

Tipo de artículo: Artículo original

## **Influencia de la ingeniería de software en la promoción de procesos inclusivos: desafíos y oportunidades en el desarrollo de tecnologías accesibles**

Influence of software engineering in promoting inclusive processes: challenges and opportunities in the development of accessible technologies

Bolívar Ramos Mosquera<sup>1\*</sup>, <https://orcid.org/0000-0001-9629-06871>

Irwin Alfredo Fernández Avilés<sup>1</sup>, <https://orcid.org/0000-0001-6226-064X>

<sup>1</sup> Universidad de Guayaquil. Ecuador.

\*Autor para la correspondencia. [bolivar.ramosm@ug.edu.ec](mailto:bolivar.ramosm@ug.edu.ec)

---

### **RESUMEN**

La investigación tiene como objetivo explorar cómo la ingeniería de software puede facilitar o limitar la inclusión a través del diseño y desarrollo de tecnologías accesibles. Para lograr esto, se aplicó una encuesta a 176 desarrolladores de software de Guayaquil y Quito, con el fin de conocer sus conocimientos, prácticas y percepciones en torno al diseño de tecnologías accesibles. Los resultados de la encuesta revelaron que, aunque la mayoría de los encuestados reconoce la importancia de desarrollar un software basado en principios de inclusión, existen barreras significativas, como la falta de formación en principios de diseño inclusivo y herramientas adecuadas. En cuanto a las mejores prácticas, se identificaron enfoques como la utilización de guías de accesibilidad y la implementación de pruebas de usabilidad con usuarios diversos, lo cual puede ser adoptado para mejorar la inclusión. Estos hallazgos sugieren no solo un interés en mejorar las prácticas



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

actuales, sino también una clara oportunidad para fomentar una cultura de accesibilidad entre los desarrolladores desde el inicio del diseño del software, atendiendo al impacto que tiene la ingeniería de software en los procesos inclusivos.

**Palabras clave:** diseño inclusivo; ingeniería de software; tecnologías accesibles; necesidades específicas; grupos diversos.

## **ABSTRACT**

The research aims to explore how software engineering can facilitate or limit inclusion through the design and development of accessible technologies. To achieve this, a survey was applied to 176 software developers from Guayaquil and Quito, in order to know their knowledge, practices and perceptions around the design of accessible technologies. The results of the survey revealed that, although the majority of respondents recognize the importance of developing software based on inclusion principles, there are significant barriers, such as the lack of training in inclusive design principles and adequate tools. Regarding best practices, approaches such as the use of accessibility guides and the implementation of usability tests with diverse users were identified, which can be adopted to improve inclusion. These findings suggest not only an interest in improving current practices, but also a clear opportunity to foster a culture of accessibility among developers from the beginning of software design, taking into account the impact that software engineering has on inclusive processes.

**Keywords:** inclusive design; software engineering; accessible technologies; specific needs; diverse groups.

**Recibido:** 11/10/2024

**Aceptado:** 19/12/2024

**En línea:** 01/01/2025

---

## **Introducción**

La ingeniería del software desempeña un papel crucial en la creación de soluciones tecnológicas que no solo buscan la eficiencia y el rendimiento, sino que también deben cumplir con el objetivo fundamental de



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional**  
(CC BY 4.0)

proporcionar un valor significativo a todos sus usuarios (da Rocha et al., 2024). Sin embargo, en un mundo donde la diversidad y la inclusión son cada vez más valoradas, la falta de un enfoque deliberado en la integración de principios inclusivos en el desarrollo de software puede resultar en la exclusión de diversas poblaciones (Ariza & Pearce, 2022). Es vital reconocer que las tecnologías poseen políticas implícitas, y si los desarrolladores no hacen un esfuerzo consciente para ser inclusivos, existe un alto riesgo de que sus diseños se conviertan en barreras para aquellos a los que deberían servir.

En este contexto, la ingeniería del software utiliza un conjunto de estructuras, herramientas y técnicas complementarias que permiten construir software de manera sistemática y efectiva (Borblik et al., 2015). No obstante, los modelos tradicionales, que a menudo se centran en la implementación, presentan desafíos en la adaptación a las necesidades específicas de grupos diversos, incluidas personas con discapacidad. Mientras que enfoques como el desarrollo ágil y el diseño participativo ofrecen oportunidades para la colaboración con diversos interesados, su aplicación en el ámbito de la accesibilidad sigue siendo limitada. Esto resalta una brecha significativa entre los procesos de desarrollo de software convencionales y la necesidad urgente de metodologías que tengan en cuenta de manera continua las necesidades de todos los usuarios.

Además, la diversidad en el ámbito del desarrollo de software no puede considerarse de manera homogénea. Es un concepto multidimensional que incluye factores como género, raza, etnicidad y discapacidades, y su relevancia varía según el contexto y la práctica examinada (Alshammari et al., 2020). Una exploración exhaustiva de esta diversidad se vuelve crucial para entender cómo afecta a las prácticas y tecnologías de desarrollo de software, especialmente al considerar la experiencia de usuarios con discapacidades, que a menudo ha sido objeto de estudio.

La Convención de las Naciones Unidas sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad establece que todos deben tener la posibilidad de participar plenamente en la sociedad; sin embargo, esta meta sigue sin alcanzarse en muchos ámbitos. Una de las razones principales de esta situación es que los enfoques de desarrollo suelen orientarse hacia grupos específicos, como usuarios ciegos o personas con movilidad reducida, sin buscar una cooperación más valiosa entre ellas (Álava et al., 2023).

Este enfoque aislado dificulta la creación de soluciones tecnológicas que sean verdaderamente inclusivas. Por lo tanto, es fundamental desarrollar herramientas, procesos y plataformas educativas que permitan a todos acceder a entornos inclusivos, promoviendo así tanto la diversidad como la inclusión en la ingeniería del



software (Ariza & Pearce, 2022). Esta investigación se centrará en estos aspectos, analizando las oportunidades y desafíos que enfrenta la ingeniería del software en su misión de fomentar procesos inclusivos, reconociendo que la recopilación de datos sobre diversidad también conlleva responsabilidades éticas y políticas.

