarse para que los usuarios tengan suficiente tiempo para leer y comprender el contenido.
- Idioma del contenido: Especificar el idioma del contenido para que los usuarios con discapacidad que utilizan tecnologías de asistencia puedan recibir la información en el idioma adecuado.
- Texto redimensionable : Permitir que el texto se pueda redimensionar sin perder funcionalidad o legibilidad.
- Evitar contenido en formato no accesible: Evitar el uso de contenido que no sea accesible, como documentos PDF no etiquetados o contenido basado en Flash.
- Evitar barreras de navegación: Evitar barreras de navegación, como ventanas emergentes que no se pueden cerrar fácilmente o enlaces que abren nuevas ventanas sin notificación.

- Evitar el uso exclusivo de color para transmitir información: No utilizar solo el color para transmitir información importante, sino combinarlo con otros elementos visuales o texto descriptivo.
- Controles de medios accesibles: Proporcionar controles de medios (como reproductores de video) que sean accesibles y se puedan operar con facilidad.
- Ayudas contextuales: Proporcionar ayudas contextuales y mensajes de error claros para guiar a los usuarios a través del proceso de interacción con el contenido.

Estos son solo algunos elementos de esta lista. Si el lector está interesado en profundizar más en este contenido, puede hacerlo en <https://www.w3.org/TR/2006/WD-WCAG20-20060427/appendixB.html>

Finalmente, WCAG reconoce la naturaleza cambiante de la tecnología y las necesidades de los usuarios. Los estándares se actualizan y evolucionan periódicamente para mantenerse al día con los avances tecnológicos y las mejores prácticas en accesibilidad. Este enfoque dinámico garantiza que WCAG siga siendo relevante y efectivo en un mundo digital en constante cambio, y que continúe promoviendo la inclusión y el acceso igualitario para todas las personas, independientemente de sus capacidades o discapacidades, incluyendo a aquellos con discapacidad visual.

4.2.2 Directrices de accesibilidad de Microsoft

Continuando con las pautas de accesibilidad, revisemos las pautas de accesibilidad que propone Microsoft en sus documentos. Las Microsoft Accessibility Guidelines (Directrices de Accesibilidad de Microsoft) son un conjunto de principios y recomendaciones establecidos por Microsoft para garantizar que sus productos y servicios sean accesibles para todas las personas, incluyendo aquellas con discapacidades visuales. Estas directrices se aplican a una amplia gama

de productos, incluidos los sistemas operativos Windows, las aplicaciones de Microsoft Office, y otras herramientas y servicios ofrecidos por la empresa. El objetivo central de estas pautas es hacer que la tecnología sea inclusiva, para que las personas con discapacidad visual puedan utilizar de manera efectiva y disfrutar de todas las funcionalidades que ofrece el ecosistema de Microsoft. Estas directrices abordan varios aspectos clave de la accesibilidad, incluyendo el diseño de interfaces, la interacción con teclado y otras tecnologías de asistencia, la disponibilidad de opciones de accesibilidad personalizables, y la compatibilidad con tecnologías y dispositivos de asistencia utilizados por personas con discapacidad visual. Estas pautas se basan en estándares internacionales de accesibilidad, como las Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) del World Wide Web Consortium (W3C), que se explicaron arriba, y también incorporan enfoques específicos para maximizar la accesibilidad de los productos de Microsoft.

Microsoft fomenta la incorporación de características de accesibilidad desde el diseño y desarrollo temprano de los productos. Con esto busca garantizar que la accesibilidad sea una parte integral del proceso de creación, en lugar de una consideración tardía. Al incluir la perspectiva de usuarios con discapacidad visual y realizar pruebas de accesibilidad a lo largo del desarrollo, Microsoft intenta identificar y resolver posibles barreras de accesibilidad antes de que los productos sean lanzados al público.

Una característica esencial de las Microsoft Accessibility Guidelines es la atención a las necesidades individuales de los usuarios. La personalización y adaptabilidad son fundamentales para la accesibilidad, y Microsoft promueve la inclusión de opciones de accesibilidad configurables para que los usuarios puedan ajustar la experiencia según sus preferencias y requerimientos específicos. Estas opciones pueden incluir ajustes de contraste, tamaño de texto, esquemas de color, navegación por teclado y otras configuraciones para mejorar la experiencia de los usuarios con discapacidad visual. Cabe destacar que todas estas características mencionadas aquí, están presentes en el sistema operativo (Windows 10, y Windows 11), demostrando así la aplicabilidad de estos principios a sus propios productos.

Entre los documentos de esta especificación también se encuentra una lista para verificar si una aplicación es accesible. Dicha lista se proporciona a continuación:

1. Establezca el nombre accesible (obligatorio) y la descripción (opcional) para el contenido y los elementos interactivos de la interfaz de usuario en su aplicación: Un nombre accesible, es una cadena de texto breve y descriptivo que utiliza un lector de pantalla para anunciar un elemento de la interfaz de usuario. Algunos elementos de la

interfaz de usuario, como TextBlock y TextBox, promocionan su contenido de texto como el nombre accesible predeterminado; consulte Información básica de accesibilidad. Debe establecer el nombre accesible explícitamente para las imágenes u otros controles que no promuevan el contenido de texto interno como un nombre accesible implícito. Debe usar etiquetas para los elementos de formulario para que el texto de la etiqueta se pueda usar como un destino LabeledBy en el modelo de automatización de la interfaz de usuario de Microsoft para correlacionar etiquetas y entradas. Si desea proporcionar más orientación sobre la interfaz de usuario para los usuarios de lo que normalmente se incluye en el nombre accesible, las descripciones accesibles y la información sobre herramientas ayudan a los usuarios a comprender la interfaz de usuario.

2. Implementar la accesibilidad del teclado:

- Probar el orden del índice de tabulación predeterminado para una interfaz de usuario. Ajuste el orden del índice de pestañas si es necesario, lo que puede requerir habilitar o deshabilitar ciertos controles, o cambiar los valores predeterminados de TabIndex en algunos de los elementos de la interfaz de usuario.
- Utilice controles que admitan la navegación con teclas de flecha para elementos compuestos. Para los controles predeterminados, la navegación con teclas de flecha normalmente ya está implementada.
- Utilice controles que admitan la activación del teclado. Para los controles predeterminados, en particular aquellos que admiten el patrón de invocación de automatización de la interfaz de usuario, la activación del teclado suele estar disponible; verifique la documentación para ese control.
- Establecer claves de acceso o implementar teclas aceleradoras para partes específicas de la interfaz de usuario que admitan la interacción.
- Para cualquier control personalizado que use en su interfaz de usuario, verifique que haya implementado estos controles con la compatibilidad correcta de AutomationPeer para la activación y haya definido anulaciones para el manejo de claves según sea necesario para admitir la activación, el cruce y el acceso o las teclas aceleradoras.

3. Asegúrese de que el texto tenga un tamaño legible:
 - Windows incluye varias herramientas y configuraciones de accesibilidad que los usuarios pueden aprovechar y ajustar a sus propias necesidades y preferencias para leer texto. Éstas incluyen:
 - La herramienta Lupa, que amplía un área seleccionada de la interfaz de usuario. Debe asegurarse de que el diseño del texto en su aplicación no dificulte el uso de la Lupa para leer.
 - Configuración global de escala y resolución en Configuración->Sistema->Pantalla->Escala y diseño. Las opciones de tamaño exactas que están disponibles pueden variar, ya que esto depende de las capacidades del dispositivo de visualización.
 - Ajustes de tamaño de texto en Ajustes->Facilidad de acceso->Pantalla. Ajuste la configuración Aumentar el tamaño del texto para especificar solo el tamaño del texto en los controles compatibles en todas las aplicaciones y pantallas (todos los controles de texto de UWP admiten la experiencia de escalado de texto sin personalización ni plantillas).
4. Verifique visualmente su interfaz de usuario para asegurarse de que el contraste del texto sea adecuado, que los elementos se muestren correctamente en los temas de alto contraste y que los colores se usen correctamente.
 - Utilice una herramienta de análisis de color para verificar que la relación de contraste del texto visual sea de al menos 4,5:1.
 - Cambie a un tema de alto contraste y verifique que la interfaz de usuario de su aplicación sea legible y utilizable.
 - Asegúrese de que su interfaz de usuario no use el color como la única forma de transmitir información.
5. Ejecute herramientas de accesibilidad, solucione problemas informados y verifique la experiencia de lectura de pantalla: Use herramientas como Inspect para verificar el acceso programático, ejecute herramientas de diagnóstico como AccChecker para descubrir errores comunes y verifique la experiencia de lectura de pantalla con Narrador.

6. Asegúrese de que la configuración del manifiesto de su aplicación siga las pautas de accesibilidad.
7. Declare su aplicación como accesible en Microsoft Store. Si implementó el soporte de accesibilidad de referencia, declarar su aplicación como accesible en Microsoft Store puede ayudarlo a llegar a más clientes y obtener buenas calificaciones adicionales.

La adopción de estas directrices no solo es beneficiosa para las personas con discapacidad visual, sino que también mejora la experiencia de todos los usuarios. Muchos de los principios de accesibilidad, como el diseño claro y simple, la navegación intuitiva y las opciones de personalización, hacen que la tecnología sea más amigable y fácil de usar para cualquier usuario, independientemente de sus capacidades. De esta manera, Microsoft busca crear productos y servicios más inclusivos que satisfagan las necesidades de una audiencia diversa y promuevan la accesibilidad en la industria tecnológica en su conjunto.

Esta especificación se mantiene en constante actualización para reflejar los avances en tecnología, las mejores prácticas en accesibilidad y las necesidades cambiantes de los usuarios. Microsoft se esfuerza por mejorar continuamente la accesibilidad de sus productos y servicios, escuchando los comentarios de los usuarios y colaborando con la comunidad de accesibilidad para garantizar que sus soluciones sean cada vez más inclusivas. La empresa considera que la accesibilidad es un compromiso constante para mejorar la vida de todas las personas, y sigue trabajando para promover la igualdad de acceso a la tecnología para todos, incluyendo a aquellos con discapacidad visual.

4.2.3 Pautas de accesibilidad de Google

Las Google Accessibility Guidelines (pautas de Accesibilidad de Google) son un conjunto de principios y recomendaciones desarrollados por Google para garantizar que sus productos y servicios sean accesibles para todas las personas, incluyendo aquellas con discapacidades visuales. Estas directrices abarcan una amplia gama de productos de Google, como el sistema operativo Android, aplicaciones móviles y servicios en línea. El enfoque central de estas guías es garantizar

que la tecnología de Google sea inclusiva y que las personas con discapacidad visual puedan acceder y utilizar sus productos de manera efectiva.

Esta especificación se basa en la idea de que la accesibilidad debe ser una parte integral del diseño y desarrollo de productos. Google busca incorporar principios de accesibilidad desde las primeras etapas del proceso de creación, para garantizar que todos sus productos sean inclusivos desde el inicio. Esto implica la colaboración con expertos en accesibilidad y la realización de pruebas con usuarios reales con discapacidades visuales para comprender y abordar sus necesidades específicas.

Una característica destacada de estas pautas es su enfoque en la personalización y adaptabilidad. Google reconoce que las necesidades de accesibilidad varían según cada individuo, por lo que proporciona opciones configurables que permiten a los usuarios ajustar la interfaz de acuerdo con sus preferencias. Estas opciones pueden incluir ajustes de tamaño de texto, contraste, subtítulos, navegación por voz y otras configuraciones que mejoran la experiencia de los usuarios con discapacidad visual.

Las Google Accessibility Guidelines también hacen hincapié en la importancia de la compatibilidad con tecnologías de asistencia. Google se esfuerza por garantizar que sus productos sean accesibles mediante lectores de pantalla, teclados especiales y otras tecnologías utilizadas por personas con discapacidad visual. Esto implica el desarrollo de interfaces que sean amigables para lectores de pantalla, y la adopción de estándares de accesibilidad reconocidos a nivel mundial.

Además, Google proporciona herramientas y recursos para que los desarrolladores de terceros creen aplicaciones y servicios accesibles para la plataforma Android. Las Google Accessibility Guidelines incluyen directrices específicas para desarrolladores, con el objetivo de fomentar la creación de aplicaciones y contenido web que sean inclusivos y accesibles para todas las personas. La empresa busca promover una cultura de accesibilidad en la comunidad de desarrollo y continuar mejorando la accesibilidad de sus productos y servicios para personas con discapacidad visual y otras discapacidades.

Estas directrices también se extienden a los servicios y herramientas en línea que ofrece Google, como Google Workspace. Estas pautas buscan asegurar que los productos de productividad y colaboración, como Google Docs, Sheets y Slides, sean accesibles para personas con discapacidad visual. Google se compromete a brindar una experiencia de usuario coherente y accesible en

todos sus servicios en línea, permitiendo que los usuarios con discapacidad visual puedan crear, editar y compartir contenido de manera efectiva y sin barreras.

Dentro de las Google Accessibility Guidelines, se presta especial atención a la accesibilidad en dispositivos móviles. Dado que Android es el sistema operativo móvil más utilizado en el mundo, Google se esfuerza por garantizar que las personas con discapacidad visual puedan acceder y utilizar sus dispositivos de manera independiente. Esto incluye opciones de accesibilidad integradas en Android que permiten la navegación por voz, aumentar el tamaño del texto y activar funciones de asistencia, como TalkBack, para usuarios con discapacidad visual.

Google también proporciona su propia lista de requisitos que debe cumplir una aplicación para que sea accesible:

1. **Compatibilidad con lectores de pantalla:** Asegurarse de que la aplicación funcione correctamente con lectores de pantalla, como TalkBack, que proporcionan descripciones de audio para usuarios con discapacidad visual.
2. **Tamaño y contraste del texto:** Proporcionar opciones para aumentar el tamaño del texto y asegurarse de que el contraste entre el texto y el fondo sea adecuado para facilitar la lectura.
3. **Navegación por teclado:** Garantizar que la aplicación sea totalmente operable mediante teclado, lo que es especialmente importante para personas con discapacidad visual que pueden depender de teclados en lugar de pantallas táctiles.
4. **Compatibilidad con subtítulos y descripciones de audio:** Asegurarse de que los videos y contenido multimedia incluyan subtítulos y descripciones de audio para usuarios con discapacidad auditiva o visual.
5. **Pruebas con usuarios reales:** Realizar pruebas de accesibilidad con usuarios reales con discapacidades, incluyendo personas con discapacidad visual, para obtener retroalimentación y realizar mejoras.

Esta especificación se encuentra constantemente en revisión para adaptarse a los cambios de los nuevos sistemas y tecnologías, para garantizar que los productos de Google tengan el menor número de barreras de accesibilidad posible.

4.2.4 Directrices de accesibilidad de Apple

Las Apple Accessibility Guidelines (Directrices de Accesibilidad de Apple) son un conjunto de principios y recomendaciones desarrollados por Apple para garantizar que sus productos y servicios sean accesibles para todas las personas, incluyendo aquellas con discapacidades visuales y otras discapacidades. Estas directrices abarcan una amplia gama de productos, como el sistema operativo iOS para dispositivos móviles, macOS para computadoras, y otras aplicaciones y servicios de Apple. El objetivo central de estas pautas es hacer que la tecnología de Apple sea inclusiva, permitiendo que las personas con discapacidad visual puedan acceder y utilizar sus productos de manera efectiva y sin barreras.

Estos principios se basan en un enfoque centrado en el usuario y su experiencia. Apple busca proporcionar una experiencia de usuario coherente y accesible en todos sus productos, y fomenta el diseño inclusivo desde las primeras etapas de desarrollo. Esto incluye la incorporación de opciones de accesibilidad configurables que permiten a los usuarios personalizar la interfaz según sus necesidades específicas, como el tamaño del texto, el contraste y las configuraciones de voz. Como se mencionó antes, Apple considera la accesibilidad como un principio fundamental en el desarrollo de sus productos. Esto significa que la accesibilidad se integra desde las primeras etapas del diseño, en lugar de ser una consideración tardía. Al enfocarse en la accesibilidad desde el principio, Apple busca garantizar que todos sus usuarios, incluidos aquellos con discapacidad visual, puedan disfrutar de una experiencia sin obstáculos.

Una característica clave es la integración de tecnologías de asistencia avanzadas en sus productos. Apple ha desarrollado y mejorado constantemente sus tecnologías de accesibilidad, como VoiceOver, que proporciona una experiencia de lectura de pantalla para personas con discapacidad visual, y Switch Control, que permite a las personas con movilidad limitada controlar sus dispositivos mediante interruptores o movimientos.

Además de las opciones de accesibilidad incorporadas en sus productos, Apple también ofrece herramientas y recursos para que los desarrolladores de terceros creen aplicaciones accesibles para la plataforma iOS y macOS. Las Apple Accessibility Guidelines incluyen documentación detallada y guías de diseño para garantizar que las aplicaciones desarrolladas para dispositivos Apple sean inclusivas y accesibles para todas las personas.

Apple se compromete a mantener sus directrices de accesibilidad actualizadas y en línea con los últimos avances tecnológicos y las mejores prácticas en accesibilidad. La empresa también colabora con organizaciones y expertos en accesibilidad para recibir comentarios y mejorar continuamente la accesibilidad de sus productos y servicios.

4.2.5 Especificación de accesibilidad de Linux

4.2.5.1 Estándares de accesibilidad

Antes de discutir sobre las pautas que se pueden encontrar en Linux, es menester hablar sobre la formación del Grupo de Trabajo de Accesibilidad del Free Standards Group. Este grupo se creó con el objetivo de desarrollar estándares de accesibilidad que permitan el acceso universal a sistemas, aplicaciones y servicios informáticos, incluyendo el sistema operativo Linux. El Free Standards Group, es una organización sin fines de lucro, que promueve el uso de software de código abierto y ha desarrollado proyectos como el Linux Standard Base (LSB) y OpenI18N.

El LSB es un conjunto de protocolos y pruebas para aumentar la compatibilidad binaria entre las distribuciones de Linux y facilitar que las aplicaciones se ejecuten en cualquier sistema Linux certificado. Dentro del LSB, el Grupo de Trabajo de Accesibilidad busca mejorar la accesibilidad de plataformas LSB de código abierto, como Red Hat, Debian y SuSE Linux, y fomentar la interoperabilidad para tecnologías de asistencia.

El plan de trabajo del grupo se extendió por cinco años, abordando áreas clave. En el primer año, se enfocaron en la adopción de AT-SPI de GNOME y AccessX de Xwindows, así como en la creación de un marco de Entrada/Salida para compartir recursos. En el segundo año, el grupo de trabajo abordó la configuración del sistema accesible, y el soporte para ampliación y texto a voz. El primer proyecto diseñó un modo de texto para el arranque de modo que se pueda acceder a todo el proceso de arranque e instalación. El soporte de ampliación creó una interfaz de programa de aplicación de servicio (API) que proporcionará servicios al software de ampliación. Esto tuvo como objetivo eliminar las dependencias de los controladores de dispositivos y aislar las utilidades de los controladores para que el software de ampliación funcione sin problemas con varios tipos de hardware de gráficos.

En el tercer y cuarto año, el grupo de trabajo creó un Estándar de Accesibilidad para Administradores, un Estándar de Instalación para Accesibilidad y un Estándar Integral de Braille. En el quinto año, el proyecto desarrolló un estándar de E/S (Entrada / Salida) basado en voz. Uno de los comités de este grupo es la interfaz de proveedor de servicios de tecnología de asistencia (AT-SPI) se desarrolló para el escritorio GNOME. El AT-SPI está siendo adoptado por los desarrolladores de escritorio KDE. KDE y GNOME son los principales entornos gráficos de escritorio para Linux.

AT-SPI habilita herramientas de tecnología de asistencia, como lectores de pantalla, lupas, para consultar e interactuar con los controles de la interfaz gráfica de usuario (GUI). Facilita el acceso a las personas que no pueden utilizar la interfaz gráfica estándar. AT-SPI permite a los desarrolladores crear aplicaciones accesibles. El AT-SPI permite a los desarrolladores y distribuciones cumplir con los requisitos de accesibilidad de muchos clientes individuales y corporativos.

Otro comité es La E/S compartida del dispositivo (AT Device Shared IO), esto hizo posible que los dispositivos que comúnmente utilizan las personas con discapacidad funcionen sin problemas con varias aplicaciones cliente simultáneamente. En algunas circunstancias, es necesario admitir el acceso simultáneo para diferentes aplicaciones cliente. Por ejemplo, permitir que un sintetizador de voz basado en software hable mientras se reproduce una transmisión multimedia en lugar de poner en cola los mensajes del sintetizador de voz para que se reproduzcan después de que finalice la transmisión. Además, también puede ser necesario poner los mensajes en cola o suprimirlos hasta que una ventana o consola en particular tenga el foco.

El comité apoyará y coordinará el desarrollo de bibliotecas que permitan que las aplicaciones de los clientes compartan estos dispositivos de E/S. El acceso compartido a dispositivos relacionados con la accesibilidad, como pantallas Braille, reduce el costo de propiedad y mejora la experiencia del usuario. Estas bibliotecas deben ofrecer una abstracción genérica de alto nivel del dispositivo subyacente para permitir que las aplicaciones cliente usen esas bibliotecas independientemente del hardware real en uso. Esto simplifica el desarrollo de software relacionado con la accesibilidad al compartir código de uso común, como implementaciones de controladores de bajo nivel en estas bibliotecas.

4.2.5.2 Pautas de accesibilidad de Ubuntu

Canonical, la empresa detrás de la distribución de Ubuntu, expresa su conformidad con las Web Content Accessibility Guidelines, así como otras empresas de la industria tecnológica lo han hecho. Para garantizar la conformidad de estos estándares, utilizan diferentes herramientas de evaluación de accesibilidad, como:

Herramienta de reporte de accesibilidad (Accessibility report tool): Una lista de verificación que se puede filtrar por nivel A / AA / AAA, con una breve descripción y enlaces a los artículos relacionados "Comprensión" y "Cómo cumplir" que acompañan a cada criterio.

Prácticas de autoría WAI-ARIA 1.1: Es una guía para comprender cómo usar WAI-ARIA 1.1 para crear una aplicación de Internet enriquecida accesible. Brinda orientación sobre la aplicación adecuada de WAI-ARIA, describe los patrones de uso recomendados de WAI-ARIA y explica los conceptos subyacentes.

Canonical Define la siguiente lista como puntos clave para empezar con la accesibilidad:

- Asegúrese de que haya suficiente contraste entre el texto y su color de fondo.
- No indique información importante usando solo el color.
- Diseñe estados de enfoque para ayudar a los usuarios a navegar y comprender dónde están.
- Los enlaces deben ser identificables visualmente y tener estados claramente diferenciados.
- Para obtener esa información Use el elemento HTML correcto para su contenido.
- Admite la navegación con teclado.
- Comprenda y use los puntos de referencia de la regiónA menos que todo su contenido esté dentro de las marcas de la región, brinde a los usuarios una forma de omitir la navegación de nivel superior para acceder al contenido principal.
- Use los roles, propiedades y estados de ARIA cuando corresponda.
- Evite las imágenes y la iconografía en pseudo Oculte los elementos decorativos de los lectores de pantalla.
- Haga que los SVG sean accesibles para la tecnología de asistencia.
- El documento HTML debe tener un atributo de idioma.

