

Prototipo de programa para la enseñanza de programación básica a personas con discapacidad visual mediante inteligencia artificial.

Prototype Program for Teaching Basic Programming to Visually Impaired People Using Artificial Intelligence.

Miller Sair Mosquera Palacios¹
milller.mosquera00@usc.edu.co

José Julián Ruiz Botina¹
jose.ruiz03@usc.edu.co

Lorena Cerón, M. Sc²
dir.sistemasvirtual@usc.edu.co

Universidad Santiago de Cali, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería de Sistemas (1)
Universidad Santiago de Cali, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería de Sistemas Virtual (2)

Resumen

La inclusión de personas con discapacidad visual en el mundo de la programación es esencial en una sociedad cada vez más digitalizada. Actualmente, millones de personas enfrentan obstáculos que limitan su acceso a herramientas tecnológicas, lo cual afecta su desarrollo personal y profesional. Este proyecto desarrollo un prototipo de programa, utilizando inteligencia artificial, diseñado para enseñar conceptos básicos de programación a personas con discapacidad visual. El proceso se desarrolló bajo la metodología en cascada, asegurando una planificación estructurada desde la identificación de necesidades hasta la implementación de tecnologías accesibles, como Text-to-Speech (TTS) y Speech-to-Text (SST). Se buscó crear una interfaz accesible que permita una navegación eficiente mediante comandos de voz y teclado. Se espera obtener un prototipo funcional que facilite el aprendizaje de programación a personas con discapacidad visual, validadas a través de pruebas prácticas realizadas con usuarios reales. Mediante estas pruebas, se evaluarán aspectos como la usabilidad, accesibilidad y efectividad en la enseñanza de conceptos básicos de programación, identificando áreas de mejora para optimizar la experiencia del usuario. Las conclusiones del proyecto no solo analizarán la eficiencia de la herramienta en la adquisición de conocimientos de programación, sino también su potencial para reducir barreras de acceso en la educación tecnológica, incrementando las oportunidades de inclusión social y profesional de las personas con discapacidad visual. Este prototipo representa un avance significativo hacia una educación más inclusiva, ya que brinda a este grupo poblacional una vía para integrarse en el ámbito tecnológico, promoviendo su participación activa y la valoración de sus aportes únicos en el desarrollo de nuevas tecnologías.

Palabras Clave: Inteligencia artificial, programación accesible, tecnología asistida, inclusión, discapacidad visual

Abstract

The inclusion of visually impaired individuals in the world of programming is essential in an increasingly digital society. Currently, millions of people face obstacles that limit their access to technological tools, which affects their personal and professional development. This project developed a prototype program, using artificial intelligence, designed to teach basic programming concepts to visually impaired individuals. The process was developed under the waterfall methodology, ensuring structured planning from identifying needs to implementing accessible technologies such as Text-to-Speech (TTS) and Speech-to-Text (SST). The aim was to create an accessible interface that allows for efficient navigation through voice commands and keyboard input. A functional prototype is expected to be obtained that facilitates programming learning for visually impaired individuals, validated through practical tests carried out with real users. Through these tests, aspects such as usability, accessibility, and effectiveness in teaching basic programming concepts will be evaluated, identifying areas for improvement to optimize the user experience. The project conclusions will not only analyze the efficiency of the tool in acquiring programming knowledge but also its potential to reduce access barriers in technological education, increasing social and professional inclusion opportunities for visually impaired individuals. This prototype represents a significant advance toward a more inclusive education, as it provides this population group with a pathway to integrate into the technological field, promoting their active participation and the appreciation of their unique contributions in the development of new technologies.

Keywords: Artificial intelligence, accessible programming, assistive technology, inclusion, visual impairment

I. INTRODUCCIÓN

El mundo de la programación ofrece oportunidades emocionantes, pero para las personas con discapacidad visual, estas puertas no siempre están abiertas de una manera accesible. La mayoría de los recursos educativos y las herramientas actuales están diseñados para quienes pueden interactuar visualmente con el contenido, lo que deja a un lado a una parte significativa de la población que depende de tecnologías adaptativas para su aprendizaje. Según la (Organización Mundial de la Salud (OMS, 2023) más de 2,200 millones de personas en todo el mundo tienen algún tipo de discapacidad visual. En Colombia, de acuerdo con el (Censo Nacional de Población y Vivienda, 2018) del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) estima que cerca de 1.9 millones de personas enfrentan esta condición, y en la ciudad de Santiago de Cali, unas 18,088 personas viven con limitaciones visuales, lo que representa una parte considerable de la población local.

A pesar de que existen marcos legales, como el (Decreto 1421 DE 2017, 2017), que exigen la inclusión de estudiantes con discapacidad visual en el ámbito educativo, las instituciones aún se encuentran con grandes dificultades para poner en práctica esta inclusión, sobre todo en áreas técnicas como la programación. La falta de infraestructura adecuada, recursos adaptados y formación docente en tecnologías accesibles sigue siendo un obstáculo significativo. Investigaciones como la de (Sean & Emerson, 2012) han demostrado que las personas en esta condición enfrentan barreras muy particulares al aprender programación, principalmente relacionadas con la navegación en el código y la comprensión de estructuras que dependen fuertemente de lo visual. Esto agrava la brecha de acceso y limita sus posibilidades de participar plenamente en el desarrollo tecnológico.