El objetivo general de la presente investigación es explorar cómo la ingeniería del software puede facilitar o limitar la inclusión a través del diseño y desarrollo de tecnologías accesibles.

## **Métodos o Metodología Computacional**

La presente investigación se desarrolló en las ciudades de Guayaquil y Quito, elegidas por ser los centros urbanos más poblados y dinámicos económicamente en Ecuador. Al enfocarse en estas localidades, se busca obtener una comprensión representativa del contexto nacional en relación a cómo la ingeniería de software incide en la promoción de procesos inclusivos.

El establecimiento de un marco para el estudio ha sido un desafío considerable, dado que no existe una base de datos exhaustiva que compile todas las empresas dedicadas al desarrollo de software en el país. Tras un proceso de recolección y depuración de datos, se contactó a 57 pequeñas y medianas empresas de software registradas en estas dos ciudades, las cuales conforman la población de estudio para esta investigación.

Para probar la validez y confiabilidad del cuestionario utilizado, se eligió una muestra de 40 empresas en octubre de 2024, considerando que este número representa un 70.17% del total, lo cual es adecuado desde una perspectiva estadística.

En la fase principal del estudio, se implementó una estrategia de acercamiento individualizado a cada empresa para invitarlas a participar. Como resultado, se logró obtener información de 176 desarrolladores de software en total. Se comprobó la consistencia interna del cuestionario diseñado, utilizando el coeficiente de alfa de Cronbach, el cual arrojó un valor de 0.87, lo que indica una alta fiabilidad del instrumento. Además, se realizó un análisis de fiabilidad utilizando el método de Kuder-Richardson para preguntas tipo dicotómicas, obteniendo un KR-20 de 0.85, lo que también sugiere que las preguntas tienen un nivel adecuado de coherencia. Estos resultados garantizan que el cuestionario es una herramienta confiable para evaluar la influencia de la ingeniería de software en los esfuerzos por promover procesos inclusivos.



## Resultados y discusión

La ingeniería de software tiene un gran impacto en la accesibilidad digital y en los procesos inclusivos. Dado que esta disciplina es fundamental para garantizar que las tecnologías sean utilizables por todas las personas, independientemente de sus capacidades. La ingeniería del software, como un campo que abarca el diseño, desarrollo y mantenimiento de aplicaciones y sistemas, debe integrar principios de accesibilidad desde su etapa inicial. Esto implica que los ingenieros no solo deben conocer las pautas de accesibilidad, como las WCAG (*Web Content Accessibility Guidelines*), sino también aplicar enfoques de diseño que consideren la diversidad de usuarios (Consortium, 2008b).

La accesibilidad digital se traduce en la creación de interfaces y funcionalidades que permitan a personas con discapacidades visuales, auditivas, motoras o cognitivas interactuar de manera efectiva con productos tecnológicos. Al investigar esta relación, se puede observar que la implementación de prácticas inclusivas no solo mejora la experiencia de los usuarios con discapacidades, sino que también beneficia a un público más amplio, como personas mayores o aquellas que pueden enfrentar condiciones temporales de discapacidad. Así, la intersección entre la ingeniería del software y la accesibilidad digital destaca la necesidad de un enfoque inclusivo que, a través del uso de herramientas de desarrollo adecuadas y metodologías centradas en el usuario, transforme la manera en que las aplicaciones se diseñan y se implementan, creando un entorno digital más equitativo y accesible.

### Principios de diseño inclusivo

El diseño inclusivo en la ingeniería del software se fundamenta en la creación de metodologías que priorizan la accesibilidad y buscan atender la diversidad de capacidades de los usuarios (Almeida & Baranauskas, 2010). Estas metodologías no solo se enfocan en la creación de interfaces de usuario intuitivas y funcionales, sino que también promueven un enfoque holístico que considera las necesidades de diferentes grupos, incluidos aquellos con discapacidades.

Al adoptar principios de diseño inclusivo, se alienta la participación activa de todos los interesados a lo largo del ciclo de vida del desarrollo de software, garantizando que sus voces y experiencias sean valoradas en el proceso. Esto incluye la utilización de métodos de diseño participativo, donde se fomenta la colaboración



entre desarrolladores, diseñadores y usuarios finales, permitiendo que las soluciones tecnológicas se ajusten de manera más efectiva a las expectativas y habilidades de una base de usuarios diversa.

Los principios de diseño universal son fundamentales para garantizar que los espacios, productos y servicios sean accesibles e inclusivos para todas las personas, independientemente de sus características personales (Miraz et al., 2021). A continuación se describen los principios más relevantes en relación con la inclusión de poblaciones, específicamente en el contexto de género, raza, etnicidad y discapacidades:

**Tabla 1.** Principios de diseño de software relevantes en relación con el desarrollo de procesos inclusivos.

Principio	Descripción	Ejemplo
Uso equitativo	El diseño debe ser útil y accesible para todas las personas, sin discriminación. Esto incluye la consideración de diversas necesidades culturales, raciales y de género, asegurando que ninguna población se sienta excluida o estigmatizada.	Un software que ofrezca opciones de personalización para que los usuarios puedan ajustar la configuración según sus necesidades y preferencias.
Flexibilidad en el uso	Debe adaptarse a una amplia variedad de preferencias y habilidades. Esto implica que los productos deben ofrecer opciones que puedan personalizarse de acuerdo con la identidad de género o las preferencias culturales de los usuarios, así como ser accesibles para personas con discapacidades.	Ofrecer tanto opciones de entrada táctil como por voz para facilitar el uso por personas con discapacidades físicas.
Uso simple e intuitivo	Los productos deben ser fáciles de entender, lo que es particularmente importante para audiencias diversas. La complejidad innecesaria puede ser una barrera, por lo que se debe diseñar de manera que todos los usuarios, incluidos aquellos de diferentes contextos culturales y físicos, puedan utilizarlos sin dificultad.	Utilizar íconos y texto claro en un sistema de navegación que permita a los usuarios de diferentes orígenes culturales o niveles educativos comprender rápidamente cómo utilizar el software.
Información perceptible	La información debería ser presentada de manera que pueda ser comprendida y utilizada adecuadamente por todos, independientemente de sus capacidades sensoriales. Esto se extiende a proporcionar textos alternativos en imágenes y asegurarse de que los contrastes de color y la tipografía sean accesibles para personas con discapacidades visuales.	Utilizar contrastes de color adecuados y descripciones de texto alternativo para imágenes en un sitio web, ayudando a usuarios con discapacidades visuales y/o con dificultades para interpretar colores.
Tolerancia al error	Los diseños deben considerar que los usuarios pueden cometer errores. Esto es esencial para crear un ambiente seguro y cómodo, especialmente para personas con discapacidades, que pueden requerir adaptaciones para minimizar errores accidentales en su interacción con productos y servicios.	Implementar funciones de deshacer o confirmación para acciones críticas, garantizando que los usuarios de diversas habilidades no se sientan frustrados por errores.



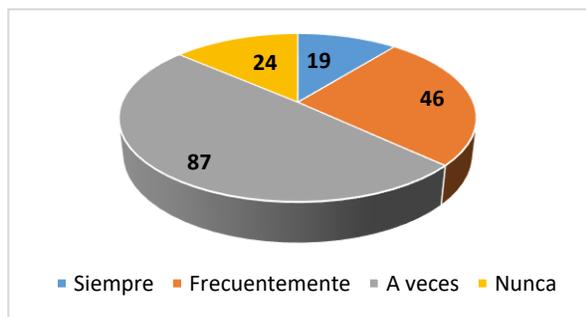
Bajo esfuerzo físico	El diseño debe permitir un uso eficiente y cómodo, evitando el exceso de esfuerzo que puede ser difícil para las personas con discapacidades físicas. Esto incluye asegurar que las interfaces sean accesibles tanto para quienes tienen capacidades plenas como para aquellos que enfrentan limitaciones.	Diseñar aplicaciones que funcionen bien en una variedad de dispositivos de bajo costo o de acceso limitado, permitiendo que grupos subrepresentados puedan acceder a la tecnología.
Tamaño y espacio para aproximación y uso	Debe garantizarse que haya suficiente espacio para que todas las personas, independientemente de su tamaño o movilidad, puedan acceder, manipular y hacer uso de productos y servicios. Esto es particularmente importante en el contexto de raza y etnicidad, donde es crucial respetar y reflejar la diversidad en el diseño físico.	Asegurarse de que los botones y elementos interactivos sean lo suficientemente grandes para que sean fácilmente seleccionables, beneficiando tanto a usuarios con discapacidades motoras como a quienes utilizan dispositivos móviles con pantallas pequeñas.

Al integrar estos principios en la práctica diaria de la ingeniería del software, se contribuye a la creación de productos y servicios que son verdaderamente inclusivos, logrando así una mayor equidad en el acceso y uso de las tecnologías digitales.

### Encuesta sobre el impacto de la Ingeniería del software en los procesos inclusivos

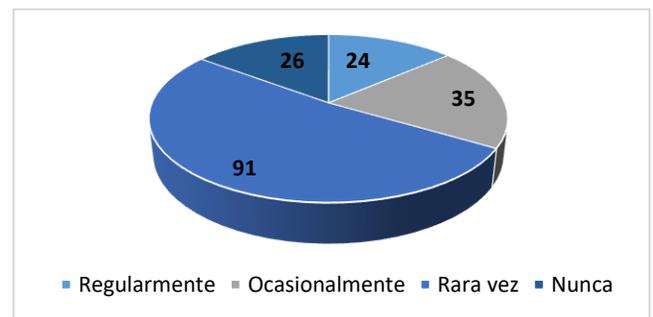
La encuesta se llevó a cabo en las ciudades de Guayaquil y Quito. El objetivo fue entender cómo la ingeniería de software promueve procesos inclusivos en estas localidades. La encuesta se aplicó durante octubre de 2024, siguiendo un protocolo estructurado que incluía la pre-prueba del cuestionario para garantizar su claridad y relevancia. De los 176 desarrolladores contactados electrónicamente, todos entregaron respuestas válidas. Los principales resultados se muestran a continuación:

¿Con qué frecuencia considera la inclusión en sus proyectos de desarrollo?



**Fig. 1** Implementación de requisitos de inclusión en el software

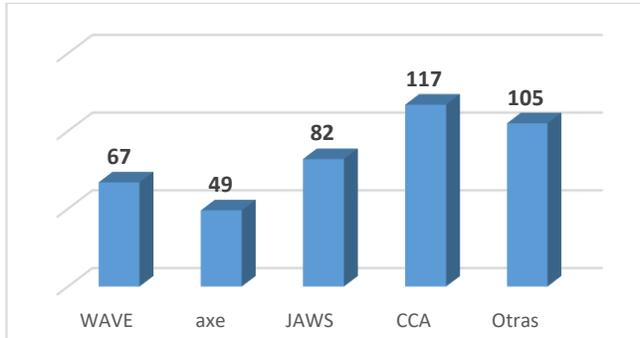
¿Con qué frecuencia recibe capacitación en temas de accesibilidad y diseño inclusivo?