Esta lista está basada en una lista más extensa y especificada proporcionada en las WCAG. Si el lector está interesado, puede profundizar en esta lista en <http://accessibility.voxmedia.com/> y <https://www.a11yproject.com/checklist>.

Con el estudio de las pautas de Linux, se da por terminado la revisión exhaustiva de las pautas de accesibilidad proporcionadas por las empresas desarrolladoras de los sistemas operativos, y las herramientas más usadas. A continuación, se hará una interpretación de estos resultados, para centralizar la información más importante.

4.2.6 Patrones en las pautas de accesibilidad

Como se observó en la sección anterior, varias de las pautas de accesibilidad se basan fuertemente en las Web Content Accessibility Guidelines, y otras proponen sus propias pautas particulares. Por lo que ahora se recopilará en una tabla los patrones observados en estas pautas.

Tabla 1. Patrones de accesibilidad		
Patrón	Descripción	Pautas
Integrar la accesibilidad desde el inicio.	Al tener en cuenta la accesibilidad desde el principio del diseño del software, se pueden integrar mejor las características de accesibilidad.	Microsoft, Google y Apple.
Pruebas con usuarios reales	Poniendo a prueba el sistema operativo, o aplicación con usuarios con discapacidad visual, se puede determinar las carencias del producto, y mejorar, o agregar características que mejoren la accesibilidad	Microsoft, Google y Apple.
Tamaño de Texto Ajustable	Permite a los usuarios ajustar el tamaño del texto en la interfaz del sistema operativo para mejorar la legibilidad según sus preferencias visuales.	Microsoft, Google, Apple y Ubuntu.
Navegación por Teclado	Permite a los usuarios navegar y realizar acciones en el sistema operativo utilizando solo el teclado, facilitando el acceso para personas con discapacidades motoras.	Microsoft, Google, Apple y Ubuntu.

Alternativas Multimedia	Proporciona versiones textuales o alternativas para contenido multimedia, como videos y audio, para que los usuarios con discapacidad visual puedan comprender la información presentada.	Microsoft, Google y Apple.
Alto Contraste	Permite a los usuarios aplicar un modo de alto contraste en la interfaz del sistema operativo para mejorar la legibilidad y la visibilidad de los elementos visuales.	Microsoft, Google, Apple y Ubuntu.
Etiquetas Descriptivas	Permite la compatibilidad con los lectores de pantalla para indicarle al usuario en que elemento de la interfaz está ubicado en ese momento, así saber de qué tipo es ese elemento, y su contexto.	Microsoft, Google, Apple y Ubuntu.

4.2.7 Hallazgos de la sección

Se ha visto que existen unas pautas de accesibilidad que ya son estándar en la industria del desarrollo, y en la accesibilidad, las cuales son las Web Content Accessibility Guidelines. Y de las cuales, las grandes empresas del desarrollo se basaron para proponer las suyas propias. También, se encontraron listas de verificación específicas de cada especificación, lo que puede ser de mucha ayuda para los desarrolladores al momento de diseñar e implementar sus aplicaciones. También se proporcionó una tabla con los patrones comunes que más destacan entre las propuestas.

Un detalle importante que se debe resaltar es que las pautas de Microsoft, Google, así como las de Apple, al pertenecer a una empresa única, tienen sus pautas uniformes y consistentes en sus propuestas. Sin embargo, por el lado de Linux estas pautas son un poco más generales debido a la gran cantidad de distribuciones existentes, y algunas pueden ser más compatibles, o menos, con los diferentes componentes de la distribución. Otra cosa que es importante mencionar, es que las pruebas con usuarios reales, así como la consideración de la accesibilidad desde el principio del diseño puede ser algo complicado para aquellos equipos de desarrollo que no cuentan con un presupuesto que se los permita, por el mismo hecho de que no todas las distribuciones están bajo grandes empresas que las respalden.

4.3 Desarrollo de un método de evaluación

Hasta este punto, hemos definido todas las bases necesarias para tener un entendimiento integral de la accesibilidad, las pautas recomendadas por diferentes organizaciones tecnológicas en este ámbito, y las barreras que una persona con discapacidad visual podría encontrarse usando un sistema operativo. Por lo que ahora empezaremos con la especificación del método de evaluación de la accesibilidad basándonos en las pautas, y herramientas analizadas anteriormente. Empecemos pues, identificando las necesidades que una persona con discapacidad visual podría tener.

4.3.1 Necesidades de las personas con discapacidad visual

Como se ha visto antes, las personas con discapacidad tienen necesidades particulares que deben satisfacerse en el proceso de desarrollo para proveer una experiencia de usuario accesible. Esto es aún más importante en un sistema operativo, pieza de software que permite interactuar directamente con el computador para ejecutar cualquier tipo de tarea en él. Por lo que a continuación se listan dichas necesidades:

- Soporte para lectores de pantalla: Permitir que las personas con discapacidad visual utilicen lectores de pantalla para acceder al contenido y navegar por el sistema operativo.
- Navegación por teclado: Facilitar la navegación y la interacción con el sistema operativo utilizando solo el teclado.
- Comandos de voz: Incluir capacidades de reconocimiento de voz para permitir comandos de voz y control del sistema.
- Notificaciones auditivas: Proporcionar retroalimentación auditiva y alertas sonoras para indicar cambios y eventos importantes.
- Contraste de colores personalizable: Permitir a los usuarios personalizar el contraste y la paleta de colores según sus preferencias y necesidades visuales.
- Alto contraste global: Ofrecer un modo de alto contraste global para mejorar la visibilidad de todo el sistema operativo.

- Control de velocidad del cursor: Permitir a los usuarios ajustar la velocidad del cursor para facilitar la navegación.
- Acceso rápido a funciones de accesibilidad: Proveer accesos rápidos y teclas de acceso para activar y desactivar funciones de accesibilidad.
- Lupa de pantalla: Incluir una lupa de pantalla para ampliar áreas específicas de la pantalla.
- Compatibilidad con líneas braille: Ofrecer soporte para líneas braille para permitir que las personas ciegas puedan leer la información en braille.
- Etiquetas y atributos accesibles: Asegurarse de que todos los elementos de la interfaz tengan etiquetas y atributos adecuados para facilitar la navegación con tecnologías de asistencia.
- Retroalimentación táctil y háptica: Proporcionar retroalimentación táctil y háptica para enriquecer la experiencia del usuario y brindar información adicional.
- Texto alternativo para imágenes: Brindar descripciones de texto para imágenes, gráficos y elementos visuales.
- Ayudas para navegación lineal: Incluir funciones para permitir a los usuarios navegar el contenido de manera lineal y secuencial para una mejor comprensión.
- Accesibilidad en aplicaciones integradas: Garantizar que las aplicaciones integradas en el sistema operativo también sean accesibles, como el navegador web o el cliente de correo electrónico.
- Acceso a aplicaciones de productividad: Asegurar que las aplicaciones de productividad, como procesadores de texto y hojas de cálculo, sean accesibles para personas con discapacidad visual.
- Accesibilidad en aplicaciones de entretenimiento: Garantizar que las aplicaciones de entretenimiento, como reproductores de video y juegos, sean accesibles.
- Compatibilidad con tecnologías de asistencia: Asegurarse de que el sistema operativo sea compatible con tecnologías de asistencia adicionales, como líneas braille, teclados especiales u otros dispositivos de entrada.

Como se puede observar, estas necesidades son muy variadas, y se enfocan a que la experiencia del usuario con discapacidades visuales sea lo más accesible posible, reduciendo así las barreras de acceso a la tecnología.

4.3.2 Objetivos

El desarrollo de este método tiene varios objetivos:

- Evaluar el cumplimiento con estándares de accesibilidad: El método tiene como objetivo principal verificar si el sistema operativo cumple con los parámetros de evaluación (se explicarán en la sección siguiente) los cuales están basados en los estándares de accesibilidad establecidos, como las Web Content Accessibility Guidelines (WCAG), las Microsoft Accessibility Guidelines o las Apple Accessibility Guidelines, entre otros.
- Identificar áreas de mejora: Buscar y señalar las áreas del sistema operativo que presenten barreras o dificultades para las personas con discapacidad, permitiendo identificar las áreas donde se necesita mejorar la accesibilidad.
- Medir la usabilidad para diferentes grados de discapacidad visual: Evaluar cómo el sistema operativo puede ser utilizado por personas con diferentes grados de discapacidad visual, y determinar si las funciones de accesibilidad están abordando las necesidades específicas de este grupo de personas.
- Evaluar la eficacia de las funciones de accesibilidad incorporadas: Determinar si las funciones de accesibilidad incorporadas en el sistema operativo son efectivas y fáciles de usar para los usuarios con discapacidad.
- Probar la navegación y funcionalidad del sistema operativo: Evaluar la navegación y las funciones principales del sistema para asegurar que sean accesibles y se puedan utilizar con tecnologías de asistencia.
- Ayudar a los usuarios con discapacidad visual: Este método también intenta proporcionar orientación a los usuarios con discapacidad visual al momento de elegir un sistema operativo, dependiendo de sus necesidades.

4.3.3 Parámetros de evaluación

Los parámetros de evaluación deben ser elegidos cuidadosamente para garantizar que los resultados obtenidos en esta investigación sean relevantes en el área de estudio. Para ello, estos estarán basados en las pautas analizadas en la sección anterior. Empecemos a definir cada uno de estos parámetros:

- Usabilidad del sistema operativo: La facilidad con la que una persona con discapacidad visual puede navegar, interactuar y realizar tareas en el sistema operativo de manera efectiva, eficiente y satisfactoria.
- Accesibilidad del propio sistema operativo: La capacidad del sistema operativo para proporcionar interfaces y funciones que sean accesibles para personas con discapacidad visual, garantizando que puedan utilizar todas las características del sistema sin barreras o dificultades innecesarias.
- Estabilidad del sistema operativo con las tecnologías de asistencia: La confiabilidad y consistencia del sistema operativo al interactuar con tecnologías de asistencia, asegurando que estas herramientas funcionen de manera efectiva y sin conflictos.
- Disponibilidad de alternativas para las tecnologías de asistencia integradas: La presencia de tecnologías desarrolladas por terceros, y que proveen al usuario con variedad de herramientas para probar diferentes opciones, en caso que no se sienta cómodo con las integradas, o sus funcionalidades no sean suficientes.
- Estabilidad de las tecnologías de asistencia: La fiabilidad y consistencia de las tecnologías de asistencia utilizadas en combinación con el sistema operativo, asegurando que estas herramientas funcionen sin problemas y proporcionen un apoyo efectivo.
- Extensibilidad de las tecnologías de asistencia: La capacidad de estas tecnologías para ampliar sus funcionalidades base, con el objetivo de ofrecer una experiencia personalizada, adaptando estas herramientas a las necesidades que cada usuario pueda tener.
- Experiencia de usuario con las tecnologías de asistencia: La calidad de la interacción y la experiencia del usuario al utilizar tecnologías de asistencia con el sistema operativo, asegurando que sean intuitivas, eficientes y satisfactorias.

- Uso del sistema operativo únicamente con el teclado: La capacidad de una persona con discapacidad visual para navegar, acceder y realizar tareas en el sistema operativo utilizando únicamente el teclado, sin depender del uso del ratón o dispositivos táctiles.

Todos estos parámetros de evaluación están totalmente enfocados en evaluar el sistema operativo, su estabilidad, su compatibilidad con tecnologías propias y de terceros, y la accesibilidad que ofrece a personas con discapacidades visuales, así como las tecnologías de asistencia que ofrece, además de sus capacidades de extender las funcionalidades base.

4.3.4 Sistema de calificación

Ya teniendo los criterios de evaluación claramente detallados, se hace necesario especificar ahora niveles de conformidad que dichos criterios pueden tener en los sistemas operativos. Como anteriormente se vio, muchos de los grandes exponentes tecnológicos aceptan las Web Content Accessibility Guidelines como base, por lo que en este trabajo nos basaremos en los niveles de conformidad de dichas directrices para evaluar la accesibilidad de los sistemas operativos.

4.3.4.1 Escala numérica

A continuación se especifican los criterios de puntuación para los sistemas operativos. Estos permitirán definir más adelante niveles de conformidad para la evaluación precisa de los mismos. En esta especificación se incluye que nivel de accesibilidad puede tener, y un porcentaje de la misma en una cota superior e inferior, basándonos en los criterios mencionados en la sección anterior.

- Nivel 0: No cumple con las pautas de accesibilidad. A este nivel la cota superior e inferior son la misma, 0.
- Nivel 1: Cumple parcialmente con los criterios de accesibilidad, pero presenta deficiencias significativas. La cota inferior de este nivel es 1% a 29%.

- Nivel 2: Cumple con la mayoría de los criterios de accesibilidad y tiene algunas áreas de mejora en la integración de las tecnologías de asistencia con el sistema operativo. La cota inferior de este nivel es 30%, mientras que la cota superior es 59%.
- Nivel 3: Cumple con la mayoría de las pautas de accesibilidad y solo necesita pequeñas mejoras en la integración de las tecnologías de asistencia con el sistema operativo. La cota inferior es 60%, y la superior es de 89%.
- Nivel 4: Cumple plenamente con los criterios de accesibilidad y supera las expectativas en algunos aspectos. Aquí, la cota inferior va desde 90% hasta 100%, que es la máxima cota de accesibilidad

4.3.4.2 Grados de conformidad

Los grados de conformidad, basados en los niveles detallados en la sección anterior, serán los siguientes:

- Minimum Accessibility (MA): Este es el primer nivel de conformidad, y se refiere a que el sistema operativo ofrece opciones básicas para la accesibilidad del mismo, como alto contraste, redimensión del texto, ampliación de pantalla, lector de pantalla, etc. Sin embargo, no tiene una navegación del mismo sencilla para estas tecnologías de asistencia, así como la falta de integración, estabilidad, alternativas, y extensibilidad de la interfaz de usuario para los lectores de pantalla, y no se puede controlar completamente con el teclado. Este nivel no permitiría a un usuario con discapacidad visual usar todas las características del sistema operativo en estudio, limitando las capacidades del usuario, así como su experiencia. Este grado de conformidad cumple con el nivel 0, y el nivel 1.
- Basic Accessibility (BA): El Segundo nivel de conformidad. Incluye todo lo especificado en (MA), pero mejorando la compatibilidad, estabilidad, y extensibilidad de tecnologías de asistencia con el sistema operativo. A este nivel, la interfaz de usuario está mucho mejor integrada para funcionar con los lectores de pantalla, es posible utilizar todas, o, casi todas sus características con el teclado. A pesar de lo anterior, aún existen barreras de accesibilidad, como un número reducido de aplicaciones incompatibles, algunos problemas de estabilidad, y complicaciones para la interacción con imágenes o videos.

Sin embargo, este nivel de accesibilidad brinda a los usuarios más capacidades de ejecutar la mayoría de las tareas de forma independiente y sencilla. A este grado de conformidad, se cumple hasta el nivel 3 de los niveles de accesibilidad.

- **Complete Accessibility (CA):** El nivel más alto de conformidad, que cumple con (MA), y (BA). A este nivel, el sistema operativo está completamente integrado con lectores de pantalla, magnificadores, dispositivos externos de accesibilidad, las herramientas de asistencia tienen aún más estabilidad, ya a este nivel el sistema operativo se puede usar completamente por teclado, no existen aplicaciones incompatibles, o si existen, la cantidad es mínima, y el consumo de imágenes y video es asistido con herramientas del propio sistema operativo. Aquí, un usuario con discapacidad visual puede usar su computador con la mayor independencia posible. Al cumplir completamente con este grado de conformidad, se llega al tope de la escala numérica, sin embargo, cumplir con todos los requerimientos necesarios a este nivel de conformidad es bastante difícil, ya que todos los elementos del sistema operativo deben estar integrados completamente con las tecnologías de asistencia.

A continuación, se presenta una tabla que detalla la puntuación que tendrá cada uno de los niveles:

Tabla 2. Puntuación de los niveles de accesibilidad			
Conformidad	Cota inferior	Cota superior	Puntuación
Minimum Accessibility (MA)	0%	29%	2
Basic Accessibility (BA)	30%	89%	2
Complete Accessibility (CA)	90%	100%	1

4.3.5 Herramientas de evaluación

Para poner en práctica este método de evaluación se hará uso de herramientas digitales de recolección de datos, como lo pueden ser encuestas y entrevistas. Dichas encuestas reflejarán los

parámetros de evaluación mencionados arriba con preguntas enfocadas a la medición de cada uno de ellos. Esto será especialmente útil debido a que con esto puede abarcarse un espectro más amplio de usuarios con discapacidad visual que pueden tener diferentes necesidades.

4.3.6 Diseño de las encuestas

A continuación se describe las preguntas de las encuestas que se usarán para recopilar datos de los usuarios. Estas preguntas están cuidadosamente seleccionadas para adaptarse con los parámetros descritos arriba:

Identificación:

- Edad.
- Proveniencia.
- Ocupación.
- Nivel educativo.

www.bdigital.ula.ve

Preguntas:

1. ¿Cuál es tú grado de discapacidad? (selección única)
 - a. Baja visión.
 - b. Ceguera.
 - c. Prefiero no decirlo.
2. ¿Cuál es el sistema operativo que usas? (selección única)
 - a. Linux.
 - b. MacOS.
 - c. Windows.
3. ¿Para qué utilizas el sistema operativo? (selección múltiple)
 - a. Entretenimiento.
 - b. Estudios.

- c. Trabajo.
 - d. Otro.
 - e. Todos.
4. ¿Qué tipos de tecnologías de asistencia utilizas? (selección múltiple)
- a. Ampliadores de pantalla.
 - b. Lector de pantalla.
 - c. Tecnologías braille (línea braille).
 - d. Inversor de color.
 - e. Otras.
5. ¿Cuántas aplicaciones utilizas en tu día a día? Solo número (respuesta libre)
6. ¿Cuántas aplicaciones utilizas en tu día a día? Solo número (respuesta libre)
7. ¿Estas aplicaciones pueden utilizarse únicamente por medio del teclado? (selección única).
- a. Si, puedo usarlas todas sin problemas.
 - b. Puedo usar la mayoría de ellas sin problemas (más de la mitad).
 - c. Puedo usar algunas de ellas (menos de la mitad).
 - d. No, no puedo usarlas.
8. ¿Cuántas de esas aplicaciones presentan barreras para utilizarlas junto a las tecnologías de asistencia? (respuesta libre).
9. ¿Cuáles son las barreras que se presentan en el uso de estas aplicaciones? (selección múltiple)
- a. No puedo usarlas por medio del teclado.
 - b. Incomodidad. Puedo usarlas, pero es muy difícil su uso.
 - c. Incompatibilidad con las tecnologías de asistencia. Al entrar a estas aplicaciones, las tecnologías de asistencia dejan de funcionar.
 - d. No existen barreras.

- 10.** En una escala del 1 al 5, califica la accesibilidad en estas aplicaciones. Esto incluye en uso de ellas únicamente con el teclado, compatibilidad, etiquetado de la interfaz, etc. (selección única)
- a.** 1: Nada accesible
 - b.** 2: Poco accesible
 - c.** 3: Casi accesible4: Accesible
 - d.** 4: Accesible
 - e.** 5: Muy accesible quitaría CASI ACCESIBLE es igual a POCO
- 11.** ¿En el ecosistema del sistema operativo que usas, están disponibles tecnologías de asistencia de terceros para usarlas junto a tu sistema operativo? (selección única)
- a.** Si.
 - b.** No.
 - c.** No lo sé.
- 12.** ¿Utilizas tecnologías de asistencia de terceros en reemplazo de las proporcionadas por el sistema operativo? (selección única)
- a.** Si.
 - b.** No.
- 13.** ¿Por qué usas tecnologías de asistencia de terceros junto a tu sistema operativo? (selección múltiple)
- a.** No cubre todas mis necesidades. Las tecnologías de asistencia integradas en el sistema operativo no son suficientes.
 - b.** Las tecnologías integradas son incómodas de usar, esto incluye forma de uso, o voz generada por computadora.
 - c.** Las tecnologías de asistencia integradas causan incompatibilidades con el sistema operativo.
 - d.** No uso.

14. ¿Esas tecnologías de terceros son compatibles con el sistema operativo que utilizas, o generan algún tipo de inestabilidad? (selección única)
- a. Si, son compatibles.
 - b. No, no son compatibles.
 - c. No aplica.
15. Con respecto a los lectores de pantalla, del 1 al 5, ¿Qué tan cómoda es la voz computarizada que posee? (selección única)
- a. 1: Nada cómoda.
 - b. 2: Algo cómoda.
 - c. 3: Casi cómoda.
 - d. 4: cómoda.
 - e. 5: Muy cómoda.
16. ¿Qué tan extensible es el lector de pantalla que usas? (selección única)
- a. Muy extensible, puedo descargar todo tipo de extensiones para agregarle las características que yo quiera.
 - b. Poco extensible, existen un número limitado de extensiones para añadirle funcionalidades.
 - c. No es extensible, pero tiene todas las características que necesito integradas.
 - d. No es extensible, y le faltan funcionalidades.
 - e. No lo sé.
17. Del uno al 5, ¿qué tan conforme estás con el lector de pantalla que usas? (selección única)
- a. 1: Nada conforme
 - b. 2: Algo conforme
 - c. 3: Casi conforme
 - d. 4: Conforme
 - e. 5: Muy conforme
18. ¿El sistema operativo que utilizas proporciona atajos para utilizarlo únicamente por medio del teclado?

- a. Si, proporciona una gran cantidad de atajos para acceder a cualquier apartado del sistema operativo.
- b. Proporciona atajos, pero es una cantidad limitada, y no permite acceder a todos los apartados, y se debe acceder a ellos con el ratón.
- c. No proporciona atajos, y se debe usar únicamente con el ratón.
- d. No lo sé.

19. Del 1 al 5, ¿Qué tan estable es tu sistema operativo cuando se usa de manera prolongada junto a las tecnologías de asistencia? (selección única)

- a. 1: Nada estable.
- b. 2: Algo estable.
- c. 3: Casi estable.
- d. 4: Estable.
- e. 5: Muy estable.

20. ¿Cuántos apartados del sistema operativo puedes usar junto a las tecnologías de asistencia? (selección única)

- a. Todos.
- b. La mayoría (más de la mitad).
- c. Algunos (menos de la mitad).
- d. Ninguno.

21. ¿Qué barreras has experimentado al usar el sistema operativo con las tecnologías de asistencia? (selección múltiple)

- a. Incomodidad: Se puede usar, pero su uso no es intuitivo, y es difícil acceder a lo que se desea.
- b. Incompatibilidad con tecnologías de asistencia: Ciertos apartados del sistema operativo no permiten el uso de estas tecnologías con él.
- c. No permite el uso del teclado: Ciertos apartados del sistema no permite usarlo con el teclado.