Este proyecto nace con el propósito de ofrecer una solución a este desafío, desarrollando una herramienta tecnológica que facilite el aprendizaje de la programación para personas con discapacidad visual. Aprovechando las nuevas tecnologías, como la inteligencia artificial, se busca crear una interfaz que proporcione asistencia auditiva, lo que permitirá a estos usuarios comprender conceptos básicos de programación de una manera más accesible y efectiva. La idea no es solo cerrar una brecha en la educación, sino también valorar las contribuciones que estas personas pueden hacer al mundo de la programación, aportando sus perspectivas únicas y enriqueciendo el desarrollo de nuevas tecnologías.

El artículo "CodeTalk: Mejora de la accesibilidad del entorno de desarrollo para desarrolladores con discapacidad visual" habla de cómo mejorar la accesibilidad del entorno de desarrollo integrado (IDE) para desarrolladores con discapacidad visual (VI). Los autores identifican los principales desafíos de accesibilidad que enfrentan estos desarrolladores en los IDE basados en interfaces gráficas de usuario (GUI), divididos en cuatro categorías: capacidad de descubrimiento, accesibilidad y visualización de accesibilidad, facilidad de navegación y capacidades de alerta. Para resolver estos problemas, desarrollaron CodeTalk, un complemento para Visual Studio que mejora la accesibilidad aprovechando nuevas funciones como resúmenes de código, listas de funciones y advertencias de error en tiempo real. El enfoque de este proyecto implica el uso de atajos de teclado y canales de audio adicionales para complementar el lector de pantalla. El artículo también describe un estudio preliminar realizado con seis desarrolladores de que evaluaron el complemento y brindaron comentarios positivos, notando mejoras en su rendimiento. Los participantes notaron que las funciones de CodeTalk como TalkPoints (una herramienta de depuración basada en audio) facilitaron la comprensión del flujo de código y les permitieron rastrear variables de manera más efectiva sin tener que cambiar el código. Los autores concluyen que, si bien la aplicación aborda algunos problemas de accesibilidad, todavía quedan áreas por explorar, como mejorar el descubrimiento de funciones y desarrollar más métricas sistemáticas para evaluar el impacto de los complementos en la productividad de los desarrolladores de VI. También sugirieron que la investigación futura podría centrarse en la portabilidad de CodeTalk a otros lenguajes de programación y entornos de desarrollo (Potluri et al., 2018).

El desarrollo de software accesible para personas con discapacidad visual se ha convertido en un desafío crucial en la actualidad, tanto por su potencial para fomentar la equidad de oportunidades como por la innovación que puede aportar. De acuerdo con estudios recientes, existe una notable carencia de recursos accesibles y efectivos para la enseñanza de habilidades técnicas a personas con discapacidad visual (Alastor et al., 2023); (Guillermo et al., 2021). En este sentido, el desarrollo de programas educativos específicamente adaptados para este grupo poblacional no solo mejoraría sus oportunidades de empleo, sino que también contribuiría significativamente a su crecimiento personal y profesional en un

sector en constante expansión (COCEMFE, 2019).

La creación de programas educativos adaptados es factible gracias a las herramientas tecnológicas avanzadas disponibles en la actualidad, como la inteligencia artificial y frameworks de desarrollo, que permiten el diseño de soluciones personalizadas y accesibles. Estas tecnologías, cuando se integran adecuadamente, no solo incrementan la accesibilidad, sino que también mejoran la calidad y adaptabilidad de los programas educativos, lo que resulta crucial para satisfacer las necesidades específicas de los estudiantes con discapacidad visual. En este sentido, la teoría educativa sugiere que la inclusión y accesibilidad digital son esenciales para garantizar que este grupo pueda adquirir las habilidades técnicas necesarias para su integración en el mercado laboral (Cynthia Duk Homad et al., n.d.).

Implementar un programa de enseñanza adaptado no solo tiene el potencial de transformar las oportunidades de las personas con discapacidad visual, sino que también contribuye al desarrollo de una sociedad más inclusiva, donde la diversidad y la igualdad de oportunidades en el sector tecnológico beneficien a todos. Así, este trabajo se orienta a diseñar y evaluar una solución educativa que responda a estas necesidades, con un enfoque centrado en el usuario y una interfaz accesible que facilite el aprendizaje, promoviendo una mayor equidad en el acceso a las oportunidades laborales en el sector tecnológico.

Además, la creación de un programa educativo adaptado a las necesidades de las personas con discapacidad visual puede estimular la innovación en el desarrollo de herramientas tecnológicas. Al involucrar a estos usuarios en el proceso de diseño, obtendrá información valiosa sobre las necesidades y desafíos específicos que enfrentan, lo que conducirá a soluciones más efectivas y centradas en el usuario. Esto no sólo aumenta la disponibilidad de las tecnologías existentes, sino que también fomenta la creación de nuevos productos y servicios que pueden beneficiar a otros grupos con necesidades similares. Al adoptar este enfoque integral, ayudará a cerrar la brecha digital y crear un entorno tecnológico más equitativo y diverso. En definitiva, integrar a las personas con discapacidad visual en el sector tecnológico reforzará los valores de responsabilidad social y creará un ambiente de trabajo más colaborativo y enriquecedor para todos.