**Fig. 2** Capacitación en temas de accesibilidad y diseño inclusivo.



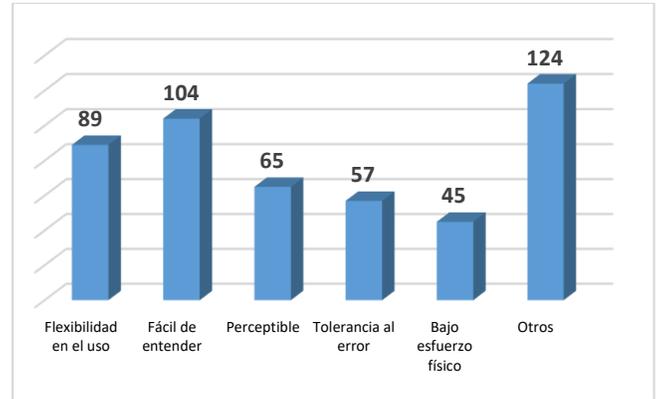
¿Qué herramientas o tecnologías utiliza con más frecuencia para garantizar la accesibilidad en sus proyectos?



**Fig. 3** Herramientas para la implementación inclusiva.

WAVE: Web Accessibility Evaluation Tool; JAWS: *Job Access With Speech*; CCA: Color Contrast Analyzer

¿Cuáles principios de diseño universal implementa más en su trabajo?



**Fig. 4** Principios más implementados.

Adicionalmente, se preguntó sobre las principales barreras que enfrentan al implementar prácticas inclusivas en sus proyectos. Los encuestados señalaron la falta de conocimiento o capacitación como uno de los obstáculos más significativos, evidenciando la necesidad de educación en este tema. Asimismo, la presión por plazos de entrega también se destacó, sugiriendo que las exigencias comerciales pueden afectar la consideración de la inclusión en el desarrollo. Otros factores como la escasez de herramientas adecuadas y la resistencia de la dirección o del equipo fueron mencionados, junto con la falta de interés en la accesibilidad por parte de los clientes, lo que sugiere un desafío cultural que debe ser abordado para promover prácticas más inclusivas.

Al preguntar sobre las áreas de accesibilidad consideradas más importantes en los proyectos, la mayoría de los participantes subrayaron la accesibilidad para discapacitados visuales y auditivos como prioridades. Además, la accesibilidad cognitiva y para personas con movilidad reducida también fueron destacadas, reflejando un enfoque integral hacia la inclusión en el diseño de software. Esto sugiere que las empresas reconocen la diversidad de necesidades entre los usuarios y están dispuestas a atenderlas.

Sobre el proceso de desarrollo más crucial para asegurar la inclusión, los encuestados coincidieron en que la investigación de usuarios y necesidades es fundamental. Esto indica un reconocimiento de la importancia de entender a fondo las experiencias de los usuarios para fomentar la inclusión desde las etapas iniciales. Las pruebas de usuario con grupos diversos y la revisión de estándares de accesibilidad también fueron



consideradas vitales, lo que sugiere una voluntad de validar y ajustar los productos en función de la retroalimentación real. La capacitación del equipo y la documentación y recursos disponibles se identificaron como componentes esenciales, reflejando una comprensión de que el conocimiento y la preparación son claves para la implementación efectiva de prácticas inclusivas.

### Metodologías para la implementación de los principios del diseño inclusivo

Los encuestados mencionaron diversas metodologías para la implementación de los principios del diseño inclusivo. Estas metodologías son fundamentales para garantizar que los productos y servicios desarrollados por las empresas de software sean accesibles y utilizables por todas las personas, independientemente de sus habilidades o circunstancias. En la tabla 2 se resumen un conjunto de metodologías empleadas para implementar los principios del diseño inclusivo. Cada metodología se describe brevemente, destacando su enfoque y aplicación práctica en el proceso de desarrollo, con el fin de fomentar un ambiente más inclusivo en la ingeniería de software.

**Tabla 2** – Metodologías para la implementación de los principios del diseño inclusivo.

Metodología	Descripción	Principios de Diseño Inclusivo	Ejemplos de aplicaciones	Desafíos y oportunidades
Diseño Centrado en el Usuario	Enfocado en las necesidades y expectativas del usuario final durante el proceso de desarrollo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Accesibilidad: Involucra a los usuarios con diversas capacidades desde el inicio.</li> <li>• - Flexibilidad: Permite adaptaciones según las capacidades de cada usuario.</li> </ul>	Software educativo que se adapta a las necesidades de estudiantes con diferentes capacidades, permitiendo opciones de personalización en la interfaz.	Puede ser intensivo en recursos y tiempo, ya que se requiere asesoría continua para los usuarios. Se pueden generar desafíos en su implementación en equipos de trabajo con falta de experiencia en accesibilidad.
Desarrollo Ágil	Metodología que promueve la entrega continua y la flexibilidad a lo largo del ciclo de vida del desarrollo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Participación: Involucra a los usuarios en el proceso iterativo.</li> <li>• Simplicidad: Se enfoca en mantener la interfaz simple y accesible.</li> <li>• Tolerancia al error: Permite a los usuarios corregir errores fácilmente.</li> </ul>	Aplicaciones como Trello y Asana utilizan principios de diseño ágil para hacer sus interfaces accesibles a diversos usuarios, proporcionando opciones como notificaciones personalizables y configuraciones de interfaz.	La falta de una estructura rígida puede llevar a omitir consideraciones de accesibilidad en iteraciones rápidas. Es fundamental contar con expertos en accesibilidad en el equipo para mitigar este riesgo.