22. ¿Crees que las opciones de accesibilidad en tu sistema operativo son suficientes para satisfacer tus necesidades? (selección única)

- a. Si, son suficientes.
- b. En general está bien, pero me gustaría mejoras, e implementación de nuevas características.
- c. No, no son suficientes y presenta barreras de uso.

23. Del 1 al 5, ¿cuál es tu nivel de conformidad con el sistema operativo? (selección única)

- a. 1: Nada conforme.
- b. 2: Algo conforme.
- c. 3: Casi conforme.
- d. 4: Conforme. }
- e. 5: Muy conforme. Quita CASI CONFORME ES IGUAL ALGO CONFORME

24. Del 1 al 5, ¿Cómo calificarías la accesibilidad del sistema operativo que usas? (selección única)

- a. 1: Nada conforme.
- b. 2: Algo conforme.
- c. 3: Casi conforme.
- d. 4: Conforme.
- e. 5: Muy conforme.

Nota: La ponderación “poco”, y “algo”, se utilizan indistintamente, y ambas representan menos que “casi”. Se hizo de esta manera para indicar que las categorías evaluadas como “casi” se acercan demasiado a lo que es accesible o cómodo. Mientras que “poco”, está muy por debajo de ser accesible, pero no al punto de llegar a “nada”.

4.3.7 Diseño de las entrevistas

A continuación se describen las preguntas de las entrevistas que se le hicieron a 10 personas que usan los sistemas operativos en su día a día:

Identificación:

- Edad.
- Proveniencia.
- Ocupación.
- Nivel educativo.

Preguntas:

1. ¿Cuál es tu grado de discapacidad visual? El grado de discapacidad visual se clasifica en ceguera, y baja visión.
2. ¿Cuál sistema operativo es el que usas, con qué frecuencia, y en que ámbito? Con ámbito nos referimos, por ejemplo, para estudio, trabajo, entretenimiento, investigación, etc.
3. ¿El sistema operativo que utilizas proporciona características y funciones integradas específicas para personas con discapacidad visual? Por ejemplo, ajuste del tamaño del texto, ampliador de pantalla, o lector de pantalla.
4. ¿Puedes navegar y realizar tareas en tu sistema operativo únicamente utilizando el teclado? Aquí, nos gustaría saber si tu sistema operativo de preferencia cuenta con atajos de teclado integrados, cuáles aplicaciones permiten que uses el sistema operativo de esta manera (ya sean aplicaciones integradas, o de terceros), así como saber las que no lo permiten. Ser lo más descriptivo posible.
5. ¿Crees que las opciones de accesibilidad proporcionadas por tu sistema operativo son suficientes para tus necesidades? Aquí nos gustaría saber las razones de la respuesta. Ya sea por el ámbito de uso, objetivo, etc.

6. ¿Has tenido que recurrir a tecnologías de asistencia externas debido a barreras, o incomodidades de uso que limitan las opciones de accesibilidad de tu sistema operativo? Con herramientas externas nos referimos, por ejemplo, un lector de pantalla diferente al que viene integrado con el sistema operativo. Ser lo más específico posible.
7. ¿La estabilidad del sistema operativo se ve afectada al utilizar tecnologías de asistencia durante largos períodos de tiempo? Con esto nos referimos a que a pesar que se use por un tiempo prolongado las tecnologías de asistencia, el sistema no presente variaciones, como, por ejemplo, lentitud, fallos en alguna funcionalidad, cierre de aplicaciones inesperadamente, etc.
8. ¿Sientes que las tecnologías de asistencia integradas en tu sistema operativo son extensibles y pueden adaptarse a tus necesidades específicas, o usas tecnologías de terceros? Con “extensibles” nos referimos a que permiten añadirles funcionalidades adicionales a las que vienen integradas. Ser lo más descriptivos posible.
9. ¿Qué aplicaciones o tareas específicas realizas con mayor frecuencia en tu sistema operativo? Esta pregunta ayudaría a comprender las áreas en las que los usuarios enfrentan desafíos o necesitan más accesibilidad.
10. En términos de fiabilidad, ¿cómo evaluarías la experiencia de usar tecnologías de asistencia en tu sistema operativo?
11. En términos de comodidad, ¿cómo evalúas la experiencia de las tecnologías de asistencia?
12. ¿Has experimentado barreras o situaciones negativas al intentar utilizar tecnologías de asistencia junto con tu sistema operativo, y si es así, en qué aspectos? Con aspectos nos referimos a aplicaciones integradas, o de terceros. Y con barreras o situaciones negativas, nos referimos a dificultad o imposibilidad de usar cierta aplicación del sistema operativo de manera sencilla usando tus tecnologías de asistencia. Ser lo más descriptivos posibles.

13. ¿Recomendarías el sistema operativo que utilizas a otras personas con discapacidad visual basándote en su accesibilidad y experiencia de usuario, y si es así, por qué? Con esta pregunta queremos saber la opinión general del usuario con respecto al sistema operativo que usa. Ser lo más expresivo posible.
14. Del 1 al 5, ¿qué evaluación le colocarías al sistema que usas? Con esto queremos medir de satisfacción del usuario.
15. ¿Qué sugerencias tienes para mejorar la accesibilidad en los sistemas operativos en general? Obtener opiniones y sugerencias directamente de los usuarios puede revelar ideas innovadoras para futuras mejoras en la accesibilidad.

Estas 15 preguntas fueron seleccionadas para recopilar la opinión de la población con discapacidad (datos cualitativos) con respecto a sus experiencias particulares en relación a la accesibilidad de los sistemas operativos, barreras, comodidad con las herramientas de asistencia, así como su nivel de satisfacción al usar dichos sistemas, así como recomendaciones que ellos creen mejorarían la accesibilidad.

4.4 Análisis y resultados

4.4.1 Apreciaciones del investigador sobre Windows y Linux (Ubuntu)

4.4.1.1 Windows

Por parte del sistema operativo de Microsoft de acuerdo a mi experiencia de uso (más de 5 años), resulta un sistema bastante accesible en casi todos sus apartados, desde una instalación limpia usando el narrador, pasando por aplicaciones cotidianas como lo podría ser el navegador, explorador de archivos, configuraciones, ofimática, etc. Sin embargo, hay que aclarar que un usuario que use por primera vez este sistema, puede tardar un poco en adaptarse a usarlo con el

teclado, por la gran cantidad de atajos de teclado que posee, pero una vez que se haya familiarizado con esto, será más ágil en su uso.

Las aplicaciones integradas junto al sistema operativo me permitieron usarlas de manera correcta, y cómoda usando únicamente el teclado. Con respecto a las aplicaciones de terceros, he descargado varias de ellas, como lectores de PDF (recomiendo Adobe PDF Reader), navegadores web (recomiendo Google Chrome, o Microsoft Edge, ambos son bastante accesibles), editores de código (recomiendo ampliamente Visual Studio Code por su nivel de accesibilidad), aplicaciones para hacer pruebas en proyectos web para la parte de peticiones http (Insomnia, aunque esta herramienta le falta mucho en su nivel de accesibilidad), aplicaciones de mensajería como Whatsapp o Telegram. Aunque en esta última, su aplicación de escritorio no es accesible, y tuve que buscar otro cliente, el cual fue Unigram, bastante accesible y ligero a mi parecer.

Las voces son de alta calidad y variedad de idiomas que provee Microsoft para sus sintetizadores. Estas voces están en constante cambio, y mejora. De hecho, este año (2023) desplegaron un sintetizador de alta calidad para voces en inglés, que se asemeja mucho a la voz que puede tener un humano.

En la sección 4.1.1 mencioné que las aplicaciones de terceros podrían crear barreras adicionales, al no ser compatibles con las tecnologías de asistencia. Sin embargo, me parece menester mencionar aquellas tecnologías de terceros que, por el contrario, disminuye en número de barreras. Esta tecnología lleva por nombre NVDA, y es un lector de pantalla que es de código abierto, gratuito, y que va un paso más allá de los lectores de pantalla clásicos como Narrador, y JAWS. Este es el lector de pantalla que personalmente uso, por diferentes razones.

La primera de ellas, es que me parece mucho más cómodo e intuitivo que Narrador, además de la amplitud en sus configuraciones que permiten personalizar la voz, tono, velocidad, entonación, nivel de puntuación, entre otros. Todo esto manteniendo las voces que ofrece Microsoft. Luego están sus diferentes modos, como Modo Foco, Navegación de Objetos, y Modo Exploración. La flexibilidad que ellos ofrecen está muy lejos de lo que ofrece Narrador, al menos, por el momento. Con esos modos en combinación se pueden hacer acciones como mover el mouse, para arrastrar y soltar objetos, por ejemplo. He enfrentado situaciones en las que tenido he que hacer uso de varios de estos modos para lograr ejecutar acciones, es un poco más engorroso, pero se puede hacer de manera independiente. Por último, pero no menos importante, hablaré sobre los complementos.

Los complementos son pequeños programas desarrollados por la comunidad de NVDA, característica que permite el código abierto, y cada uno de estos programas agregan funcionalidades al lector de pantalla. Estos complementos van desde bloquear movimientos accidentales del mouse, leer subtítulos en tiempo real dentro de una aplicación, hasta proveer herramientas de desarrollo para el propio lector, hacer OCR a alguna imagen o usar inteligencia artificial para detectar el contenido de las mismas, e incluso proveer de comandos, para hacer más accesibles aplicaciones populares, o aquellas que no son tan accesibles por defecto. Si bien es flexible en muchos aspectos, a este software aun le faltan mejoras en su velocidad, y eficiencia al momento de leer textos.

Cuando hay grandes cantidades de texto apareciendo simultáneamente en la pantalla, esta herramienta puede llegar a colapsar, hasta el punto que se deba reiniciar la herramienta, y ubicarla en otra ventana. Este tipo de situaciones son bastante incómodas, porque dependiendo que tanta cantidad de texto este en el buffer de lectura, puede tardar más, o menos tiempo en volver a ejecutarse. Como estudiante de ingeniería de sistemas, trabajo con una herramienta llamada terminal, donde se ejecutan comandos para interactuar con el sistema operativo, y ejecutar herramientas de desarrollo de software. Es importante destacar que con la terminal solo se puede interactuar por medio de comandos, y sus respuestas a estos es por texto en su mayoría. Por lo que cuando estoy trabajando con ciertas tecnologías, y, al ejecutar un comando su salida es muy extensa, o genera respuestas muy rápidamente, tiende a hacer que esta herramienta se colapse. Estas eventualidades son bastante molestas para un desarrollador con una discapacidad visual, ya que si la herramienta de asistencia colapsa, debemos esperar hasta que vuelva a funcionar para poder usar el computador en general, cuando sucede esto, la herramienta tiende a usar muchos recursos del equipo donde se ejecute (CPU y memoria RAM), haciendo que el sistema operativo en general se ralentice, o que se congelen ciertas aplicaciones. Esto, puede llevar igualmente a una mala experiencia de usuario, para este caso en específico, ya que un usuario que no necesite las herramientas no experimentara estos errores.

A pesar de estos fallos en la herramienta de asistencia, todas estas características que mencioné, aumentan el nivel de independencia que puede lograr un usuario con discapacidad visual común, ya que por lo general, todos los usuarios de un computador no van a usar estas herramientas que generan grandes cantidades de texto y causan los errores mencionados.

Por último, se puede usar el sistema operativo totalmente haciendo uso del teclado únicamente, y casi todas las funcionalidades del mismo son accesibles, además de que es estable en la mayoría

del tiempo, tanto con su tecnología de asistencia integrada (Narrador), como con las de terceros (NVDA), esto, exceptuando el error con NVDA antes mencionado. Todas estas afirmaciones son desde mis propias vivencias, y experiencias usando este sistema operativo.

Considerando lo antes dicho, cumple con el nivel mínimo de accesibilidad (MA), así como con el nivel básico (BA). Por parte del último nivel (CA), hay que hacer ciertas consideraciones. Windows no cuenta actualmente con herramientas integradas para describir imágenes o videos, lo que le resta puntos en esta evaluación. El número de aplicaciones inaccesibles es mínimo, y, si bien por lo general es estable el sistema junto a las tecnologías de asistencia.

Bajo ciertas condiciones presenta fallos, como que la voz deje de describir el contenido, desubicación inesperado del foco del lector, o uso de recursos desmedido cuando se requiere leer grandes cantidades de texto en tiempo real.

Según lo que se definió en el método de evaluación, cumple con la mitad de los requerimientos del último nivel de accesibilidad (CA). Sumando los 2 puntos del nivel MA, los 2 del nivel BA, y los 0.5 puntos que se llevó del nivel CA, Windows resulta con una puntuación de 4.5, bajo estos parámetros.

4.4.1.2 Linux (Ubuntu)

En el sistema operativo Ubuntu, se aprecian varios matices. Según mi experiencia de uso (3 años), al momento de realizar una instalación limpia del sistema, también es posible hacerlo con Orca. Sus aplicaciones por defecto son accesibles, pero se encontraron algunas aplicaciones que no tienen un etiquetado completo de su interfaz incluso en el propio sistema operativo. Esto es importante para una buena experiencia de accesibilidad. Cosas como el explorador de archivos, navegadores, visores de imágenes y reproductores de video se pueden usar, pero falta un buen etiquetado de la interfaz.

Es importante mencionar que esta idea se complementa en lo dicho en la sección 4.1.1.2, donde expliqué varias barreras que he experimentado. El sistema operativo en general se puede usar por medio del teclado, pero no es tan intuitivo su uso, además que la documentación existente no es suficiente a mi parecer, ya que no proporciona a detalle casos de uso, o ejemplos prácticos en los cuales usar los atajos de teclado.

El lector de pantalla que integra Ubuntu, es Orca. Esta tecnología de asistencia es de código abierto, al igual que la mayoría del ecosistema de Linux.

En cuestiones de comodidad, Orca es bastante cómodo de usar, y muy rápido al momento de leer grandes cantidades de texto, tanto en tiempo real, como en párrafos excesivamente largos. Tiene grandes cantidades de configuraciones, para personalizar la herramienta a los gustos del usuario. Orca en sí mismo es un lector de pantalla, un magnificador, pudiendo usar cualquiera de las dos funcionalidades por separado, o en conjunto. A mi juicio le hace falta más margen de mejoras: más capacidad de modos complementarios para acceder al contenido de ciertas aplicaciones y mejoría en la voz del sintetizador.

Funciones como adjuntar archivos a un correo electrónico, deberían estar soportadas para que el lector de pantalla pueda interactuar con ellas.

El correo electrónico, Gmail, que es el servicio de correo que utilizo en el día a día, al momento de querer abrir una conversación con alguien, no pude hacerlo en la versión por defecto de la página web del servicio. Sin embargo Gmail ofrece una versión básica en HTML que es para conexiones lentas, o equipos de bajos recursos, y con dicho cambio, si es posible abrir los mensajes. Este tipo de versión dejará de estar disponible en 2024 y hay que precisar alternativas. En el sistema operativo de Microsoft, tanto con Narrador, como con NVDA, es posible interactuar con la página de Gmail perfectamente en su versión más actual. También hay barreras en páginas que son interactivas. Aparentemente a Orca se le dificulta mucho interactuar con este tipo de diseños reactivos, cosa muy común hoy en día. Esta limitación, baja el nivel de interacción e independencia que puede tener un usuario con discapacidad visual. Podría decirse que hay un problema de faltas de estándares de accesibilidad por parte de estos sitios web reactivos, pero en Narrador y NVDA no se observan estos problemas.

Si bien Orca posee variedad de ajustes para adaptarse a los gustos de sus usuarios, se necesita conocimiento de la herramienta, para el máximo aprovechamiento. Si bien el lector tiene la capacidad de ser flexible, no tiene una forma de descargar complementos o extensiones de manera sencilla al momento del desarrollo de este trabajo (2023), sino que estos debe programarlos el mismo usuario para no quedar con las característica base. Personalmente, cuando estaba iniciando a usar este sistema, necesité ayuda para configurar las características avanzadas de esta herramienta.

El lector de pantalla integrado en Ubuntu tiene un gran punto a favor, y es su velocidad. Al momento de leer texto es bastante veloz, mucho más que NVDA, o narrador. Incluso en el mismo escenario de grandes cantidades de texto generados por herramientas de desarrollo, el lector de pantalla no se colapsa, y se puede cambiar de ventana simplemente, si no se desea

escuchar todo el texto generado. Esta estabilidad tanto del servicio de la herramienta, como el bajo consumo de recursos de la misma, es una gran fortaleza del sistema.

Según lo dicho, se puede ver que cumple con el nivel mínimo de accesibilidad (MA). Sin embargo, es difícil clasificar qué tanto del nivel medio de accesibilidad cumple, por sus falencias. No cumple rigurosamente con los parámetros definidos (menos de la mitad), pero tampoco no está al nivel de la accesibilidad básica, ya que cumple una cuarta parte de los parámetros. No hablaremos sobre el nivel más alto de accesibilidad, ya que no aplica para este sistema. Tomando lo anterior como referencia, tenemos 2 puntos del nivel mínimo, y la cuarta parte de la puntuación del nivel básico, resulta en una puntuación de 2.5 de acuerdo a este criterio.

4.4.1.3 Conclusiones de las evaluaciones

Según mi opinión, la accesibilidad del sistema operativo de Microsoft brinda más flexibilidad a las personas con discapacidad visual que la que provee la distribución de Ubuntu. Hace falta mayor desarrollo en esta distribución sobre sus tecnologías de asistencia, al igual que en Windows. Se presenta un número considerable de barreras en Ubuntu, pero es un sistema muy seguro y privado, consume muy pocos recursos en comparación de Windows, y es estable. Resulta ideal para el ámbito del desarrollo de software, área en la cual me desempeño.

Todas las afirmaciones antes descritas, están basadas en mis experiencias, y preferencias como usuario utilizando tanto Ubuntu, como Windows, y en particular, soy un usuario con conocimientos en el área del desarrollo. Las apreciaciones antes expuestas, intentaron ser lo más objetivas posibles, y abarcar las situaciones más comunes de uso que una persona puede realizar con su equipo.

Esta evaluación personal representa un elemento más de la investigación, no pretende favorecer a un sistema operativo, empresa, o equipo desarrollador detrás de alguno en particular. Como usuario, aunque Windows es más lento que Ubuntu en lectura de texto con su herramienta de asistencia, e independientemente de la filosofía detrás de ambos desarrollos preferí un abanico más amplio de acciones, posibilidades, y comodidad de voz generada por computadora que, a mi punto de vista, ofrece el sistema operativo de Microsoft, en contraste con la rapidez, privacidad, y estabilidad que ofrecen los sistemas basados en Linux.

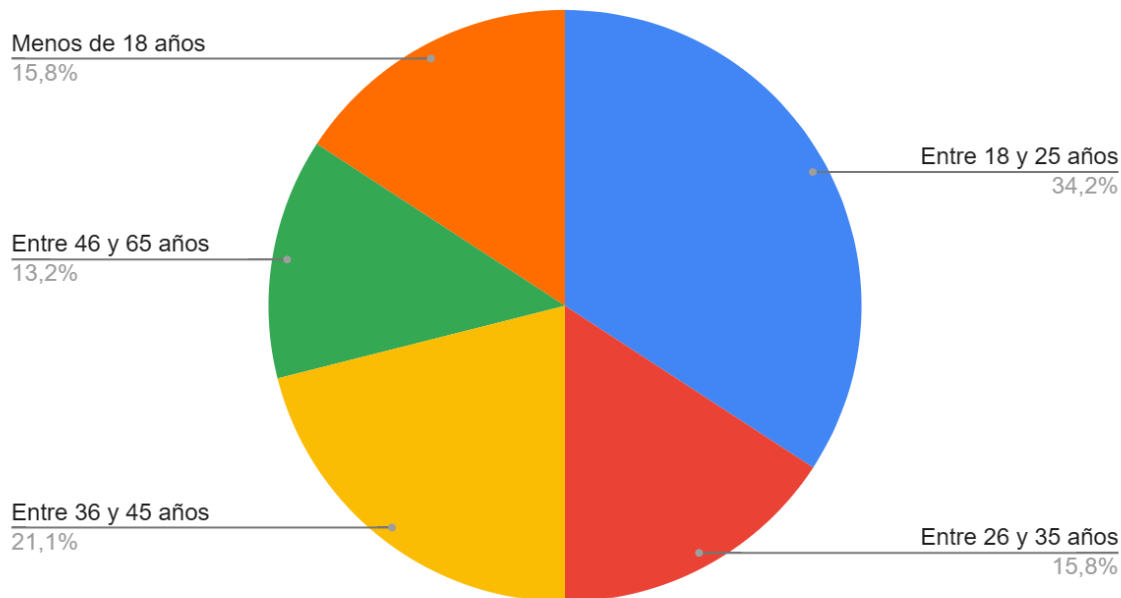
4.4.2 Resultados de la encuesta

Esta sección agrupa todos los datos recopilados en la encuesta basada en parámetros del método de evaluación. Se presentan varias figuras, junto a las descripciones de cada una. Finalmente, se cierra la sección con un análisis e interpretación general de los gráficos mostrados, así como las ponderaciones de los sistemas operativos bajo estudio en la encuesta. Antes de entrar de lleno a esta sección, se debe aclarar un punto con relación a las figuras y los datos que se mostrarán. En algunas figuras, como en la figura 5, se muestra tanto las herramientas que usan las personas con ceguera, como las de baja visión. Pero no es que se le preguntó, por ejemplo, a una persona ciega, si usa un ampliador de pantalla o inversor de color, porque es evidente que no los usa, ya que no le es útil. Por el contrario, las preguntas proveen de diferentes opciones a los encuestados, y estos en función de su situación, responderán según sea su caso. Sin embargo, se muestran en la misma figura, debido a que pertenecen a la misma muestra, y como se verá, el porcentaje de las personas con baja visión, y las que usan ampliadores, por ejemplo, son consistentes entre sí. Sin más, se da inicio con la primera figura.

www.bdigital.ula.ve

Figura 1. Edad

Recuento de ¿Edad?