Pruebas de Accesibilidad (WCAG)	Uso de pautas establecidas para asegurar que las interfaces sean accesibles a todos los usuarios, incluidos aquellos con discapacidades.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operabilidad: Las interfaces deben ser navegables a través de diferentes dispositivos.</li> <li>• Robustez: Compatibilidad con tecnologías de asistencia.</li> <li>• Perceptibilidad: Diseñar contenido que sea fácilmente captado por los sentidos, con ajustes de contraste y texto alternativo.</li> </ul>	Herramientas como WAVE y aXe, que ayudan a los desarrolladores a evaluar la accesibilidad de las aplicaciones web y móviles. Por ejemplo, el software de gestión de contenido WordPress ha implementado complementos que cumplen con las pautas WCAG.	La implementación de estas pautas puede ser compleja y costosa. Las organizaciones a menudo enfrentan la resistencia a abandonar prácticas tradicionales de diseño que no están centradas en la accesibilidad, y existe la necesidad de capacitación constante para mantener actualizados a los equipos.
Diseño Inclusivo (Microsoft)	Enfoque que integra la diversidad humana desde el inicio del diseño de software.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pensar universal: Integrar motivaciones y habilidades humanas en el diseño.</li> <li>• Control del usuario: Proporcionar opciones personalizables para una experiencia adaptada.</li> <li>• Crea delicias: Generar experiencias que sean agradables y sorprendentes.</li> </ul>	Ejemplos incluyen Microsoft Office, que ha incluido funcionalidades como "Lectura en voz alta", adaptándose a las necesidades de todos los usuarios. La <i>suite</i> de herramientas de accesibilidad en Windows que permite configuraciones para usuarios con discapacidades.	Las limitaciones pueden incluir resistencia interna para adoptar este enfoque desde el principio. Además, el interés y la concienciación sobre la necesidad de considerar la accesibilidad pueden ser variados entre los equipos, lo que requiere un esfuerzo consciente para implementar y educar sobre los principios de diseño inclusivo.
Diseño Universal para el Aprendizaje	Adaptación de métodos de enseñanza para responder a las diversas necesidades de aprendizaje.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flexibilidad en el uso: Proporcionar múltiples maneras de presentación.</li> <li>• Simples y perceptibles: La información debe ser clara y accesible a todos.</li> <li>• Participación activa: Promover la inclusión a través de diferentes vías de interacción.</li> </ul>	Plataformas de aprendizaje en línea como Coursera y edX que ofrecen audiolibros, subtítulos y material adicional interactivo para incorporar a todos los estudiantes.	Necesidades de capacitación: Falta de formación sobre el diseño inclusivo en el mercado educativo, así como limitaciones tecnológicas que pueden restringir la implementación de recursos pedagógicos inclusivos. La oportunidad radica en mejorar la formación sobre diseño inclusivo en esta área para expandir el alcance del aprendizaje.

### Impacto de las herramientas de desarrollo



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)**

Las herramientas de desarrollo desempeñan un papel fundamental en la integración de características inclusivas en productos de software, facilitando a los ingenieros la creación de soluciones accesibles (Brhel et al., 2015). Herramientas como WAVE (*Web Accessibility Evaluation Tool*) (Abascal et al., 2019) y aXe (Pool, 2023) permiten realizar auditorías de accesibilidad automatizadas, identificando errores comunes que podrían dificultar la experiencia del usuario para personas con discapacidades visuales o auditivas. Por ejemplo, WAVE proporciona una evaluación visual de la accesibilidad de las páginas web, señalando elementos que carecen de textos alternativos o que tienen problemas de contraste de color.

Asimismo, entornos de programación como Visual Studio y plataformas de desarrollo web como *WordPress* han incorporado características para mejorar la accesibilidad. Visual Studio incluye herramientas de validación de accesibilidad que guían a los desarrolladores mientras escriben código, garantizando que se sigan las pautas WCAG (*Web Content Accessibility Guidelines*) (Consortium, 2008a). *WordPress*, por otro lado, ofrece temas y plugins diseñados para ser accesibles, ofreciendo funcionalidades como compatibilidad con lectores de pantalla y navegación con teclado.

Además, el uso de *frameworks* como React y Angular permite a los desarrolladores implementar prácticas de accesibilidad desde el principio, facilitando la creación de componentes reutilizables que cumplen con estándares de accesibilidad (Longley & Elglaly, 2021). Un ejemplo notable es el componente de React Bootstrap (Carvalho et al., 2016), que permite a los desarrolladores construir interfaces que son automáticamente accesibles, integrando atributos ARIA (*Accessible Rich Internet Applications*) (Craig et al., 2009) desde su concepción.

La tabla 3 resume un conjunto de herramientas y entornos de programación para implementar requisitos de inclusión.

**Tabla 3** – Herramientas y entornos de programación para implementar requisitos de inclusión.

Herramienta/Entorno de Programación	Descripción	Características Inclusivas	Ejemplos de Uso	Desafíos y Oportunidades
aXe Accessibility	Conjunto de herramientas de testing de accesibilidad que se integra en	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificación de Problemas: Detecta errores de accesibilidad basados en las WCAG.</li> </ul>	Utilizado para evaluar la accesibilidad de sitios web y aplicaciones en tiempo real, y en	Requiere adaptación y formación para los desarrolladores para entender los informes y