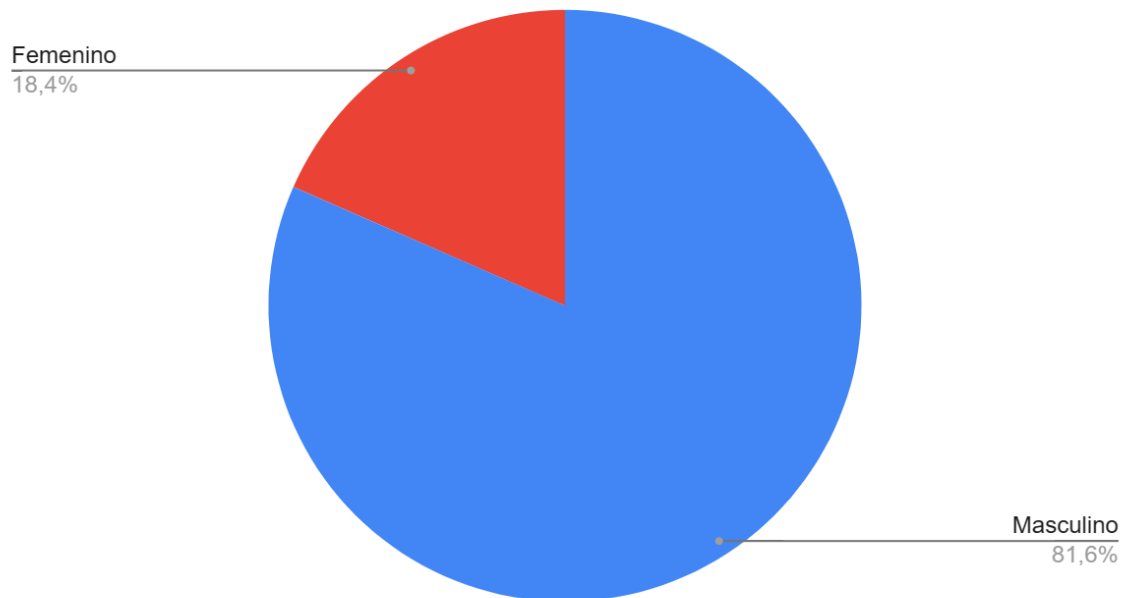


www.bdigital.ula.ve

Se determinó que la mayoría de la población de estudio está comprendida por personas de entre 18 y 25 años con un 34.2%, seguido por un 21.1% que comprenden edades entre 36 y 45 años, luego, con un 15.8% entre 26y 35 años y los menores de 18 años, y, finalmente, con un 13.2%, los usuarios entre 46 y 65 años.

Figura 2. Sexo

Recuento de ¿Sexo?

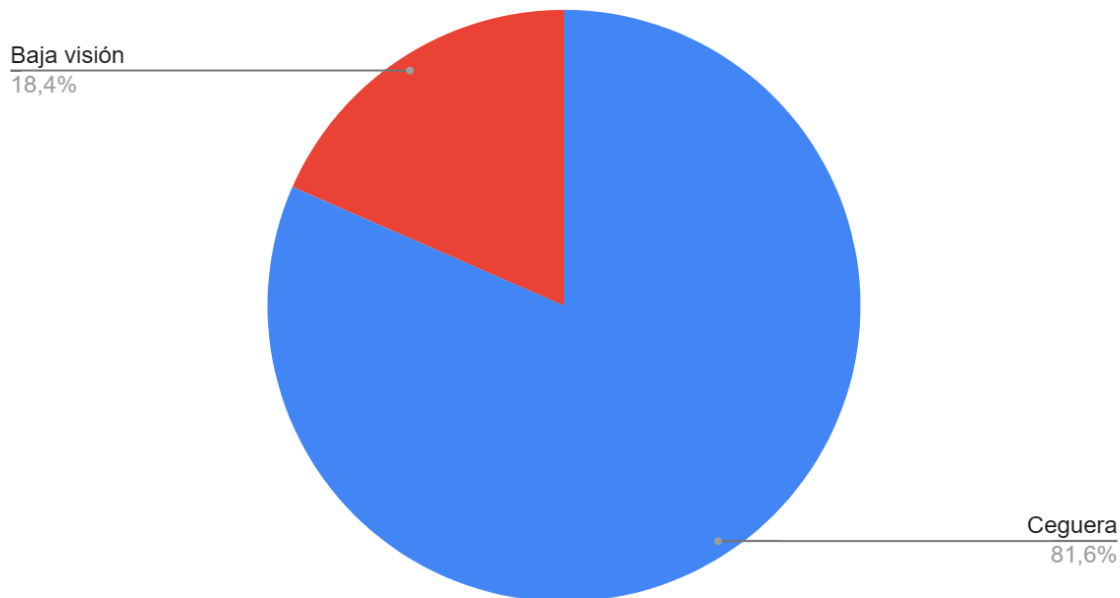


www.bdigital.ula.ve

Se analizó que la población de estudio está comprendida mayormente por personas de sexo masculino, con un 81.6%, mientras que el sexo femenino, tiene un 18.4% de participación.

Figura 3. ¿Cuál es tú grado de discapacidad visual?

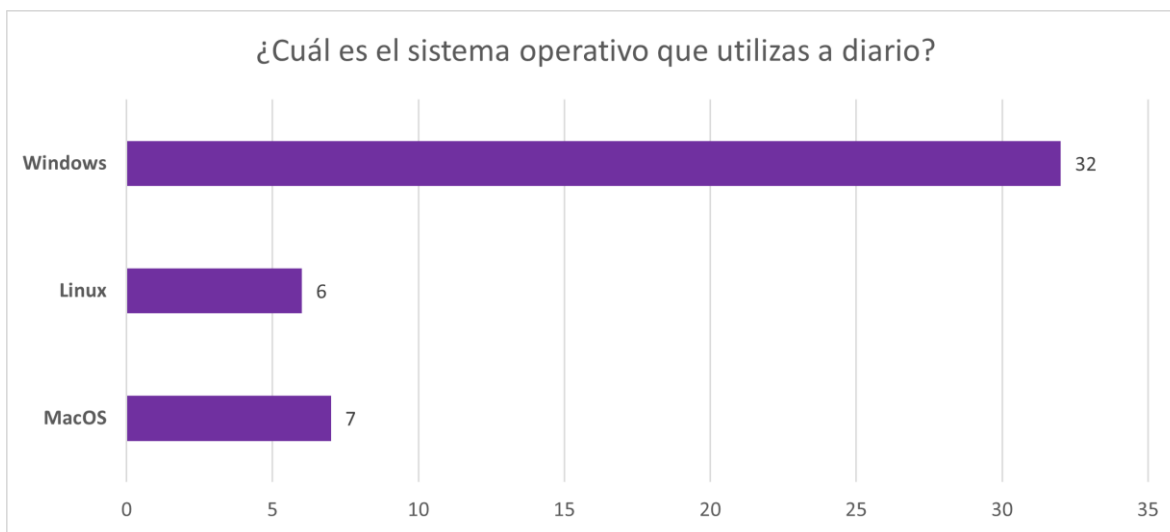
Recuento de ¿Cuál es tú grado de discapacidad visual?



www.bdigital.ula.ve

En la imagen se puede observar que, un 81.6% de las personas participantes padecen de ceguera, y un 18.4% padece de baja visión.

Figura 4. ¿Cuál es el sistema operativo que utilizas a diario?



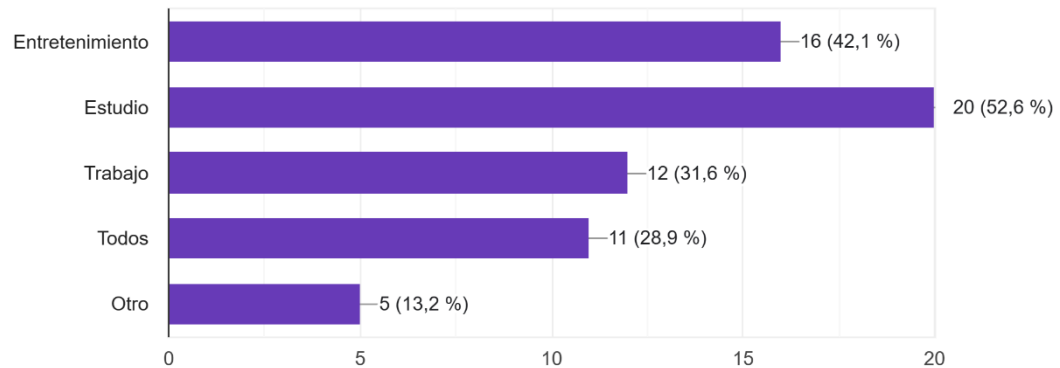
Se determinó que, 32 personas utilizan Windows, esto representa 84.21% del total. 7 usan MacOS, esto representa 18.42%. y 6 personas usan Linux, esto representa 15.78% de la población total.

www.bdigital.ula.ve

Figura 5. ¿Para qué utilizas el sistema operativo?

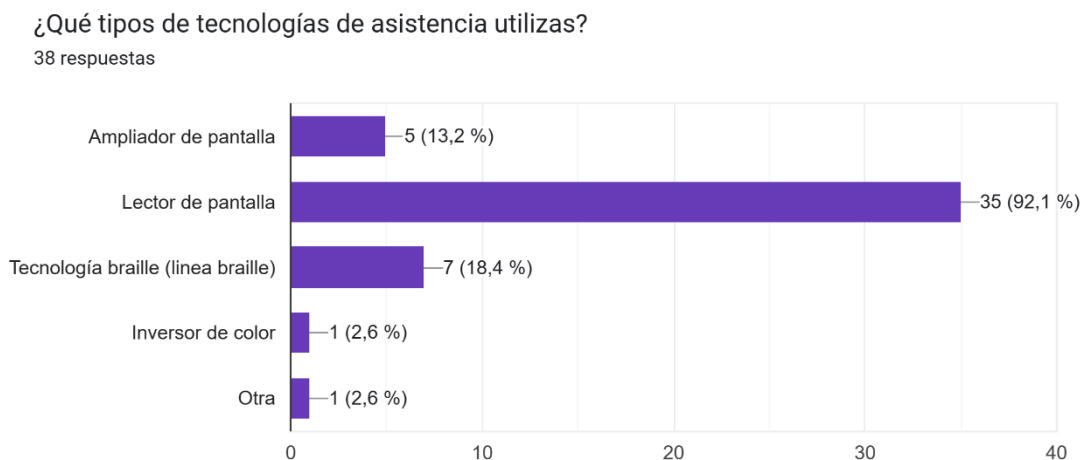
¿Para qué utilizas el sistema operativo?

38 respuestas



En el gráfico, se puede determinar que, 20 personas usan los sistemas operativos para estudio, esto representa un 52.6% de la población total. 16 personas los usan para entretenimiento, representando un 42.1%. 12 personas lo usan para trabajo, con un 31.6. 11 personas los usan para todo, con un 28.9%. 5 personas, los usan para otras actividades.

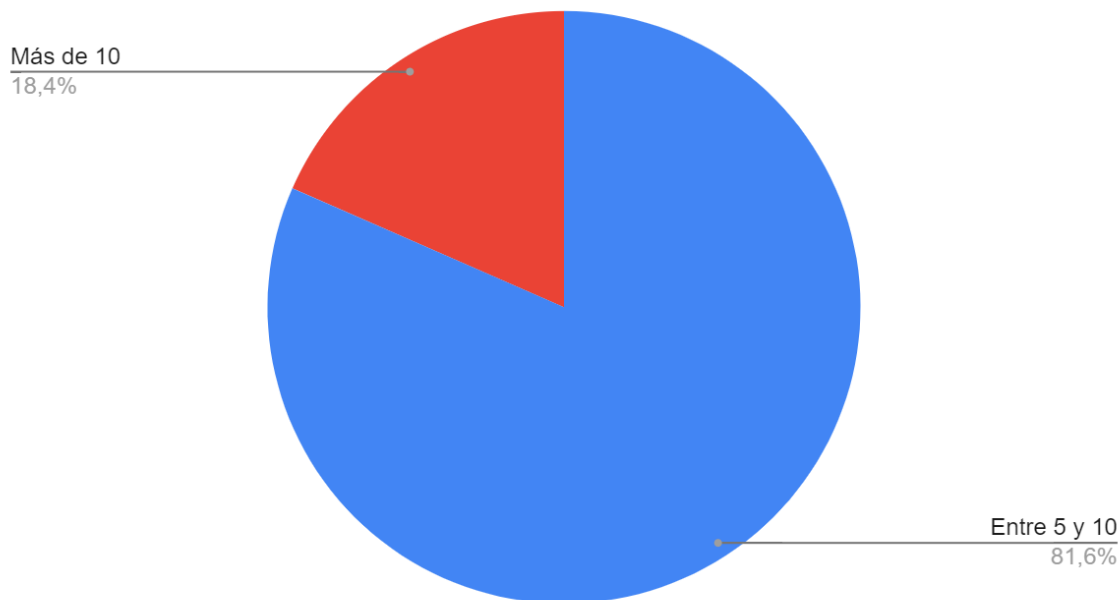
Figura 6. ¿Qué tipos de tecnologías de asistencia utilizas?



En base a la imagen, se concluyó que 36 personas usan lectores de pantalla como herramienta de accesibilidad, representando un 92.1% de la población total. 7 personas usan tecnologías braille, representando un 18.4%. 1 persona usa inversor de color, representando 2.6%. 1 persona usa otro tipo de tecnología de accesibilidad, representando un 2.6% de la población.

Figura 7. ¿Cuántas aplicaciones utilizas en tu día a día?

Recuento de ¿Cuántas aplicaciones utilizas en tu día a día?

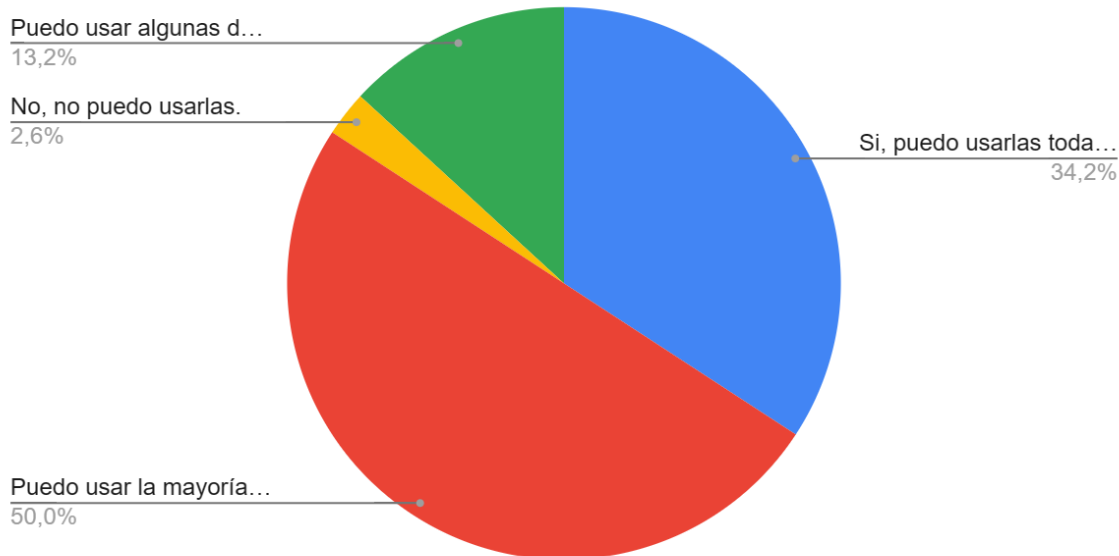


www.bdigital.ula.ve

De la figura anterior, se determinó que un 81.6% de la población usa entre 5 y 10 aplicaciones en su día a día, y un 18.4% usa más de 10.

Figura 8. ¿Estas aplicaciones pueden usarse únicamente con el teclado?

Recuento de ¿Estas aplicaciones pueden utilizarse únicamente por medio del teclado?

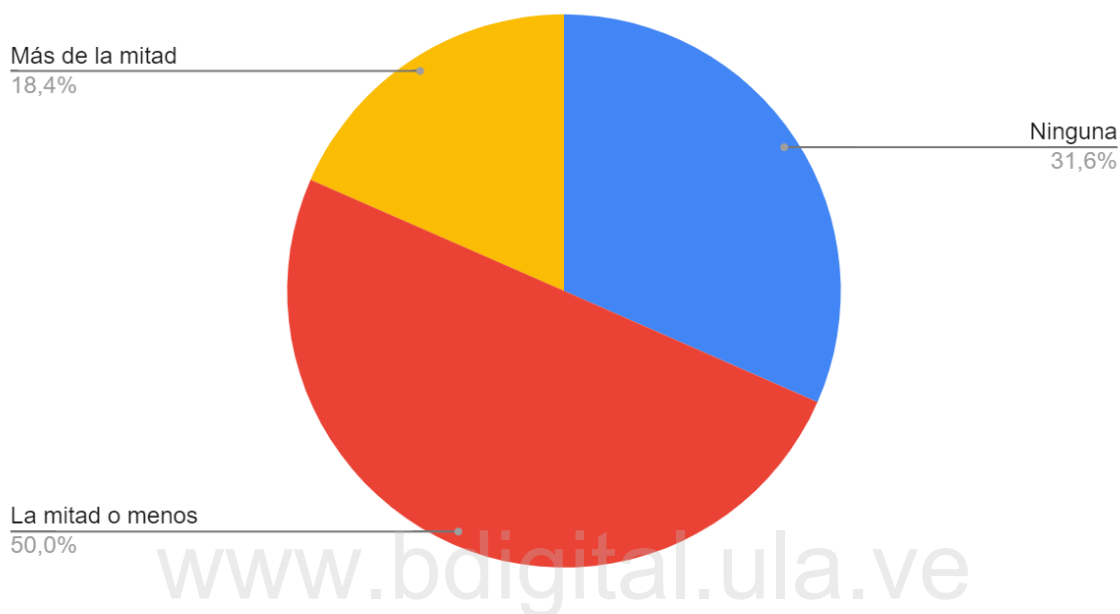


www.bdigital.ula.ve

Se pudo determinar que un 50% de la población puede usar la mayoría de las aplicaciones únicamente por medio del teclado (más de la mitad). Un 34.2% puede usar todas las aplicaciones. Un 13.2% puede usar algunas de las aplicaciones (menos de la mitad). Y con un 2.6% no puede usarlas.

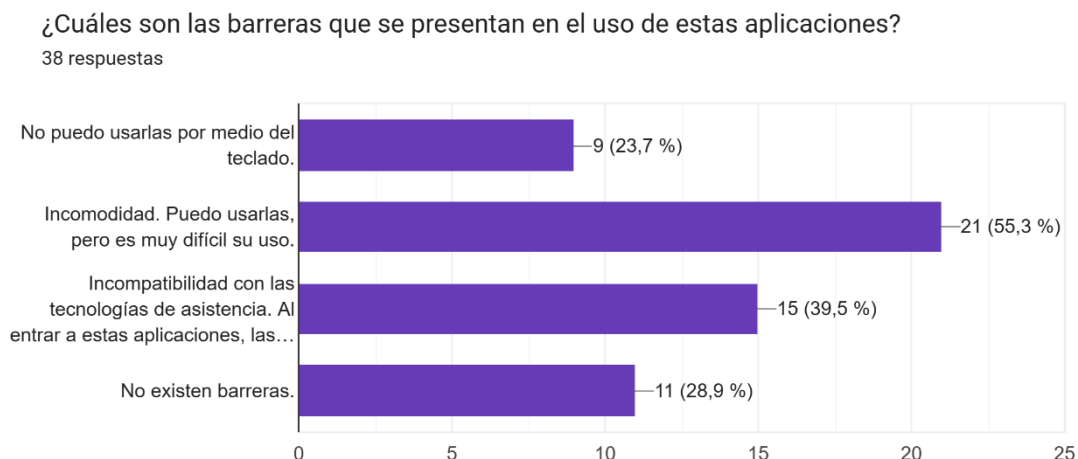
Figura 9. ¿Cuántas de esas aplicaciones presentan barreras para utilizarlas junto a las tecnologías de asistencia?

Recuento de ¿Cuántas de esas aplicaciones presentan barreras para utilizarlas junto a las tecnologías de asistencia?



Se llegó a la conclusión de que un 50% de las personas al usar sus aplicaciones, presentan barreras en menos de la mitad de ellas. Un 31.6% no presenta barreras. Y un 18.4% presentan barreras en más de la mitad.

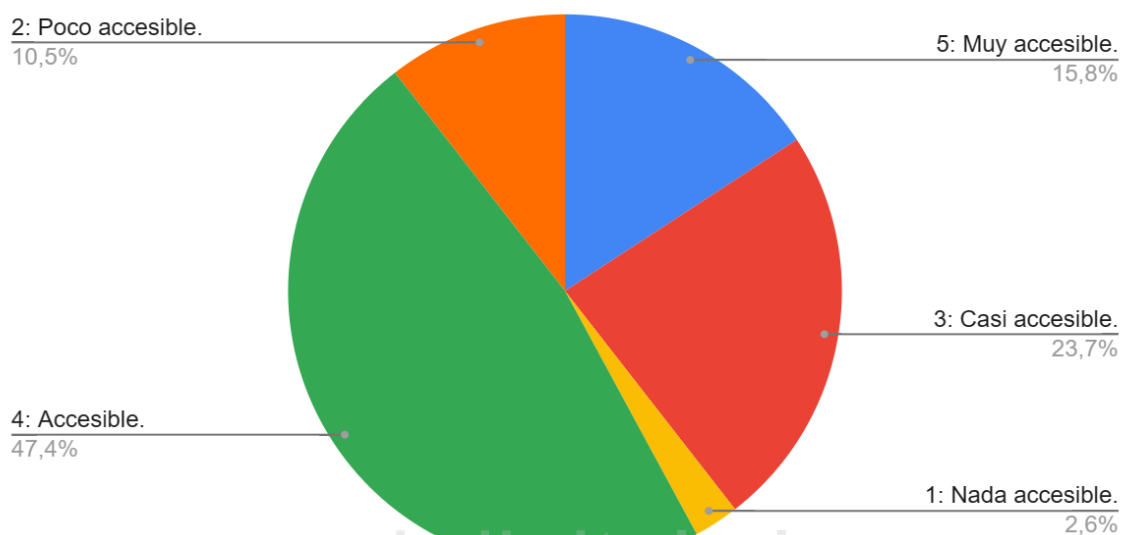
Figura 10. ¿Cuáles son las barreras que se presentan en el uso de estas aplicaciones?



Luego de un análisis, se determinó que 21 personas presentan incomodidad de uso en las aplicaciones, aunque pueden utilizarlas, representando un 55.3% de la población total. 15 personas presentan incompatibilidad con las tecnologías de asistencia, representando un 39.5%. 11 personas no presentan barrera, representando un 28.9% de la población total. 9 personas no pueden usar ciertas aplicaciones por medio del teclado únicamente, representando un 23.7.

Figura 11. En una escala del 1 al 5, clasifica la accesibilidad en estas aplicaciones en general.

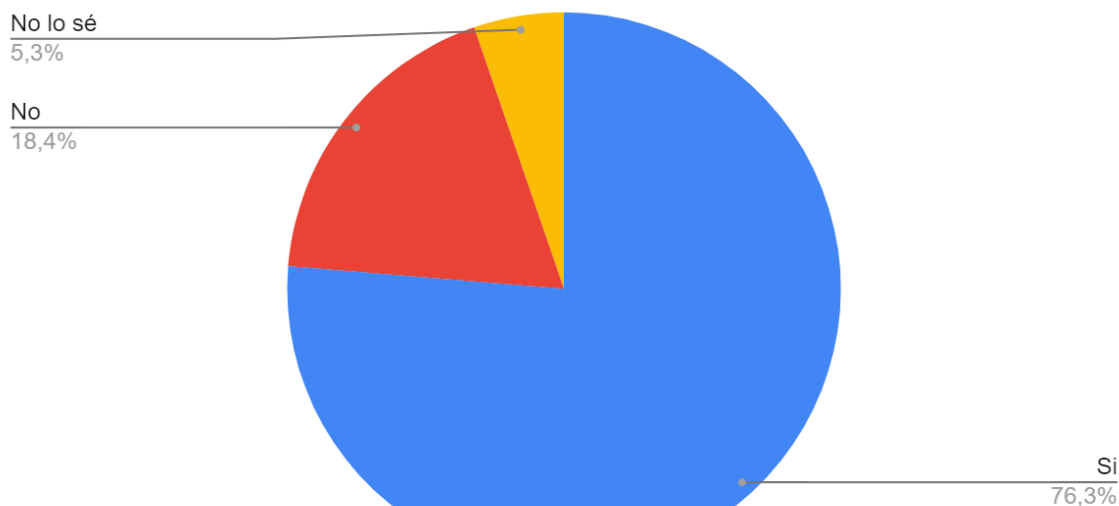
Recuento de En una escala del 1 al 5, califica la accesibilidad en estas aplicaciones en general. Esto incluye en uso de ella...



Se llegó a la conclusión de que 47.4% de la población de estudio considera que las aplicaciones que usan son accesibles, un 23.7% consideran que son casi accesibles, un 15.8% consideran que son muy accesibles, 10.5% consideran que las aplicaciones son poco accesibles, y un 2.6% consideran que no son accesibles.

Figura 12. ¿En el ecosistema del sistema operativo que usas, están disponibles tecnologías de asistencia de terceros?

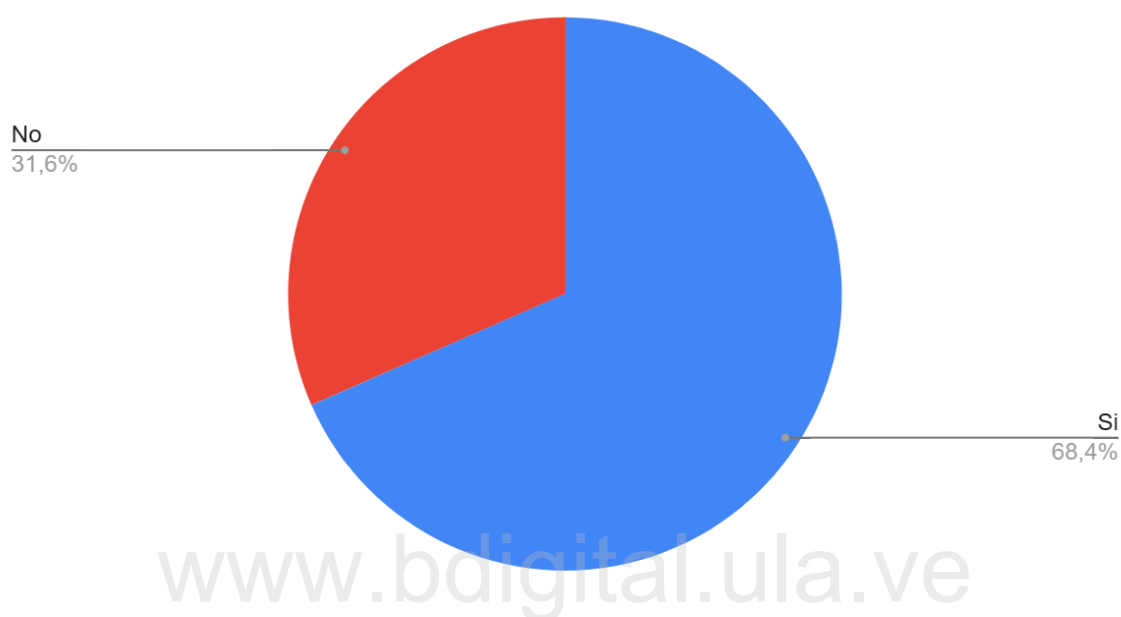
Recuento de ¿En el ecosistema del sistema operativo que usas, están disponibles tecnologías de asistencia de tercero...



Con base a la figura mostrada, un 76.3% de la población de estudio tiene acceso a tecnología de asistencia de terceros en el sistema operativo que utiliza. Un 18.4% no tiene acceso a estas tecnologías. Y un 5.3% no lo sabe.

Figura 13. ¿Utilizas tecnologías de asistencia de terceros en reemplazo de las proporcionadas por el sistema operativo?

Recuento de ¿Utilizas tecnologías de asistencia de terceros en reemplazo de las proporcionadas por el sistema operativo?



Se concluyó que un 76.3% de las personas encuestadas usan tecnologías de terceros en reemplazo de las integradas con su sistema operativo, mientras que un 23.7% no las usa.

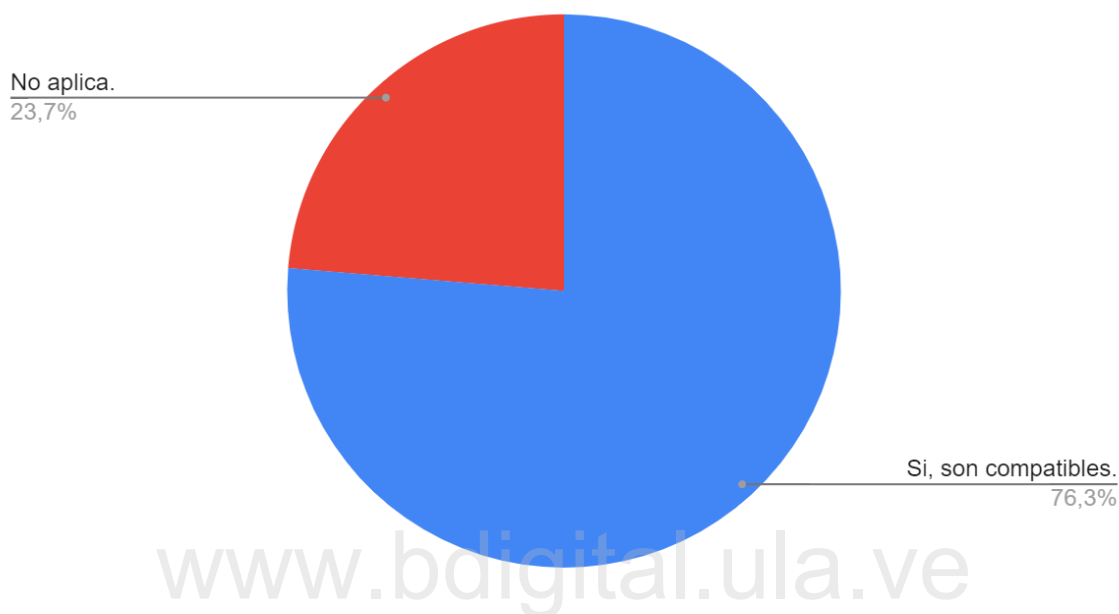
Figura 14. ¿Por qué usas tecnologías de asistencia de terceros junto a tu sistema operativo?



Resultó que, 29 personas consideran que las tecnologías de asistencia integradas no cumplen con sus necesidades, representando un 76.3% del total de la población. 9 personas no usan, representando un 23.7% del total. 9 personas usan tecnologías de terceros debido a incomodidad de uso, representando un 23.7% de la población total. 4 personas usan tecnologías de terceros debido a que causan incompatibilidades con el sistema operativo, esto representa un 10.5% del total.

Figura 15. ¿Esas tecnologías de terceros son compatibles con el sistema operativo que utilizas, o generan algún tipo de inestabilidad?

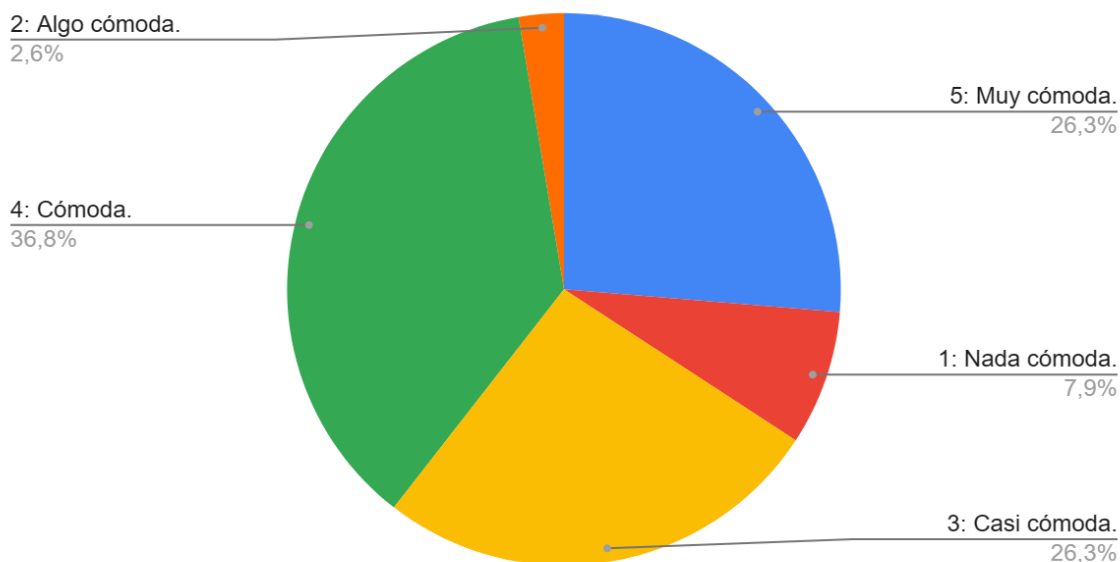
Recuento de ¿Esas tecnologías de terceros son compatibles con el sistema operativo que utilizas, o generan algún tipo de...



Se determinó que un 76.3% de las personas encuestadas usan tecnologías de asistencia de terceros, y estas son compatibles con el sistema operativo que usan. Mientras que para un 23.7% esta pregunta no aplica.

Figura 16. Del 1 al 5, ¿Qué tan cómoda es la voz computarizada que posee?

Recuento de Con respecto a los lectores de pantalla, del 1 al 5,
¿Qué tan cómoda es la voz computarizada que posee?

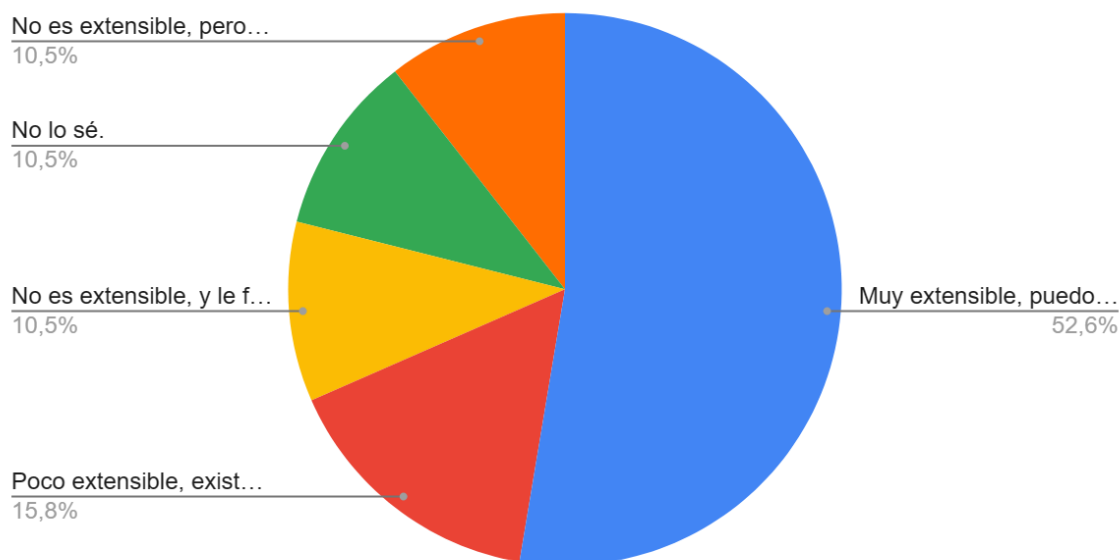


www.bdigital.ula.ve

Se determinó que un 36.8% de la población considera que la voz generada por computadora que aplica la tecnología de terceros que usa es cómoda. Un 26.3% considera que es muy cómoda. Un 26.3% considera que es casi cómoda. Un 7.9% considera que la voz no es nada cómoda. Y 2.6% considera que es algo cómoda.

Figura 17. ¿Qué tan extensible es el lector de pantalla que usas?

Recuento de ¿Qué tan extensible es el lector de pantalla que usas?

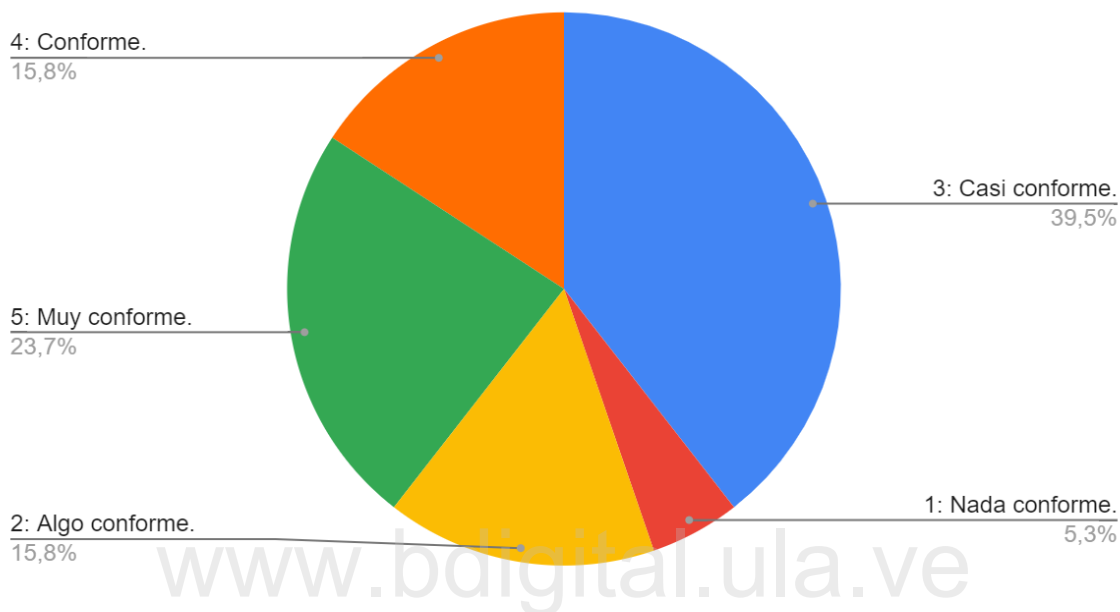


www.bdigital.ula.ve

Con la figura mostrada, se determinó que Un 52.6% considera que la tecnología de asistencia que usa es muy extensible. Un 15.8% considera que es Poco extensible, existen un número limitado de extensiones para añadirle funcionalidades. Un 10.5% considera que no es extensible, y le faltan funcionalidades. Un 10.5% considera que no es extensible, pero tiene todas las funcionalidades que esa persona necesita. Y un 10.5% no lo sabe.

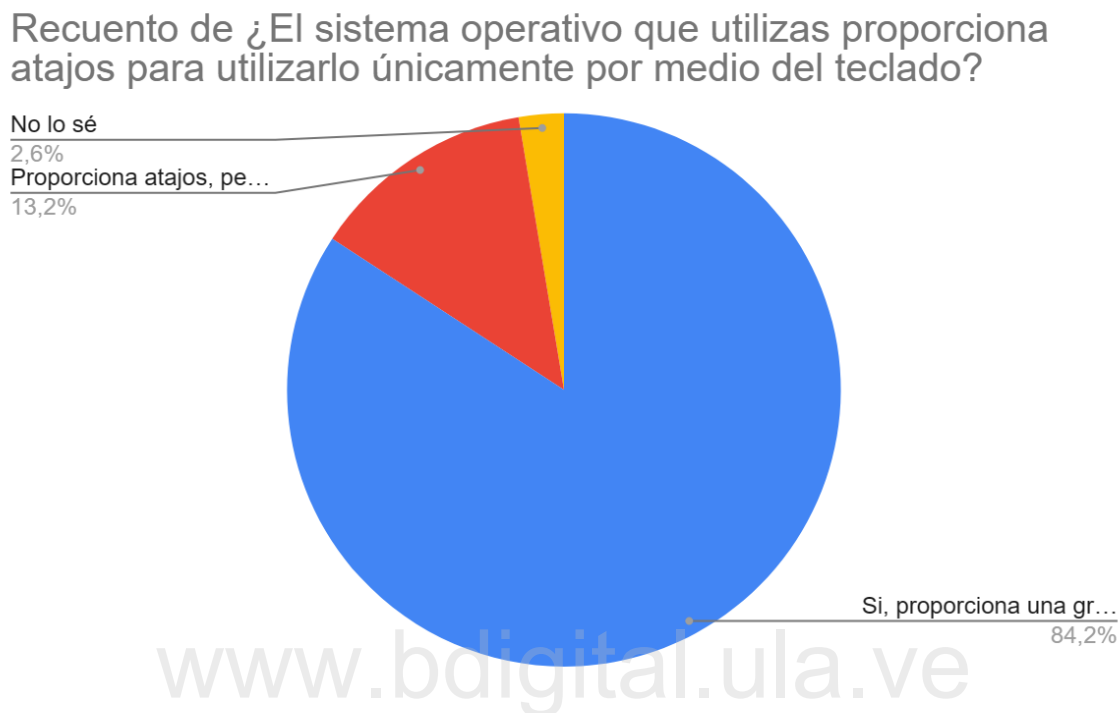
Figura 18. Del 1 al 5, ¿Qué tan conforme estás con el lector de pantalla que usas?

Recuento de Del uno al 5, ¿qué tan conforme estás con el lector de pantalla que usas?



Los resultados expresaron que un 39.5% están casi conformes con su lector de pantalla. Un 23.7% están muy conformes. Un 15.8% están conformes. Un 15.8% están algo conformes. Y un 5.3% no están conformes.

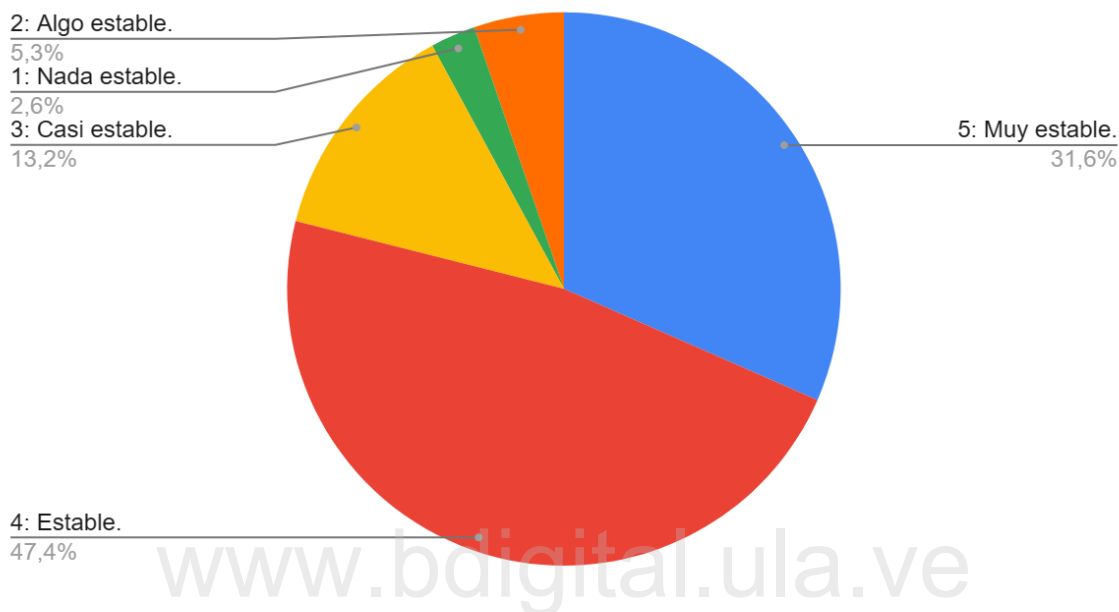
Figura 19. ¿El sistema operativo que utilizas proporciona atajos para utilizarlo únicamente por medio del teclado?



Se concluyó que, un 84.2% de la población considera que el sistema operativo que usa proporciona una gran cantidad de atajos de teclado. Un 13.2% opinan que proporciona atajos, pero es una cantidad limitada. Un 2.6% no lo sabe.

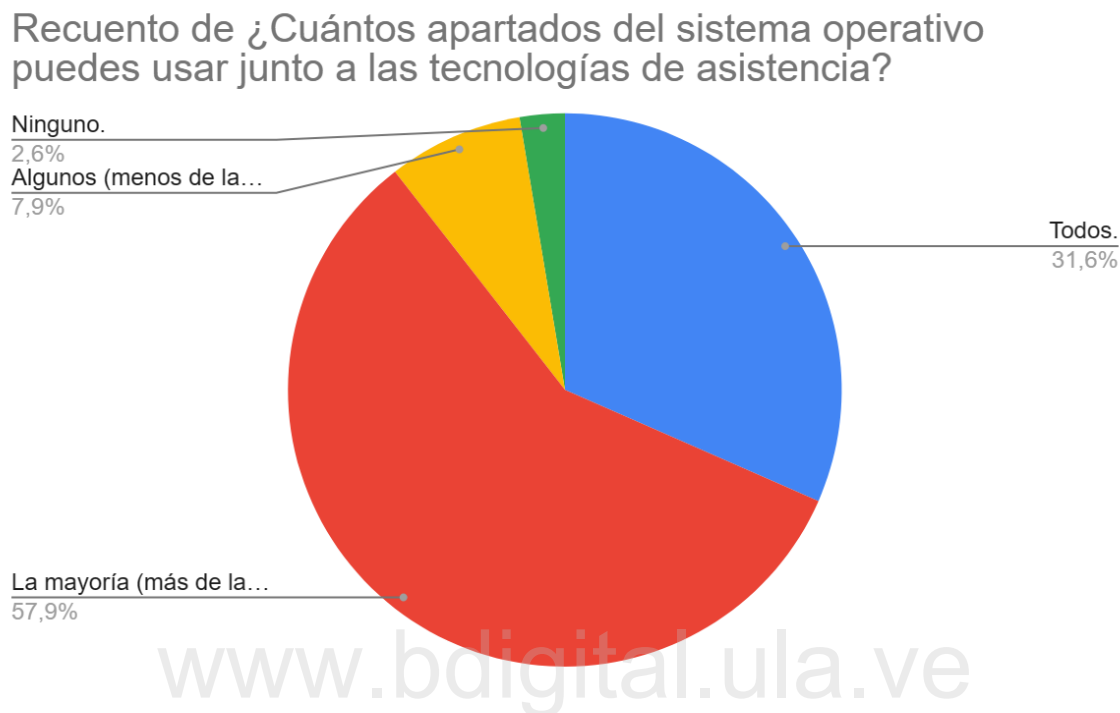
Figura 20. Del 1 al 5, ¿Qué tan estable es tu sistema operativo cuando se usa de manera prolongada junto a las tecnologías de asistencia?