	navegadores web como Chrome y Firefox.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informes Detallados: Proporciona explicaciones sobre cómo solucionar problemas.</li> </ul>	entornos de CI/CD para monitorear el cumplimiento.	aplicar las correcciones adecuadamente.
<b>WAVE (Web Accessibility Evaluation Tool)</b>	Extensión de navegador que permite evaluar la accesibilidad de páginas web.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retroalimentación Instantánea: Indica problemas de accesibilidad en tiempo real.</li> <li>• Comentarios Visibles: Muestra errores directamente en la página analizada.</li> </ul>	Usada en auditorías de accesibilidad de sitios web para identificar áreas problemáticas antes del lanzamiento.	Puede generar una sobrecarga de información si no se utiliza adecuadamente. La interpretación de los resultados puede ser difícil sin experiencia previa.
<b>Google Lighthouse</b>	Herramienta de código abierto para auditar la calidad de páginas web, incluyendo accesibilidad.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puntuación de Accesibilidad: Ofrece un puntaje basado en las prácticas de accesibilidad implementadas.</li> <li>• Recomendaciones: Sugerencias prácticas para mejorar.</li> </ul>	Utilizada en el desarrollo web para garantizar que los sitios cumplan con estándares de accesibilidad durante el proceso de desarrollo.	Requiere que el desarrollador implemente cambios basados en las recomendaciones, lo que puede ser un desafío si no se comprenden bien los criterios.
<b>Accessibility Insights</b>	Conjunto de herramientas que ayudan a los desarrolladores a identificar y corregir problemas de accesibilidad.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pruebas Automatizadas y Manual: Permite combinar métodos para una evaluación más completa.</li> <li>• Asistente de Navegación: Facilita pruebas con teclado.</li> </ul>	Implementado por equipos de desarrollo para asegurarse de que las aplicaciones sean accesibles antes de entrar en producción.	Puede ser complicado integrar estas herramientas en flujos de trabajo existentes sin un plan de formación adecuado para los desarrolladores sobre accesibilidad.
<b>Figma (Accessibility Plugins)</b>	Herramienta de diseño que admite plugins para crear diseños accesibles.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Iteraciones Rápidas: Permite ajustar y probar diseños en el contexto de accesibilidad.</li> <li>• Integraciones de Prototipado: Posibilita la creación de experiencias accesibles.</li> </ul>	Usada por diseñadores gráficos y UX para crear y evaluar prototipos accesibles.	La falta de formación en accesibilidad entre diseñadores puede limitar el uso efectivo de estas herramientas.
<b>IDEs como VSCode y JetBrains</b>	Entornos de desarrollo que permiten la integración de	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plugins de Accesibilidad: Extensiones que pueden validar el cumplimiento de accesibilidad en tiempo real.</li> </ul>	Utilizados para desarrollar aplicaciones asegurando que el	La integración de herramientas de accesibilidad puede ser subutilizada debido a la



	herramientas de accesibilidad.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soporte de Comandos de Accesibilidad.</li> </ul>	código cumple con las mejores prácticas de accesibilidad desde la etapa de desarrollo.	falta de conocimiento de los desarrolladores sobre la importancia de la accesibilidad.
<b>Playwright</b>	Herramienta de automatización de pruebas que permite la simulación de usuarios y escenarios de accesibilidad.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificación de Accesibilidad: Permite pruebas de flujos de acceso, evaluando problemas en situaciones simuladas.</li> <li>• Pruebas de Flujos Funcionales.</li> </ul>	Implementado para validar no solo la funcionalidad, sino también la accesibilidad durante pruebas de regresión continua.	Requiere configuración y mantenimiento, lo cual puede ser una carga adicional para los equipos de desarrollo, especialmente si no están familiarizados con pruebas automatizadas.
<b>Blockly</b>	Plataforma de programación visual que promueve la programación accesible basada en bloques.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño Inclusivo: Permite a los desarrolladores crear entornos de programación accesibles para todos los estudiantes.</li> <li>• Soporte para Diversas Capacidades.</li> </ul>	Utilizado en educación para enseñar programación de manera accesible a estudiantes con distintas capacidades.	Puede ser difícil para organizaciones con recursos limitados implementar estos entornos de programación de manera efectiva.
<b>Plugins de Accesibilidad WordPress</b>	Conjuntos de herramientas para mejorar la accesibilidad de los sitios creados con WordPress.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manejo de Errores: Mejora etiquetas alt, contraste de colores y navegabilidad.</li> <li>• Optimización SEO: Facilita la conformidad con prácticas de accesibilidad.</li> </ul>	Implementado en sitios de comercio electrónico, blogs y empresas para asegurar que sean accesibles a todos los usuarios.	Requiere mantenimiento y actualizaciones regulares para adaptarse a cambios en las normativas de accesibilidad, lo que puede resultar en una carga para algunos administradores de sitios.

Evaluar y adoptar estas herramientas no solo mejora la accesibilidad del software, sino que también promueve un cambio en la cultura del desarrollo, donde la inclusión se convierte en un principio fundamental del proceso de diseño y programación. La implementación eficaz de estas herramientas puede, por tanto, ser un catalizador para la creación de tecnologías más inclusivas, beneficiando a un espectro más amplio de usuarios en la sociedad.

### Estudios de caso



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)**

El análisis de estudios de caso en aplicaciones y plataformas que han implementado con éxito procesos inclusivos ofrece evidencia contundente de cómo los principios de la ingeniería del software pueden ser aplicados para promover la accesibilidad. Un ejemplo notable es la plataforma de educación en línea Khan Academy, que ha integrado características inclusivas como subtítulos en video y descripciones de audio, permitiendo que personas con diferentes capacidades de aprendizaje accedan a su contenido educativo (Kasirer & Shnitzer-Meirovich, 2021). El proceso de desarrollo implicó el uso de pruebas de accesibilidad y la participación activa de grupos de usuarios con discapacidades, lo que demuestra cómo la colaboración puede producir soluciones efectivas.

Otro caso destacado es el navegador web Mozilla Firefox, que ha incorporado herramientas de accesibilidad directamente en su desarrollo, tales como un lector de pantalla nativo y opciones de personalización que permiten ajustes en tamaño y contraste de texto. Estas características no son solo añadidos, sino resultados de aplicar metodologías de desarrollo inclusivo, en las que se prioriza la experiencia del usuario en todos sus aspectos.

Además, la aplicación Be My Eyes, que conecta a personas con discapacidades visuales con voluntarios a través de videollamadas para recibir asistencia en tareas cotidianas, ilustra un enfoque innovador en la ingeniería del software para resolver problemas reales de inclusión (Larios & Zetlin, 2023). La plataforma fue diseñada teniendo en cuenta las necesidades específicas de los datos visuales y auditivos, y su desarrollo continuó evolucionando a partir de la retroalimentación de sus usuarios.

Estos ejemplos subrayan la importancia de aplicar principios de diseño inclusivo y metodologías de desarrollo accesible en el software contemporáneo. Al considerar y abordar las necesidades de todos los usuarios desde la etapa de concepción, los ingenieros de software pueden crear herramientas y aplicaciones que no solo cumplen con los estándares de accesibilidad, sino que también enriquecen la experiencia de todos los usuarios, fomentando así la inclusión en el ámbito digital.

### **Desafíos y barreras en el desarrollo de tecnologías accesibles**

Los ingenieros de software enfrentan diversos desafíos y barreras al intentar implementar prácticas inclusivas en sus procesos de desarrollo. Uno de los obstáculos más significativos es la falta de conocimientos y capacitación específica en accesibilidad y diseño inclusivo, lo que puede llevar a una aplicación inadecuada



de las normas y a la creación de productos que no satisfacen las necesidades de todos los usuarios (Annaswamy et al., 2020).

Además, la presión por cumplir con plazos ajustados puede resultar en una priorización de la funcionalidad sobre la accesibilidad, lo que compromete la inclusión en el diseño del software. La diversidad de herramientas y la variedad de estándares de accesibilidad también contribuyen a la confusión entre los desarrolladores, quienes pueden sentirse abrumados por la necesidad de cumplir con múltiples requisitos a la vez (Al-Emran & Griffy-Brown, 2023).

Para superar estas barreras, es fundamental implementar estrategias como la formación continua del equipo de desarrollo en accesibilidad, la adopción de marcos y herramientas que automaticen las pruebas de accesibilidad, y la promoción de una cultura organizacional que valore la inclusión desde la fase inicial del desarrollo (Sen et al., 2022). Además, fomentar la colaboración con usuarios con discapacidades y expertos en accesibilidad puede proporcionar elementos valiosos que guíen el proceso de diseño, asegurando que las soluciones tecnológicas sean verdaderamente inclusivas y efectivas. Con un compromiso firme y un enfoque proactivo, los ingenieros de software pueden superar estos desafíos y contribuir a la creación de un entorno digital más accesible para todos.

### **Buenas prácticas recomendadas**

La ingeniería de software puede tener un impacto significativo en varios procesos inclusivos, los cuales son fundamentales para garantizar la equidad y el acceso a la tecnología para diversas poblaciones. A continuación se presentan algunos de estos procesos:

1. **Desarrollo de interfaces accesibles:** Diseñar interfaces de usuario que sean intuitivas y utilizables por personas con diferentes habilidades, incluidas aquellas con discapacidades visuales, auditivas o motoras.
2. **Pruebas de usabilidad con usuarios diversos:** Involucrar a una variedad de usuarios en las pruebas de usabilidad del software para identificar y corregir problemas que puedan excluir a ciertos grupos, como personas de diferentes géneros, razas o discapacidades.
3. **Adopción de normativas de accesibilidad:** Integrar estándares y pautas de accesibilidad, como WCAG, en el proceso de desarrollo para asegurar que el software cumpla con las necesidades de todos los usuarios.



4. Localización y adaptación cultural: Modificar el software para que sea culturalmente relevante y comprensible para diferentes grupos étnicos y lingüísticos, facilitando su uso en diversas comunidades.
5. Educación y formación continua: Promover la capacitación sobre diseño inclusivo y accesibilidad entre los equipos de desarrollo, para que todos los profesionales estén equipados con el conocimiento necesario.
6. Implementación de retroalimentación inclusiva: Crear mecanismos para recopilar y responder dudas de usuarios de diversas poblaciones, asegurando que sus necesidades y preocupaciones sean consideradas en futuras actualizaciones del software.
7. Desarrollo de software adaptable: Diseñar aplicaciones que puedan personalizarse según las preferencias y necesidades individuales de los usuarios, permitiendo una mayor inclusividad en el uso.
8. Integración de tecnología asistiva: Asegurar que el software sea compatible y pueda integrarse fácilmente con tecnologías asistivas, como lectores de pantalla y dispositivos de entrada alternativos.
9. Fomento de comunidades inclusivas: Crear plataformas y entornos que alienten la colaboración y el intercambio de ideas entre usuarios de diferentes orígenes, géneros y capacidades.
10. Evaluación continua del impacto: Realizar evaluaciones regulares sobre cómo el software está afectando a las comunidades diversas y hacer ajustes basados en datos reales para promover una mejor inclusión.

## Conclusiones

La investigación reveló que, a pesar del creciente interés por la accesibilidad en el desarrollo de software, persisten limitaciones significativas en la práctica. La falta de capacitación especializada y el conocimiento insuficiente sobre principios de diseño inclusivo son dos de las barreras más destacadas que enfrentan los desarrolladores. A pesar de esto, muchos encuestados indicaron utilizar herramientas y recursos específicos que promueven la inclusión, aunque con frecuencia lo hacen de manera inconsistente.

Asimismo, se observó que los desarrolladores son conscientes de la importancia de integrar la inclusión en el ciclo de vida del software, pero muchas veces se prioriza el cumplimiento de plazos y la funcionalidad básica



sobre la inclusión. La implementación de procedimientos más rigurosos para incorporar la retroalimentación de usuarios con discapacidades y la promoción de una cultura organizacional que valore la inclusión son clave para superar las dificultades existentes.

La investigación concluye que la ingeniería de software ejerce un impacto significativo en los procesos inclusivos, ya que permite el desarrollo de herramientas y soluciones que abarcan la diversidad de necesidades de los usuarios. La posibilidad de crear aplicaciones accesibles y adaptativas facilita la participación de personas con discapacidades y de diferentes contextos culturales en la sociedad digital. Además, la ingeniería de software fomenta la colaboración interdisciplinaria, permitiendo que expertos en diversas áreas contribuyan a la creación de productos que respeten la diversidad y promuevan la igualdad de oportunidades. Este enfoque inclusivo no solo mejora la experiencia del usuario, sino que también amplía el alcance del mercado, generando un valor significativo para las empresas y fomentando una sociedad más equitativa. Esto se debe en gran medida a que la ingeniería de software no solo trata de crear tecnología, sino de asegurar que esta tecnología sea accesible y útil para todos, evidenciando así su papel crucial en la promoción de la inclusión social.