Recuento de Del 1 al 5, ¿Qué tan estable es tu sistema operativo cuando se usa de manera prolongada junto a las t...



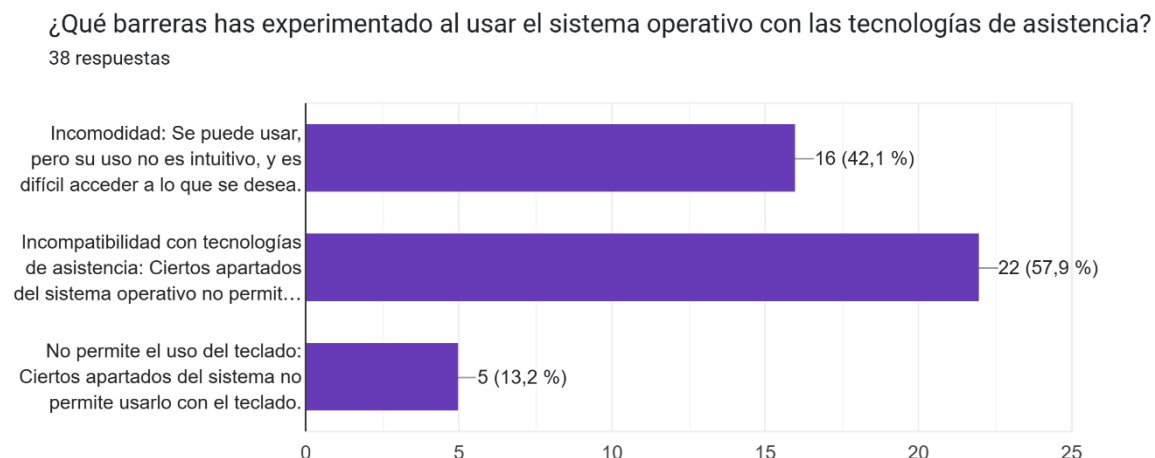
Luego de analizar, se llegó a la conclusión que un 47.4% de la muestra considera que el sistema operativo es estable al usarse por tiempo prolongado con las tecnologías de asistencia. Un 31.6% considera que es muy estable. Un 13.2% considera que es casi estable. Un 5.3% considera que es algo estable. Y un 2.6% considera que no es estable.

Figura 21. ¿Cuántos apartados del sistema operativo puedes usar junto a las tecnologías de asistencia?



La figura muestra que un 57.9% de la población de estudio puede usar la mayoría de los apartados del sistema operativo (más de la mitad). Un 31.6% puede usar todos los apartados. Un 7.9% puede usar algunos apartados (menos de la mitad). Y un 2.6% no puede usar ningún apartado.

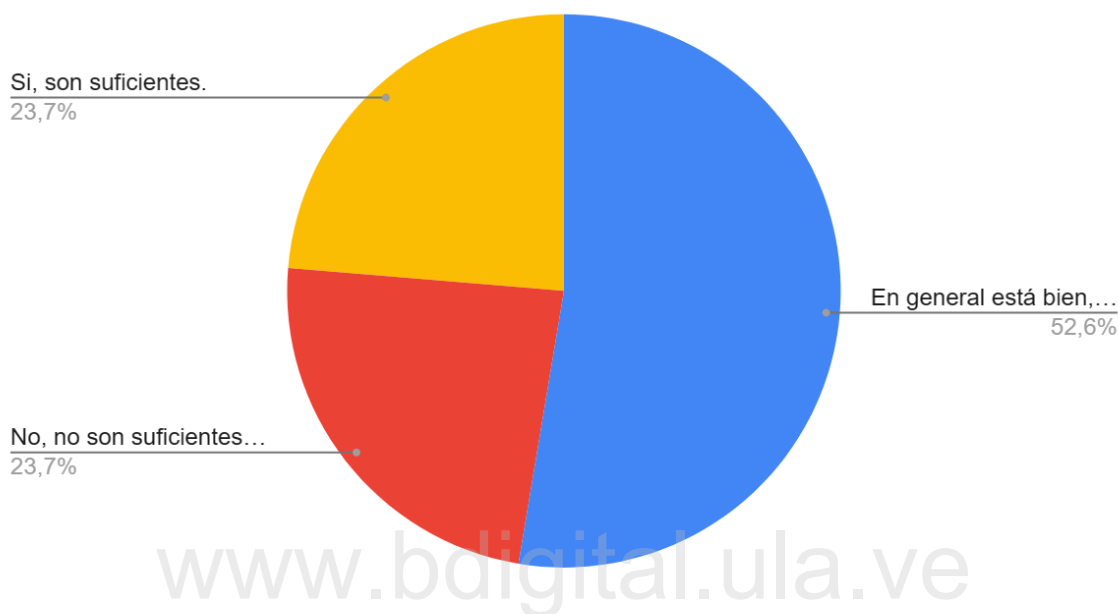
Figura 22. ¿Qué barreras has experimentado al usar el sistema operativo con las tecnologías de asistencia?



Se determinó que, 22 personas enfrentan la barrera de incompatibilidad con ciertas aplicaciones o apartados del sistema operativo, esto representa un 57.9% del total de la población. 16 personas presentan la barrera de incomodidad de uso, representando un 42.1%. Y 5 personas presentan la barrera de que no permite el uso del teclado, y ciertos apartados del sistema operativo solo se puede usar con el mouse, esto representa un 13.2%.

Figura 23. ¿Crees que las opciones de accesibilidad en tu sistema operativo son suficientes para satisfacer tus necesidades?

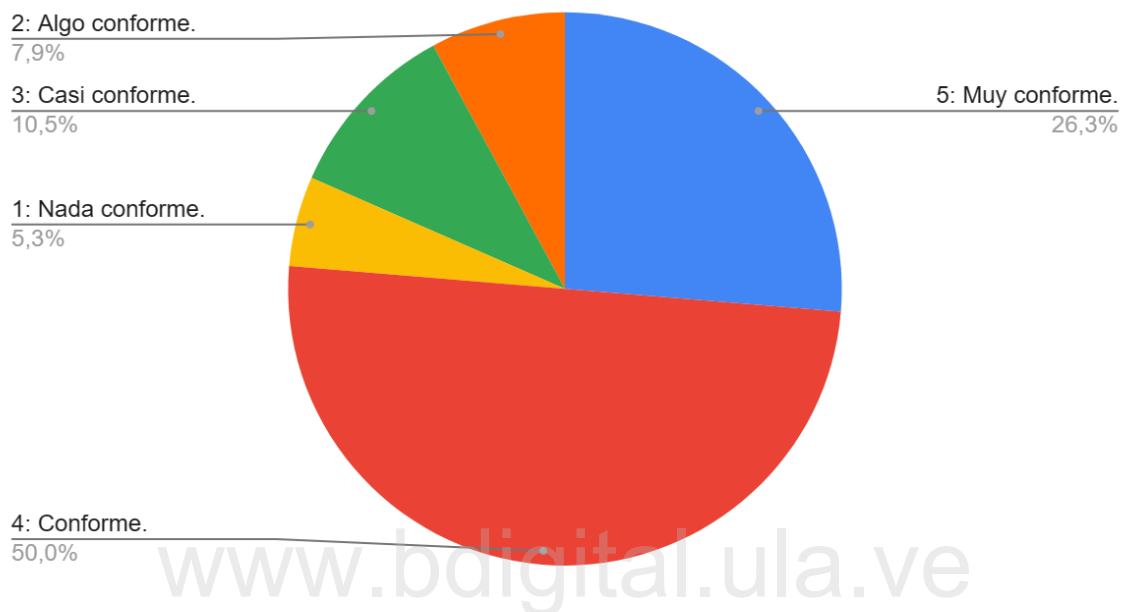
Recuento de ¿Crees que las opciones de accesibilidad en tu sistema operativo son suficientes para satisfacer tus necesid...



La figura muestra que un 52.6% de la población de estudio considera que las opciones de accesibilidad en general están bien, pero les gustaría mejoras. Un 23.7% consideran que si son suficientes. Y un 23.7% consideran que no son suficientes.

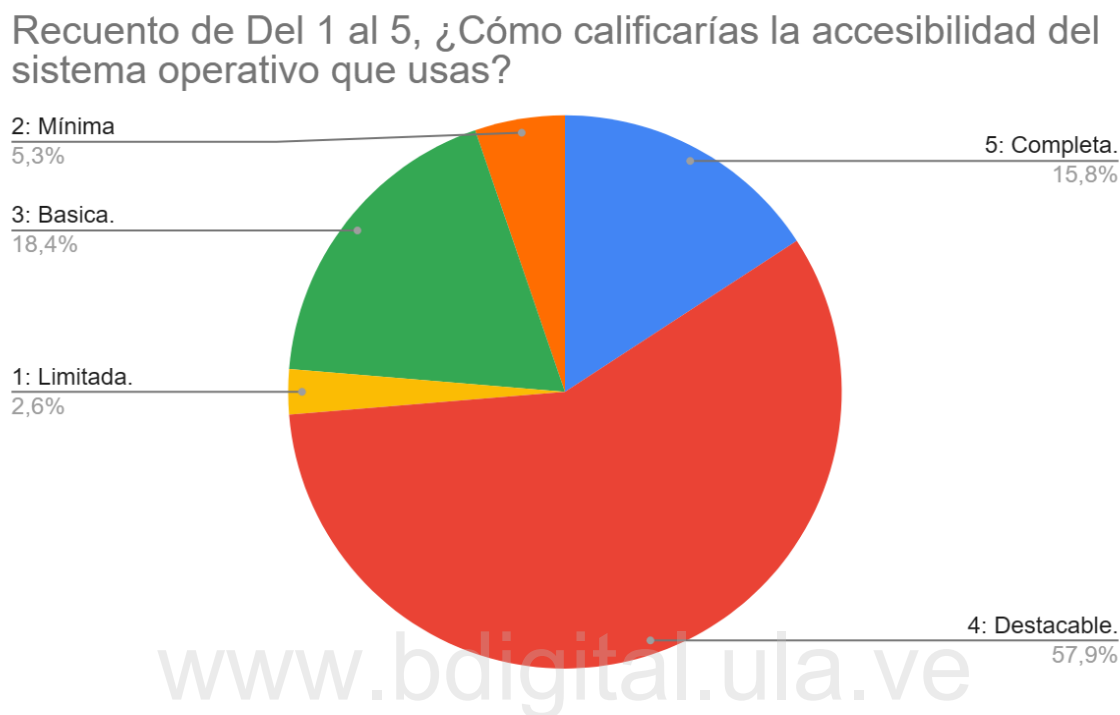
Figura 24. Del 1 al 5, ¿cuál es tu nivel de conformidad con el sistema operativo?

Recuento de Del 1 al 5, ¿cuál es tu nivel de conformidad con el sistema operativo?



Se pudo determinar que, un 50% están conformes con el sistema operativo que usan. Un 10.5% están casi conformes. Un 7.9% están algo conformes. Y un 5.3% no están conformes.

Figura 25. Del 1 al 5, ¿Cómo calificarías la accesibilidad del sistema operativo que usas?



Con base a los datos recopilados, resultó que un 57.9% califican el nivel de accesibilidad como destacable. Un 18.4% lo califican como básica. Un 15.8% lo califica como completa. Un 5.3% lo califica como mínima. Y un 2.6% lo califica como limitada.

Nota: Todos los gráficos mostrados en esta sección fueron generados con la herramienta de hojas de cálculo de Google. Si el lector está interesado, puede ver los datos completos en:

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1oThyZVMGH7eRgX4HUfDpwq16ppR2vjmrsga td61zEg/edit?usp=sharing>

A continuación se muestran diferentes capturas de pantalla de difusiones de la encuesta por grupos cuya temática es la tecnología, y sus integrantes son personas con discapacidad visual como prueba de la veracidad de los datos presentados arriba:

Figura 26. Prueba de difusión 1

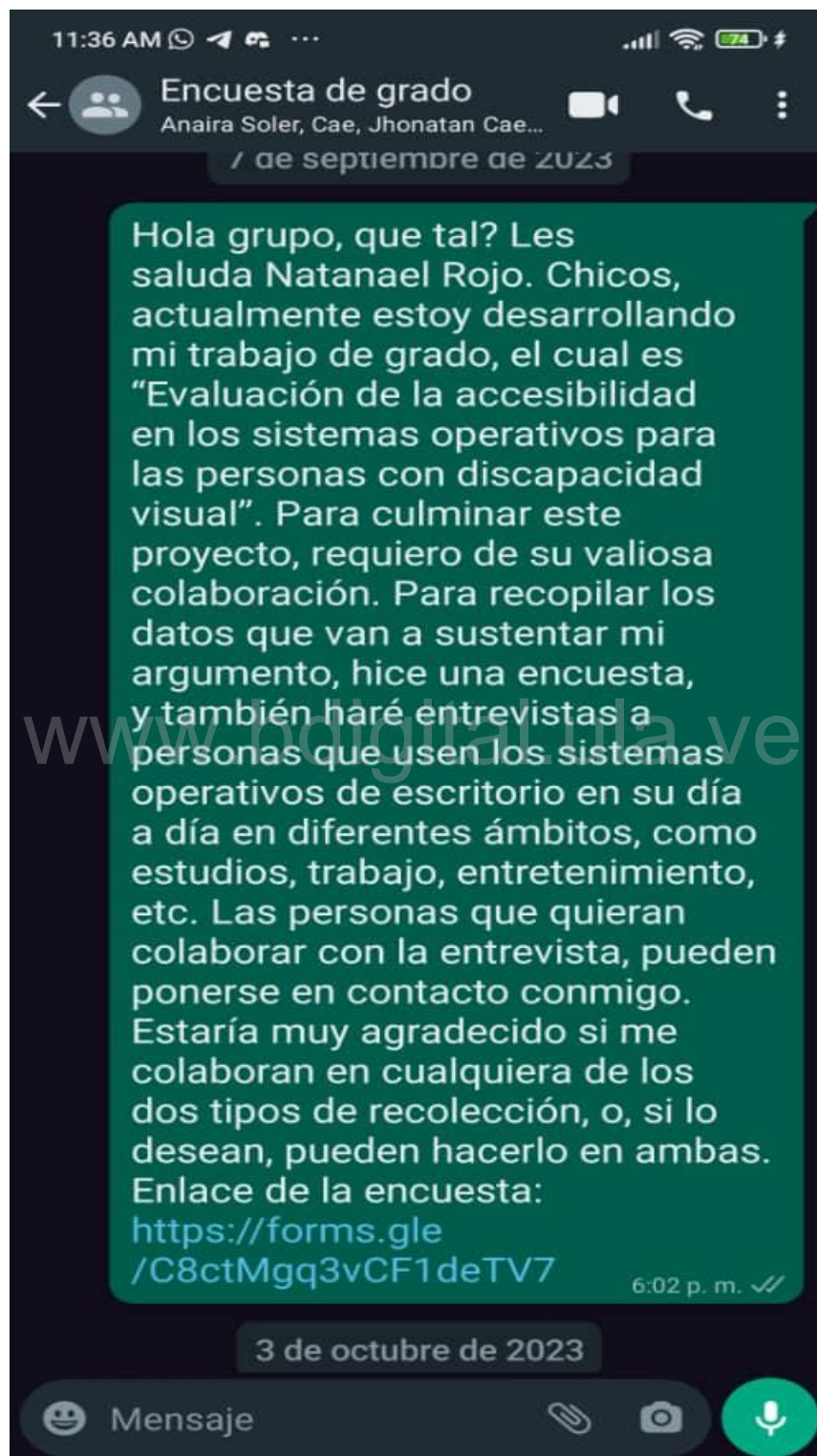


Figura 27. Prueba de difusión 2

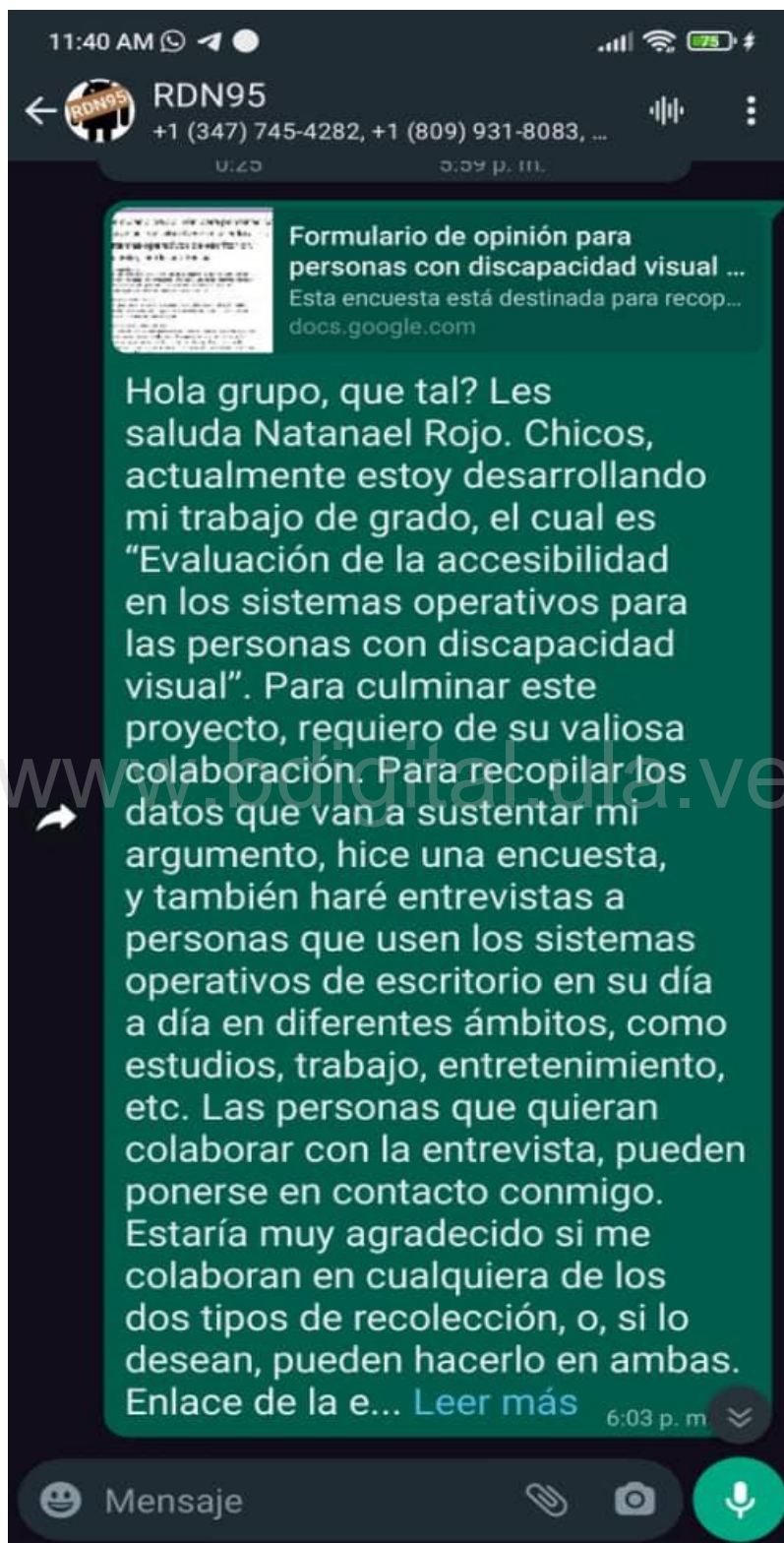


Figura 28. Prueba de difusión 3

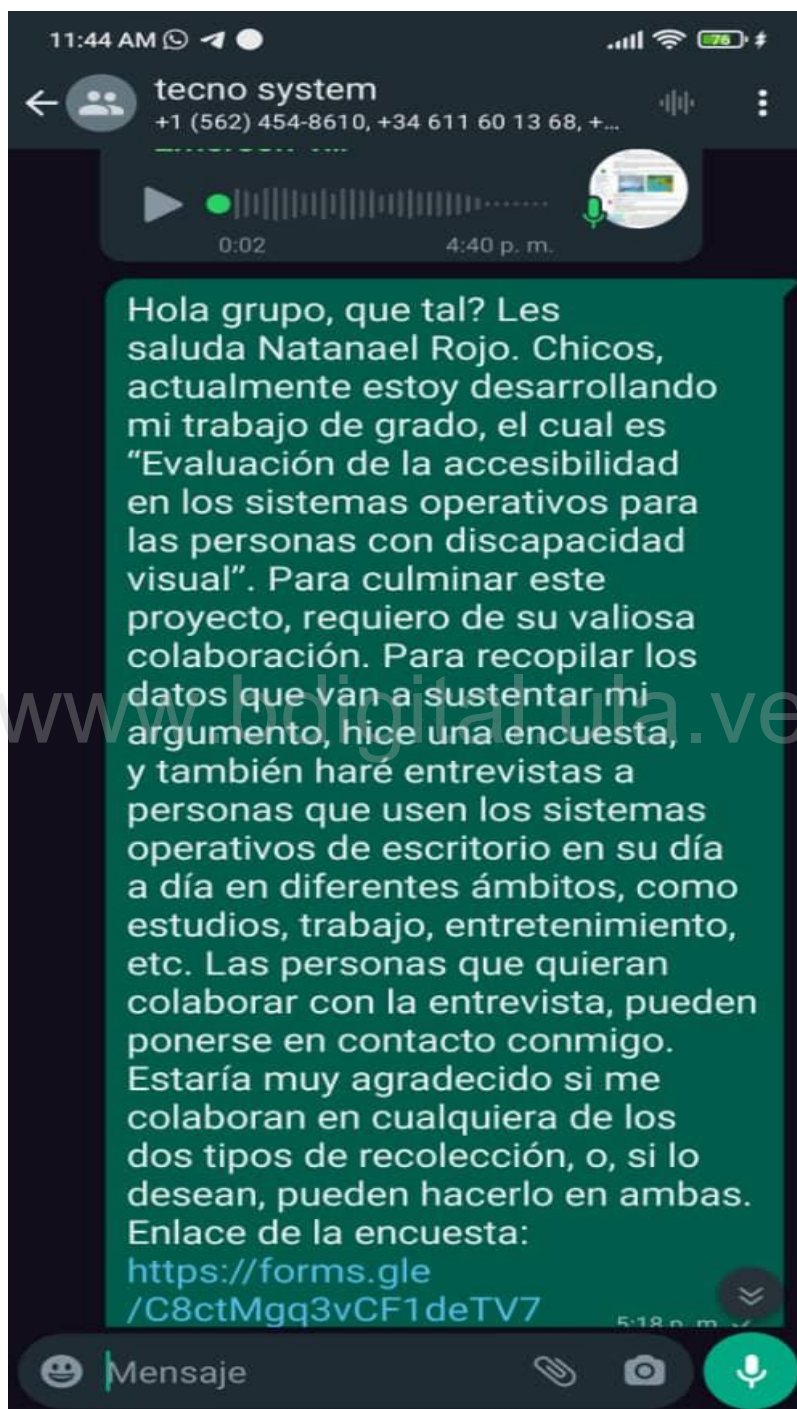


Figura 29. Prueba de difusión 4

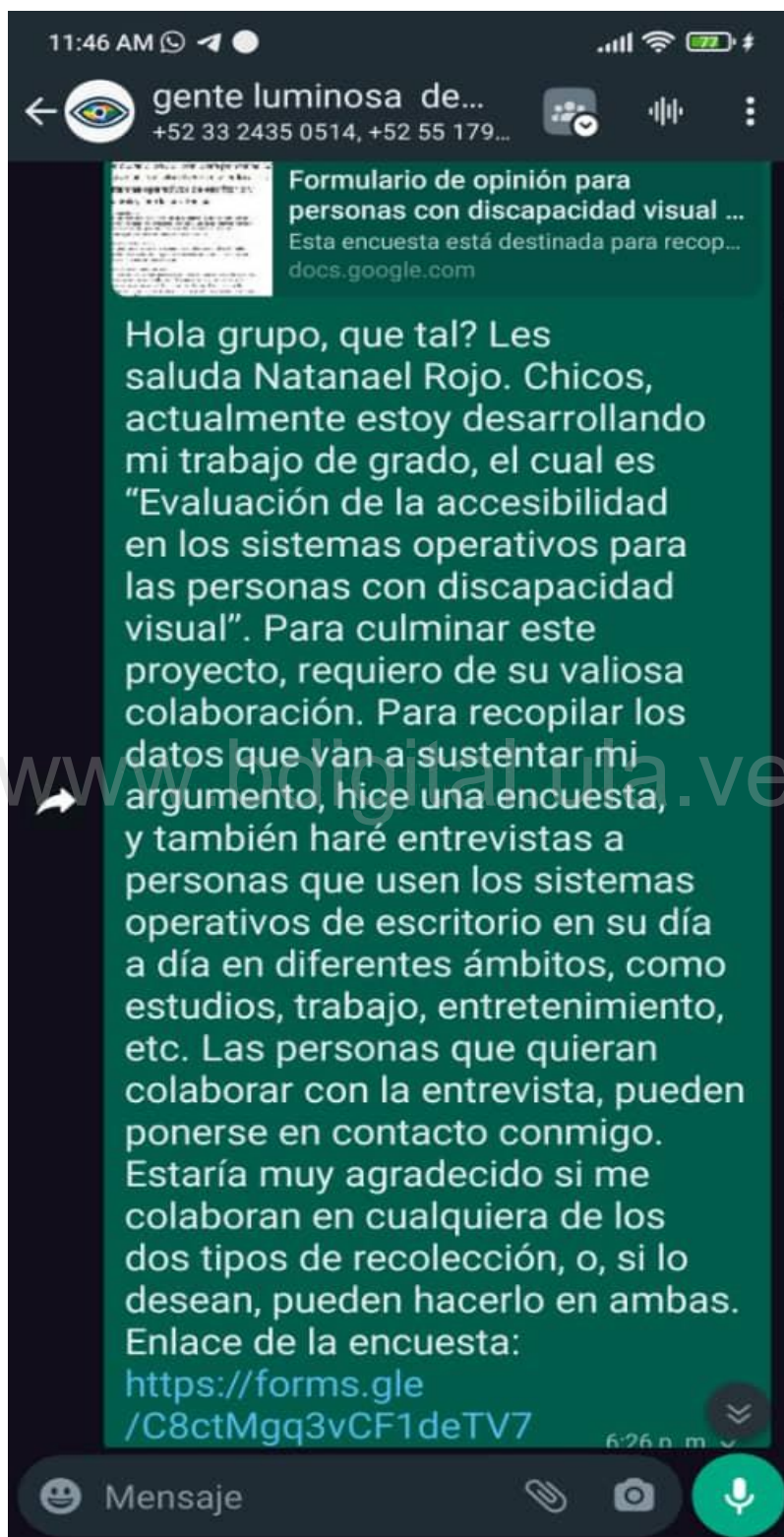


Figura 30. Prueba de difusión 5

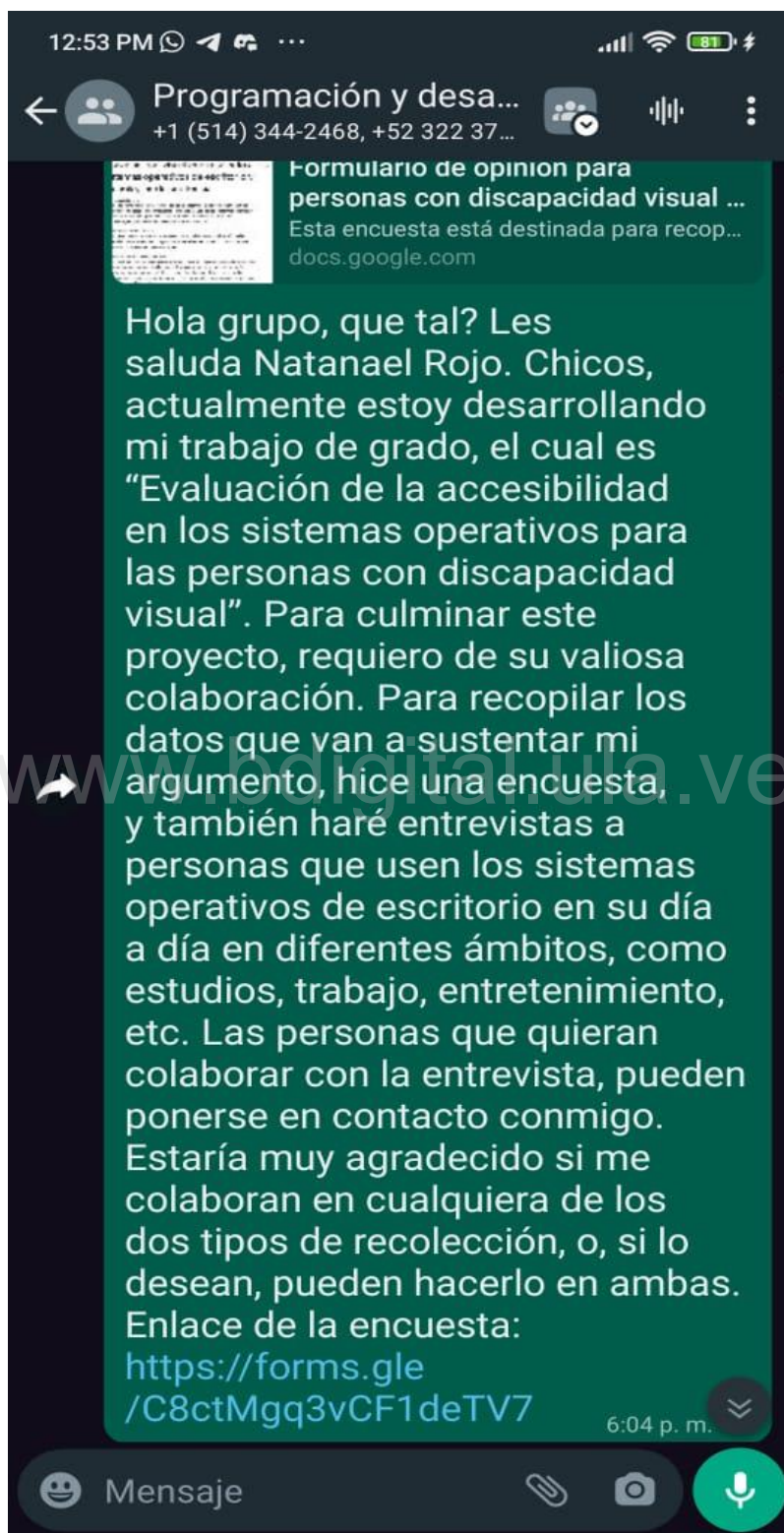


Figura 31. Prueba de difusión 6

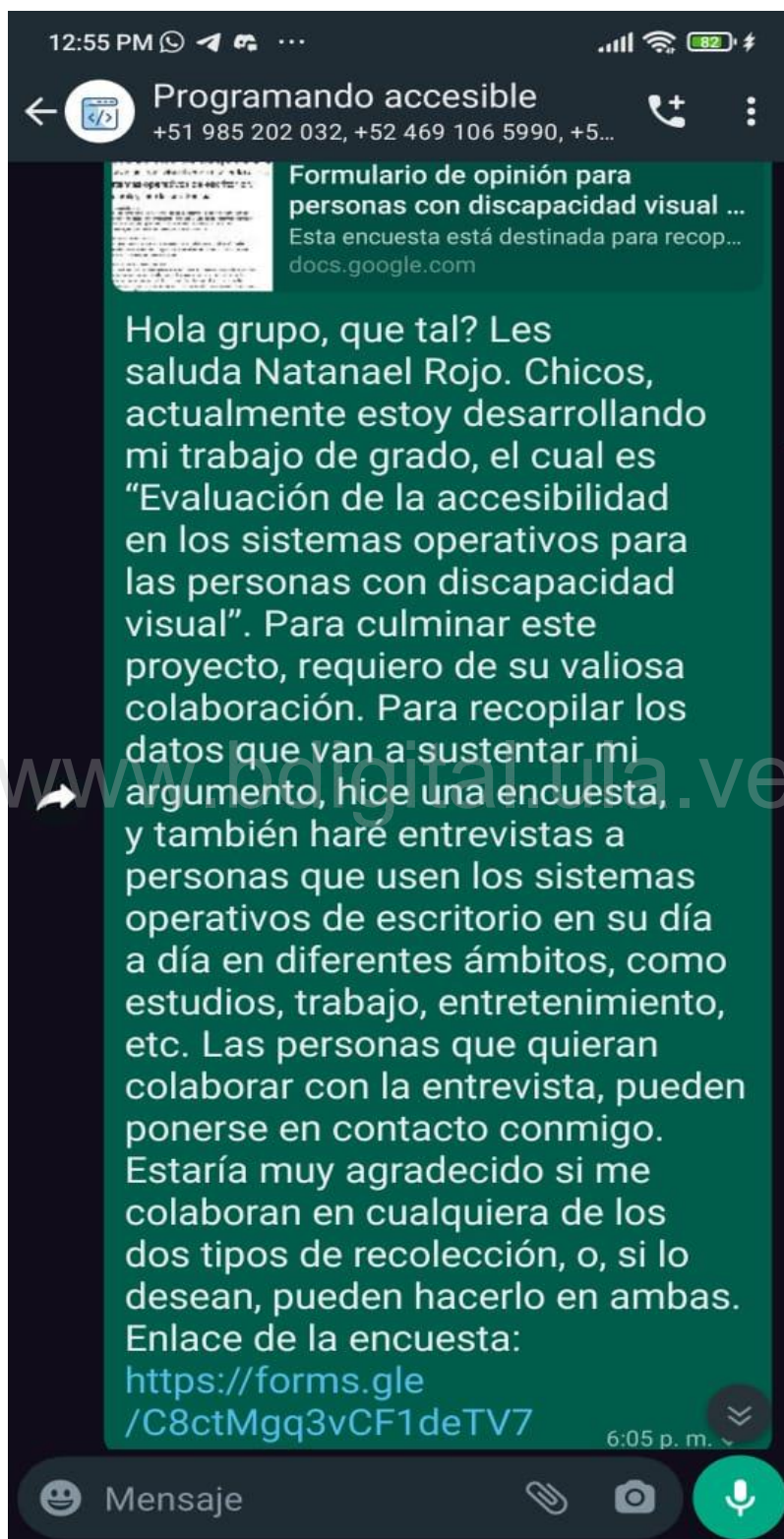


Figura 32. Prueba de difusión 7

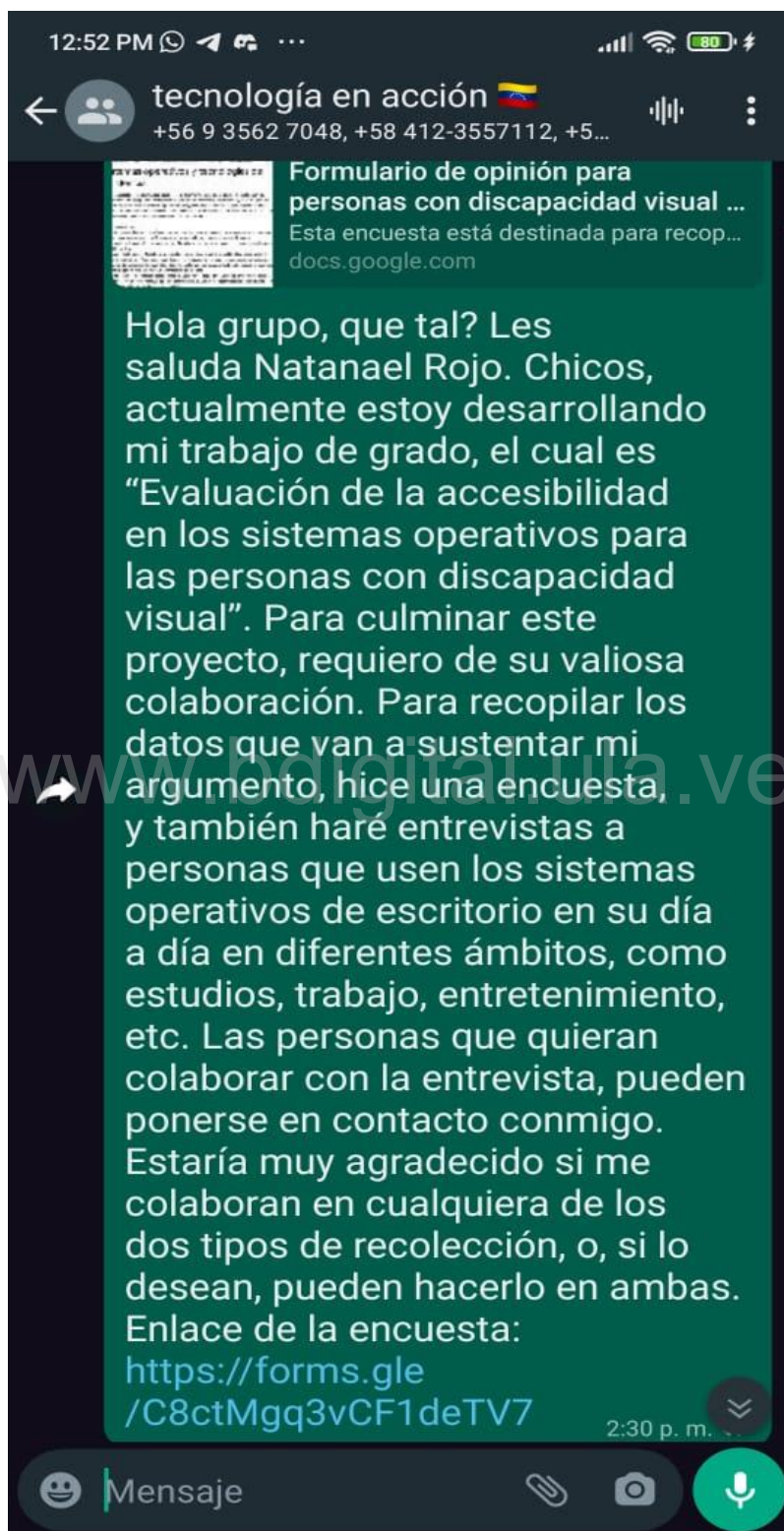
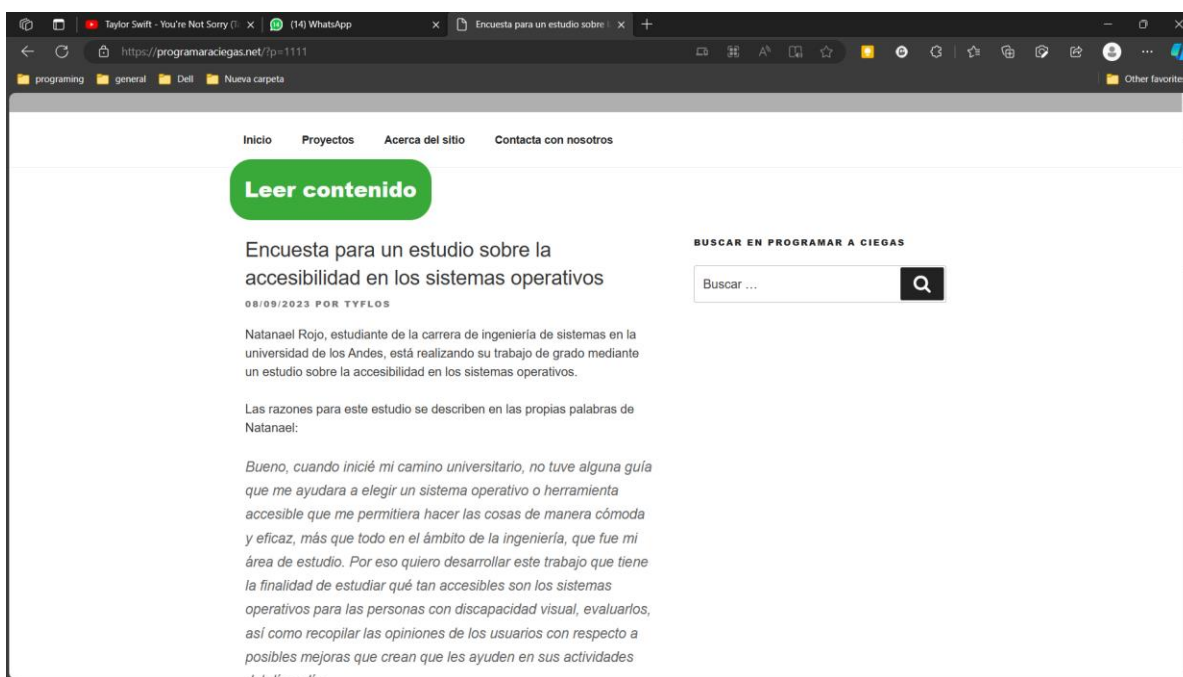
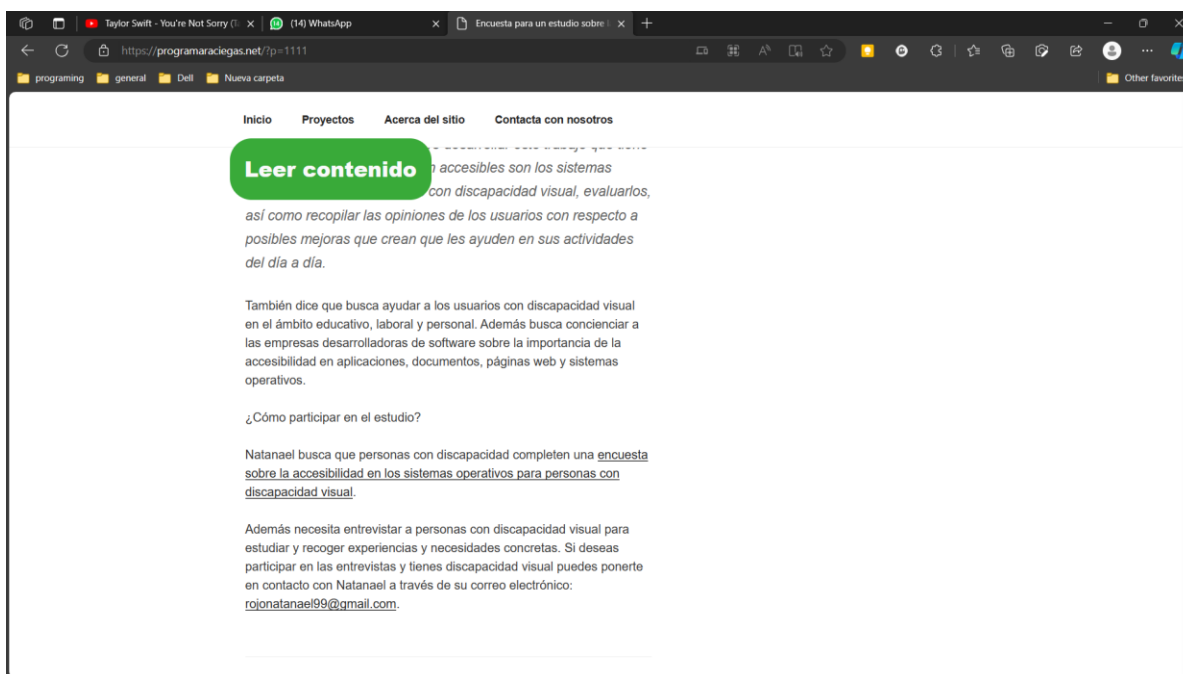


Figura 33. Prueba de difusión 8



www.bdigital.ula.ve



Fuente: <https://programaraciegas.net/?p=1111>

4.4.2.1 Análisis general de los datos

A continuación se recopilan, y se analizan los resultados más importantes que se generaron luego de que una población de 38 participantes respondiera la encuesta. La población de estudio está compuesta mayormente por personas entre 18 y 25 años representando un 34.2%, seguido por las personas que son menores de edad, y las que tienen entre 26 y 36 años, con un 31.6%, luego, tenemos a las que tienen entre 36 y 45 años con un 21.1%, y, finalmente, las que tienen entre 46 y 65 años, con un 13.2%. En esta población, un 81.6% de las personas padecen de ceguera total, mientras que un 18.4% padece baja visión. 20 personas usan los sistemas operativos para estudios, 16 personas los usan para entretenerse, 11 personas los usan para todo, y 5 personas los usan para otro tipo de actividades. En general, se puede observar que la mayor parte de las personas que usan los sistemas operativos son adultos jóvenes, y los usan para sus estudios y entretenerse, casi en su totalidad, además, casi el 100% de la población de estudio padece de ceguera total.

36 personas usan lector de pantalla como su tecnología de asistencia principal, demostrando lo indispensable que es esta herramienta para las personas con discapacidad visual. Un 81.6% de la población usa entre 5 y 10 aplicaciones en su día a día, y un 18.4% usa más de 10, el 50% de las personas puede usar más de la mitad de las aplicaciones únicamente por el teclado, un 34.2% puede usarlas todas, un 13.2% puede usar menos de la mitad, y un 2.6% no puede usarlas. Esto indica que se está tomando en cuenta varias de las pautas estudiadas anteriormente, en particular, las que detallan el uso del teclado en las aplicaciones, sin embargo, hace falta un poco más de integración, ya que aún hay usuarios que no pueden llegar a usar ni la mitad de las aplicaciones que tienen instaladas.

El 50% de las personas presentan barreras en menos de la mitad de las aplicaciones que usan, un 31.6% no presenta barreras, y un 18.4% presentan barreras en más de la mitad. Aquí, el 68.4% presenta barreras, en mayor, o menor medida, lo que pone de manifiesto que aún falta un gran camino por recorrer para disminuir estos números a lo menos posible. Estas barreras pueden ser, según la población, incomodidad de uso, manifestada por 21 personas, 15 personas manifestaron incompatibilidad entre la tecnología de asistencia y alguna de sus aplicaciones, 11 personas no presentan barreras, y 9 personas manifestaron que no pueden usar algunas aplicaciones únicamente con el teclado. Como se ve, estas barreras limitan el uso y acceso de las

personas con discapacidad visual, y de nuevo, el número de personas que presenta barreras es bastante elevado.