Los resultados sugieren que es fundamental apoyar el desarrollo de políticas que incentiven la accesibilidad y ofrezcan formación continua a los profesionales del sector para fomentar un entorno digital más inclusivo en Ecuador.

## Referencias

- Abascal, J., Arrue, M., & Valencia, X. (2019). Tools for web accessibility evaluation. *Web accessibility: a foundation for research*, 479-503. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4471-7440-0\\_26](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4471-7440-0_26)
- Al-Emran, M., & Griffy-Brown, C. (2023). The role of technology adoption in sustainable development: Overview, opportunities, challenges, and future research agendas. *Technology in Society*, 73, 102240. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160791X23000453>
- Álava, W. L. S., Rodríguez, A. R., Macías, V. M. G., & Cornelio, O. M. (2023). La enseñanza–aprendizaje de la neurociencia en la educación superior. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 5(2), 1-8. <https://editorialalema.org/index.php/pentaciencias/article/download/479/631>



- Almeida, L. D. A., & Baranauskas, M. C. C. (2010). Universal design principles combined with web accessibility guidelines: a case study. *Proceedings of the IX Symposium on Human Factors in Computing Systems*,
- Alshammari, M., Doody, O., & Richardson, I. (2020). Software Engineering Issues: An exploratory study into the development of Health Information Systems for people with Mild Intellectual and Developmental Disability. *2020 IEEE First International Workshop on Requirements Engineering for Well-Being, Aging, and Health (REWBAH)*,
- Annaswamy, T. M., Verduzco-Gutierrez, M., & Frieden, L. (2020). Telemedicine barriers and challenges for persons with disabilities: COVID-19 and beyond. *Disability and health journal*, *13*(4), 100973. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1936657420301047>
- Ariza, J. Á., & Pearce, J. M. (2022). Low-cost assistive technologies for disabled people using open-source hardware and software: a systematic literature review. *IEEE Access*, *10*, 124894-124927. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9945963/>
- Borblik, J., Shabalina, O., Kultsova, M., Pidoprigora, A., & Romanenko, R. (2015). Assistive technology software for people with intellectual or development disabilities: Design of user interfaces for mobile applications. *2015 6th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA)*,
- Brhel, M., Meth, H., Maedche, A., & Werder, K. (2015). Exploring principles of user-centered agile software development: A literature review. *Information and software technology*, *61*, 163-181. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950584915000129>
- Carvalho, L. P., Ferreira, L. P., & Freire, A. P. (2016). Accessibility evaluation of rich internet applications interface components for mobile screen readers. *Proceedings of the 31st Annual ACM Symposium on Applied Computing*,
- Consortium, W. W. W. (2008a). eb content accessibility guidelines (WCAG) 2.0 <http://www.w3.org/TR/WCAG20>
- Consortium, W. W. W. (2008b). Web content accessibility guidelines (WCAG) 2.0. [https://travesia.mcu.es/bitstream/10421/2546/1/WCAG\\_2.pdf](https://travesia.mcu.es/bitstream/10421/2546/1/WCAG_2.pdf)
- Craig, J., Cooper, M., Pappas, L., Schwerdtfeger, R., & Seeman, L. (2009). Accessible rich internet applications (WAI-ARIA) 1.0. *W3C Working Draft*. [http://www.ok-safe.com/files/documents/1/Accessible\\_Rich\\_Internet\\_Applications\\_WAI-ARIA\\_1.0.pdf](http://www.ok-safe.com/files/documents/1/Accessible_Rich_Internet_Applications_WAI-ARIA_1.0.pdf)
- da Rocha, T. A., de Souza, C., Teran, L., & Mota, M. (2024). Effective Inclusion of People with Disabilities in Software Development Teams. *Proceedings of the 18th ACM/IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement*,
- Kasirer, A., & Shnitzer-Meirovich, S. (2021). The perception of creativity and creative abilities among general education and special education teachers. *Thinking skills and creativity*, *40*, 100820. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1871187121000353>
- Larios, R. J., & Zetlin, A. (2023). Challenges to preparing teachers to instruct all students in inclusive classrooms. *Teaching and Teacher Education*, *121*, 103945. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0742051X22003201>
- Longley, M., & Elglaly, Y. N. (2021). Accessibility support in web frameworks. *Proceedings of the 23rd International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*,



- Miraz, M. H., Ali, M., & Excell, P. S. (2021). Adaptive user interfaces and universal usability through plasticity of user interface design. *Computer Science Review*, 40, 100363. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1574013721000034>
- Pool, J. R. (2023). Accessibility Metatesting: Comparing Nine Testing Tools. Proceedings of the 20th International Web for All Conference,
- Sen, K., Prybutok, G., & Prybutok, V. (2022). The use of digital technology for social wellbeing reduces social isolation in older adults: A systematic review. *SSM-population health*, 17, 101020. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352827321002950>

### Conflicto de interés

Los autores autorizan la distribución y uso de su artículo.

### Contribuciones de los autores

1. Conceptualización: Bolívar Ramos Mosquera, Irwin Alfredo Fernández Avilés
2. Curación de datos: Bolívar Ramos Mosquera
3. Análisis formal: Bolívar Ramos Mosquera
4. Investigación: Irwin Alfredo Fernández Avilés
5. Metodología: Bolívar Ramos Mosquera
6. Software: Irwin Alfredo Fernández Avilés
7. Supervisión: Irwin Alfredo Fernández Avilés
8. Validación: Bolívar Ramos Mosquera, Irwin Alfredo Fernández Avilés
9. Visualización: Bolívar Ramos Mosquera
10. Redacción – borrador original: Bolívar Ramos Mosquera, Irwin Alfredo Fernández Avilés
11. Redacción – revisión y edición: Bolívar Ramos Mosquera, Irwin Alfredo Fernández Avilés

### Financiación

La investigación no requirió fuente de financiamiento.