En general, las personas opinan que las aplicaciones son accesibles casi en su mayoría, pero siempre considerando lo anterior, que existen ciertas barreras de uso. Un 76.3% de la población tiene acceso a tecnologías de terceros, mientras que el 18.4% no usa. El mismo porcentaje de personas que tiene acceso a tecnologías de terceros, las usa en reemplazo de las integradas en su sistema operativo, y un 23.7% no las usa, ya que no están disponibles. De las 38 personas, 29 personas las usan debido a que las tecnologías integradas no cumplen con sus necesidades, 9 las utilizan debido a incomodidad de uso, y 4 personas debido a incompatibilidades. Aquí se observa que, la tecnología de asistencia de Windows (Narrador), resulta incómoda para la mayoría de usuarios, mientras que NVDA es mucho más utilizada. Esto se deduce de la tabla de los datos recopilados, y que se proporcionó anteriormente.

El 76.3% de la población manifestó que la tecnología de asistencia de terceros que usa es estable junto a su sistema operativo. En general, la población considera que la voz computarizada del sistema que utiliza está entre cómoda, y muy cómoda, lo cual es muy importante, ya que será lo que más escuchen estos usuarios, como se explicó anteriormente. La mayoría de las personas consideran que la tecnología de asistencia que usan es extensible, y puede adaptarse a sus necesidades, lo cual les brinda versatilidad al momento de interactuar con el sistema operativo que maneja. La población está conforme con la tecnología de asistencia que usa, en general, lo cual significa un buen avance en el ámbito de la accesibilidad. Con respecto a los atajos de teclado del sistema operativo, la población de estudio manifestó que dicho sistema proporciona una gran cantidad de ellos para acceder a sus funcionalidades, lo cual es de vital importancia para las personas con discapacidad visual, ya que como se ha dicho antes, es la forma principal de interactuar con el computador.

Cuando se usa el sistema operativo junto a las tecnologías de asistencia, las personas opinan que es estable en líneas generales, y pueden usar la mayoría de sus funcionalidades sin mayores complicaciones. Al momento de usarlo con las tecnologías de asistencia, 22 personas presentan la barrera de incompatibilidad con ciertos apartados de este, otras 16 manifiestan incomodidad de uso, y 5 que ciertas características no se pueden usar únicamente con el teclado. Esto indica que la compatibilidad es mayor con el propio sistema operativo, ya que se puede ver que los usuarios pueden usar más apartados del mismo, sin experimentar tantas barreras, como se vio en la sección de las aplicaciones, por ejemplo.

La mayoría de los usuarios manifiestan que las opciones de accesibilidad están bien y cumplen con sus necesidades, pero que les gustaría implementaciones de nuevas funcionalidades para facilitar el acceso a ciertos apartados del sistema operativo, o ejecutar ciertas tareas. Los usuarios en general están conformes con su sistema operativo, y lo califican como destacable en el apartado de la accesibilidad. Sin embargo, hay que aclarar que en la tabla de los datos recopilados, se puede observar que varios de los usuarios estudiados usan más de un sistema operativo en su día a día, lo que pone de manifiesto que un solo de estos sistemas a veces no es suficiente para determinados usuarios.

Esta gran diversidad causó no poder medir de manera certera los apartados para cada uno de ellos individualmente, es decir, los que respondieron que usan los 3 sistemas, por ejemplo, no se pudo determinar a que sistema operativo se refieren las respuestas a cada cuestión. Los usuarios que usan Windows como su único sistema operativo, lo calificaron muy positivamente, al igual que sucedió para MacOS. Por parte de Linux, la opinión no es tan homogénea, hay respuestas tanto buenas, como regulares con relación a este sistema. Basándonos en los datos anteriormente explicados y analizados, se puede decir que Los sistemas con mayor nivel de accesibilidad son MacOS y Windows.

Según los usuarios, y siguiendo las pautas del método de evaluación desarrollado, se puede decir que MacOS está en la categoría de Completa Accesibilidad (CA), al igual que Windows. Por parte de los sistemas basados en Linux, las personas que solo usan este sistema operativo, lo calificaron de manera regular. Tomando en cuenta lo mencionado arriba, de que ciertos usuarios utilizan Linux junto a otros sistemas, tomaremos únicamente los que lo utilizan de forma única. Siendo así, según los parámetros de evaluación, tendría una categoría de Básica Accesibilidad.

Capítulo 5

Conclusiones y Recomendaciones

Este proyecto de grado tuvo como objetivo general evaluar el nivel de accesibilidad presente en diferentes sistemas operativos usados por personas con discapacidad visual, así como identificar las posibles barreras que estas personas pueden experimentar en el uso de los mismos. Para ello se diseñó un método de evaluación del nivel de accesibilidad, basado en investigación documental de los diferentes estándares propuestos por empresas desarrolladoras con gran trayectoria en este ámbito (Apple, Google, Microsoft, Ubuntu), así como el W3c (World Wide Web Consortium). Además, se identificaron las barreras generales que los usuarios con discapacidad visual presentan en el uso cotidiano de los sistemas operativos.

Esto con el objetivo de tener un panorama general con respecto a la accesibilidad en los sistemas operativos disponibles actualmente, además, se busca ayudar con esto a las personas con discapacidad visual a elegir un sistema operativo que se adapte a sus necesidades en base a las calificaciones obtenidas al ser evaluados bajo el método desarrollado. Con la intención de recopilar la opinión, y lo que verdaderamente necesitan los usuarios, se realizaron entrevistas y encuestas a personas con discapacidad visual que usan estos sistemas en su día a día. A continuación se presentan las conclusiones, aportes, recomendaciones y trabajos futuros de este proyecto de grado.

5.1 Conclusiones

En este proyecto de grado se desarrolló un método de evaluación para los sistemas operativos, basados en ciertos parámetros de accesibilidad que consideran las necesidades particulares de las personas con discapacidad visual. Estos parámetros fueron el resultado de una investigación documental y análisis hermenéutico de las pautas de accesibilidad en los sistemas operativos propuestas por los mayores exponentes en el desarrollo de este tipo de software, y de la accesibilidad, como lo son Apple, Google, Microsoft, y Ubuntu. Además, para hacer el método

más preciso, se recopiló información sobre las barreras que enfrentan las personas con discapacidad visual en el uso de estos sistemas, haciendo uso de entrevistas. Posteriormente, se hizo un análisis profundo de la información recolectada, para sintetizar los puntos más importantes y resaltantes en la investigación, esto con el objetivo de que el método de evaluación tome en cuenta las barreras existentes que se identificaron en el uso de los sistemas operativos, y también, en que grado las herramientas proporcionadas por este, pueden superar, o ayudar a manejar a los usuarios estas barreras.

Las entrevistas se hicieron a personas que ya están desempeñando cargos laborales, así como a los que aún están en el proceso de su carrera universitaria, para recopilar información cualitativa sobre las barreras que presenta la población de estudio en diferentes ámbitos. Estas entrevistas se enfocaron principalmente en la experiencia de usuario que ha tenido cada uno de ellos utilizando el sistema operativo de su preferencia, así como sus opiniones sobre posibles mejoras o características que les gustaría que se implementasen para mejorar su interacción en el ámbito digital. Adicionalmente, para recopilar información cuantitativa, se desplegó una encuesta basada únicamente en los parámetros de evaluación desarrollados, de la cual se recopilaron datos de 38 participantes.

También, el investigador evaluó los sistemas operativos Windows, y la distribución de Linux (Ubuntu) para complementar el presente trabajo, describiendo varias particularidades de cada uno de ellos, así como su experiencia usándolos. El investigador, aplicando el método de evaluación desarrollado, obtuvo una calificación de 4.5 de 5 puntos para Windows, y 2.5 de 5 puntos para Ubuntu. Debido a esto, a criterio del investigador, el sistema operativo de Microsoft es algo superior, al menos en términos de accesibilidad, a la distribución de Canonical. Estos resultados se pueden ver más detalladamente en la sección 4.4.1.2.

Complementando el párrafo anterior, otro de los resultados destacables de este trabajo de grado, fueron los datos proporcionados por la encuesta construida en base al método de evaluación. En general, los sistemas operativos mejor posicionados, y de mayor participación fueron Windows, MacOS, y aquellos basados en Linux. Es necesario notar la gran participación que tiene el sistema operativo de Microsoft sobre los demás, teniendo más del 80% de uso por parte de la población de estudio. A continuación se resumen algunos de los resultados:

- 36 individuos de la población usan lector de pantalla como su herramienta de asistencia principal. Para Windows, los usuarios prefieren usar software de asistencia de terceros. Para Linux y MacOS, no existen tecnologías de terceros disponibles.
- Un 50% de la población puede usar más de la mitad de las aplicaciones que ha instalado únicamente usando el teclado, mientras que un 13.2% puede usar menos de la mitad.
- El 50% de los participantes experimentan barreras en menos de la mitad de las aplicaciones que usan, un 18.4% en más de la mitad, y un 31.6% no experimentan barreras.
- Un 76.3% de los encuestados usan tecnologías de asistencia de terceros, y un 23.7% no las usa.
- La mayoría de las personas opinan que la voz generada por computadora en su sistema operativo esta entre cómoda, y muy cómoda.
- Los usuarios en general están conformes con el (los) sistemas operativos que usan, y los clasifican como destacables en el ámbito de la accesibilidad.
- Los sistemas que se evaluaron, se pueden calificar como Completa Accesibilidad para MacOS y Windows, y Básica Accesibilidad para aquellos basados en Linux.

Véase sección 4.4.2.1 para más detalles

Puede concluirse que el estado actual de la accesibilidad en los sistemas operativos de escritorio ha avanzado considerablemente en estos últimos años, dándole la oportunidad a las personas con alguna discapacidad, en este caso las que padecen discapacidad visual, de estudiar, entretenerse, trabajar, entre otras ocupaciones, pero con ciertas barreras. Estos hallazgos demuestran que, a pesar de los avances en la accesibilidad, aún existen barreras significativas que limitan las oportunidades de estas personas para usar los sistemas operativos. Cosas como incompatibilidad con tecnologías de asistencia por parte de algunas aplicaciones, falta de funcionalidades por parte del software de accesibilidad, reconocimiento de imágenes, videos, lectura de lenguaje matemático, entre otras, aún son frecuentes. De hecho, lo son más de lo que se quisiera. Estas barreras limitan considerablemente las capacidades que puede tener este grupo de personas para ser productivas usando un computador como medio para lograr sus objetivos, independientemente del sistema operativo que usen.

Inicialmente este trabajo tenía 4 objetivos, los cuales se han cumplido. Se identificaron las barreras que presentan las personas con discapacidad visual usando los sistemas operativos, se recopiló y analizó las pautas y estándares de accesibilidad existentes, se desarrolló un método de evaluación basado en parámetros enfocado a la accesibilidad del usuario con discapacidad visual para estos sistemas, y, finalmente, se puso a prueba el método para diferentes sistemas por medio de una encuesta que considera todos los parámetros identificados.

5.2 Aportes

Las principales contribuciones de este proyecto de grado son las siguientes:

1. Se realizó una revisión de las pautas existentes en el ámbito de la accesibilidad.
2. Se recopilaron los aspectos comunes, o destacables en cada propuesta.
3. Se analizó los datos recopilados, y se hizo una extracción de parámetros de accesibilidad.
4. Se diseñó un método de evaluación de los sistemas operativos basado en los parámetros extraídos.
5. Se identificaron las barreras que enfrentan los usuarios con discapacidad visual al usar los sistemas operativos.
6. Se recopilaron las necesidades que tienen los usuarios con discapacidad visual con respecto a la accesibilidad de sus sistemas operativos.
7. Se calificaron los sistemas operativos en base a los datos obtenidos usando el método desarrollado.

5.3 Recomendaciones

A continuación, se presentan algunas recomendaciones sobre la aplicación del método de evaluación, y la recopilación de datos.

- Al momento de poner a prueba este método, se debe tener la versión más reciente del sistema operativo en estudio, así como las aplicaciones que se utilicen. Esto debido a que constantemente se está incluyendo mejoras, y nuevas funcionalidades a estos sistemas, que pueden incluir actualizaciones de las tecnologías de asistencia para cubrir nuevas necesidades.

- Antes de que un usuario clasifique una aplicación como inaccesible, debe asegurarse que conoce muy bien la herramienta de asistencia que utiliza. Esto con el objetivo de evitar falsas clasificaciones por falta de información.
- Al momento de llenar la encuesta basada en los parámetros del método de evaluación, se recomienda llenarla una vez por cada sistema operativo, si el usuario utiliza más de uno. Esto para una mayor precisión, y facilitar el análisis posterior de los resultados.

5.4 Trabajos futuros

A continuación, se presentan importantes trabajos futuros que como investigador considero que podría desarrollar (o aquellos que estén interesados en el tema), y que surgieron a partir de este proyecto de grado:

- Implementar un conjunto de herramientas automáticas para poder evaluar la accesibilidad presente en los sistemas operativos. Como primera versión de este trabajo, el método desarrollado se aplicó haciendo uso de encuestas. Sin embargo, si se desea evaluar de forma masiva diferentes sistemas, o, simplemente se quiere probar que tan accesible es una aplicación antes de su lanzamiento, una herramienta automatizada es de vital importancia.
- Refinamiento del método de evaluación para considerar más aspectos de la accesibilidad. Debido a que las necesidades de los usuarios cambian constantemente, y con ellas también lo hacen los requerimientos en este ámbito, es menester mantener este trabajo a la vanguardia con las nuevas tendencias en accesibilidad.
- Desarrollar nuevas características para el lector de pantalla Orca, para los sistemas Linux. Esto debido a que tomando en cuenta los hallazgos del presente trabajo.
- Concientización, sensibilización, información y formación de las tecnologías de asistencia. Debido a la falta de importancia que se le da a la formación rigurosa con respecto a estas tecnologías, muchos usuarios aún no conocen ciertas herramientas, o no saben utilizarlas para sacar su máximo potencial, causando que pueda parecer que existe alguna barrera, cuando realmente no la hay. Otro punto es que aún existen muchos proyectos que no toman la accesibilidad como parte fundamental en sus procesos de

desarrollo, lo que causa pérdidas monetarias al intentar incluir este apartado en una fase avanzada del mismo. Si, por el contrario, todos los equipos desarrolladores tienen en cuenta la accesibilidad desde la concepción de un producto, pueden llegar a mucho más público.

www.bdigital.ula.ve

A manera de cierre

Para terminar de cerrar el presente trabajo de grado, me gustaría comentarle al lector mis experiencias desarrollando este tema. Empezando por el trabajo propiamente dicho, es decir, investigación, análisis, redacción, etc. En dicho apartado no tuve casi ningún tipo de inconvenientes para realizar las actividades mencionadas, ya que, todo fue exclusivamente texto, y como el lector puede intuir a este punto, es el tipo de contenido que mi herramienta de asistencia (lector de pantalla) maneja mejor.

Es posible que el lector, en la sección 4.4.2 se preguntase: “¿cómo esta persona con discapacidad visual habría hecho estos análisis a partir de gráficos? Seguro necesitó ayuda visual para lograrlo.”

O algo similar. Y la verdad es que no fue así. Durante este trabajo, los avances en la inteligencia artificial (IA) se dieron a pasos agigantados, y surgieron todo tipo de nuevas herramientas de este tipo. Desde poder hablar con un Bot de manera natural, tal cual como se hace con un ser humano, hasta generar imágenes o automatizar tareas a partir de lenguaje natural.

Entre todas esas innovaciones, hay una herramienta que puede romper una de las barreras más comunes, y marcar el camino hacia la mayor independencia, y calidad de vida de las personas con discapacidad visual. Esta herramienta es reconocimiento de imágenes usando inteligencia artificial. En particular, yo utilicé la inteligencia artificial de Microsoft (Bing), y le proporcioné, una imagen de las mostradas en la sección previamente mencionada, con la siguiente entrada: “Describe esta imagen a detalle”. Para ilustrar mi experiencia, tomaré de ejemplo la figura 17. Al darle dicha imagen al motor de IA y la entrada anterior, me generó lo siguiente:

“Esta imagen es un gráfico circular con diferentes colores y porcentajes que muestra los resultados de una encuesta sobre la extensibilidad de los lectores de pantalla que usan las personas con discapacidad visual. El gráfico tiene las siguientes características:

- El título del gráfico es “¿Qué tan extensible es el lector de pantalla que usas?”
- El gráfico se divide en 6 secciones con diferentes colores y etiquetas.
- La sección más grande es azul y ocupa el 52.6% del gráfico. Está etiquetada como Muy extensible.
- La segunda sección más grande es roja y ocupa el 15.8% del gráfico. Está etiquetada como Poco extensible.

- Las otras 3 secciones son más pequeñas y ocupan un 31.5% del gráfico en total. Están etiquetadas como No es extensible, No lo sé, No es extensible, y le...”

Cuando usé este tipo de herramientas, lógicamente verifiqué sus respuestas con ayuda visual, y en la mayoría de los casos, fue bastante acertada. Esto me permitió hacer un análisis de casi todas las figuras. Aunque todavía tiene márgenes de error considerable, pero en general, para una persona que no puede ver ningún tipo de imagen, o, que se le dificulta mucho, es un gran avance. Cerrando esta sección, me gustaría comentar que la IA al implementarse al campo de la accesibilidad, puede mejorar en gran medida la interacción con el contenido digital, en especial, el contenido multimedia. Pero no solo en el ámbito digital, sino de las personas que padecemos discapacidad visual en general. Finalmente, hago una invitación a toda la comunidad de personas con este tipo de discapacidad a no subestimarse, y a darse la oportunidad de cumplir sus objetivos, sea el que sea. También, hago un llamado a las instituciones educativas, y empresas en general, para no representar una barrera social para nosotros, es decir, si tenemos la oportunidad de postularnos a algún trabajo, no descartarnos solo por tener discapacidad visual, y en el caso de la educación, invito a los profesores a involucrarse un poco más con nosotros y buscar estrategias que nos permitan aprender de manera un poco más sencilla.

“La discapacidad no es una lucha valiente o coraje en frente de la adversidad. La discapacidad es un arte. Es una forma ingeniosa de vivir” (Neil Marcus).

Referencias

- Silberschatz, A., Galvin, P. B., & Gagne, G. (2018). Fundamentos de Sistemas Operativos. 9a ed. México, D.F.: John Wiley & Sons.
- Stallings, W. (2018). Sistemas Operativos. 9a ed. Madrid: Pearson.
- Tanenbaum, A. S. (2015). Sistemas Operativos Modernos. 4a ed. Madrid: Pearson.
- Patterson, D., & Hennessey, J. (2018). Arquitectura de Computadoras. Una aproximación cuantitativa. 6a ed. México, D.F.: Elsevier.
- Sommerville, I. (2011). Ingeniería del Software. 9a ed. Madrid: Pearson.
- Von Neumann, J. (1945). First Draft of a Report on the EDVAC.
- Vanderheiden, G. (2009). The Meaning of Accessibility. Journal of Usability Studies, 4(3), 97-98.
- Dix, A. (2004). Human-Computer Interaction. Prentice Hall.
- OMS (2021). Ceguera y discapacidad visual. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>.
- Salido, M. (2015). Discapacidad Visual: concepto y clasificación. En J. Medrano y M. Salido (Eds.), Intervención educativa en alumnos con discapacidad visual (pp. 13-28). Madrid: Editorial Síntesis.
- (2013). Definición y Clasificación de la Discapacidad. Consultado en Marzo 2023. Disponible en: <https://www.unicef.org/lac/informes/definici%C3%B3n-y-clasificaci%C3%B3n-de-la-discapacidad>.
- (2021). Accesibilidad (conceptos básicos de diseño). Consultado en Marzo 2023. Disponible en: <https://www.learn.microsoft.com/en-us/windows/win32/uxguide/inter-accessibility>.
- (2019). Texto A Voz. Consultado en Marzo 2023 Disponible en: <https://www.w3.org/WAI/perspective-videos/speech>.
- (2023). Lector De Pantalla. Consultado en Abril 2023. Disponible en: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Glossary/Screen_reader.
- (2023). Tecnología De Asistencia. Consultado en Abril 2023. Disponible en: https://www.who.int/health-topics/assistive-technology#tab=tab_1.
- (2023). Tecnología De Asistencia. Consultado en Abril 2023. Disponible en: https://www.who.int/health-topics/assistive-technology#tab=tab_1.

- <https://www.atia.org/home/at-resources/what-is-at/#what-is-assistive-technology>.
- (2022). ¿Qué Es La Tecnología De Asistencia? Consultado en Mayo 2023. Disponible en: <https://www.washington.edu/doit/what-assistive-technology>.
- (2023). ¿Qué Es El Diseño Universal? Consultado en Mayo 2023. Disponible en: <https://www.universaldesign.org/definition>.
- (2022). ¿Qué es el diseño universal? Consultado en Mayo 2023. Disponible en: <https://www.washington.edu/doit/what-universal-design-0>.
- (2021). Diseño Universal. Consultado en Junio 2023. Disponible en: <https://www.design.ncsu.edu/research/center-for-universal-design>.
- (2018). The Nature Of Accessibility. Consultado en Junio 2023. Disponible en: <https://www.jatjournal.esist.org/index.php/jat/article/view/51>.
- (2019). How does accessibility differ across operating systems? Consultado en Junio 2023. Disponible en: <https://www.washington.edu/accesscomputing/how-does-accessibility-differ-across-operating-systems>.
- (2023). Pautas De Accesibilidad del W3C. Consultado en Julio 2023. Disponible en: <https://www.w3.org/WAI/standards-guidelines/wcag>.
- (2023). Lista De Verificación De Las WCAC. Consultado en Julio 2023. Disponible en: <https://www.w3.org/TR/2006/WD-WCAG20-20060427/appendixB.html>.
- (2022). Directrices De Accesibilidad De Microsoft. Consultado en Julio 2023. Disponible en: <https://www.learn.microsoft.com/enus/windows/apps/design/accessibility/accessibility-checklist>.
- (2021). Lista De Verificación De Accesibilidad De Microsoft. Consultado en Julio 2023. Disponible en: <https://learn.microsoft.com/enus/windows/apps/design/accessibility/accessibility-checklist>.
- (2023) Pautas De Accesibilidad De Google. Consultado en Agosto 2023. Disponible en: <https://www.google.com/accessibility>.
- (2023). Directrices de Accesibilidad De Apple. Consultado en Agosto 2023. Disponible en: <https://developer.apple.com/design/human-interface-guidelines/accessibility>.
- (2004). Estándares De Accesibilidad. Consultado en Agosto 2023. Disponible en: <https://www.resna.org/sites/default/files/legacy/conference/proceedings/2004/Papers/Public%20Policy/AccessStandards.html>.

(2023). Pautas De Accesibilidad De Ubuntu. Consultado en Septiembre 2023. Disponible en:
<https://design.ubuntu.com/accessibility>.

www.bdigital.ula.ve