A pesar de los esfuerzos previos en la creación de herramientas accesibles, sigue existiendo una brecha importante que este trabajo busca cerrar. La integración de inteligencia artificial como apoyo en la enseñanza de programación para personas con discapacidad visual tiene un potencial aún inexplorado, y este proyecto justifica su desarrollo al abordar estas limitaciones y avanzar hacia una educación tecnológica verdaderamente inclusiva.

La estructura de este trabajo explora, en primer lugar, los antecedentes y el contexto de la problemática, seguido de un análisis del problema a resolver. Se revisa la literatura existente para identificar soluciones anteriores, junto con sus limitaciones, y se propone una metodología centrada en el diseño y prueba de la herramienta accesible. Finalmente, se discutirán los resultados esperados y se analizarán las oportunidades y desafíos de implementar esta solución a mayor escala.

2. MATERIALES Y MÉTODOS/METODOLOGÍA

2.1 Diseño de una interfaz accesible e intuitiva

El enfoque principal de esta fase fue desarrollar una interfaz de usuario que fuera completamente accesible para personas con discapacidad visual, centrándose en la facilidad de navegación, compatibilidad con tecnologías de asistencia y una experiencia de usuario fluida.

2.1.1 Análisis de necesidades

Se realizó un análisis sobre las barreras a las que se enfrentan las personas con discapacidad visual al usar un software. Este análisis incluye revisión de documentos y consulta con expertos en accesibilidad, para identificar los requisitos clave que debía cumplir la interfaz. Se priorizó la simplicidad en la navegación y la compatibilidad con tecnologías de asistencia que pueden hacer la diferencia en el día a día de las personas con discapacidad visual.

2.1.2 Diseño de la interfaz

Teniendo en cuenta el análisis anterior, se realizó el diseño de un prototipo utilizando la herramienta de Figma. Se optó por una interfaz de usuario que fuera completamente accesible para las personas con discapacidad visual, centrándose en la facilidad de navegación y una experiencia de usuario fluida.

El enfoque principal del diseño fue garantizar que el usuario tenga una experiencia completamente accesible, en la que puedan navegar de forma intuitiva. Para esto, se siguieron los principios de diseño accesible basados en las Directrices de Accesibilidad para el Contenido Web (WCAG). Estas directrices nos proporcionan unas pautas de como estructurar y organizar los elementos interactivos para hacerlos accesibles por medio de las tecnologías de asistencia, como lectores de pantalla y navegación basada en teclado.

2.1.3 Desarrollo del entorno

Para el desarrollo se decidió utilizar NodeJs para el servidor y Electron JS, un framework que permite crear aplicaciones de escritorio utilizando tecnologías web como HTML, CSS, JavaScript. Este nos permite crear interfaces graficas robustas sin que se pierda la simplicidad del desarrollo web. En esta fase, se estructuró toda la base del proyecto e integrando dependencias que son necesarias para la implementación de las tecnologías asistidas, también se diseñaron todos los componentes fundamentales que tiene la interfaz, asegurando que la interfaz sea fácilmente accesible mediante el teclado. Además, Electron JS ofrece una gran ventaja de poder empaquetar las aplicaciones como ejecutables de escritorio, lo que garantiza que la solución pueda también implementarse en diferentes tipos de sistemas operativos como Windows, macOS y Linux, ampliando el alcance de la herramienta.

Uno de los enfoques claves para el desarrollo fue garantizar la compatibilidad entre la interfaz de usuario y las tecnologías de asistencia. Para lograr esto, este aspecto fue clave, ya que el objetivo principal del prototipo es que sea accesible para personas con discapacidad visual.

El desarrollo también incluye la creación de componentes reutilizables, lo que no sólo simplifica el desarrollo, sino que también garantiza la coherencia en toda la aplicación. Cada uno de estos elementos ha sido optimizado para el acceso sin mouse, de acuerdo con las mejores prácticas de accesibilidad digital. El uso de Electron JS también facilita la integración de retroalimentación en tiempo real, donde cada acción realizada por el usuario se confirma con una respuesta de audio clara, lo que aumenta la interactividad y mejora la experiencia del usuario. Por ello, a la hora de diseñar el entorno la prioridad no es sólo la funcionalidad técnica sino también la adaptabilidad y disponibilidad desde el primer momento, poniendo énfasis en la experiencia del usuario final.

2.2 Implementación de inteligencia artificial y tecnologías asistidas

En esta fase se realizó la integración de tecnologías de inteligencia artificial brinda una retroalimentación auditiva y textual en tiempo real, esto facilita el aprendizaje de los usuarios con discapacidad visual. Además, para complementar la experiencia de un aprendizaje inclusivo, también se implementó una funcionalidad de descargar en braille. De esta manera, el prototipo no solo ofrece asistencia en tiempo real, sino que también recursos tangibles que apoyen el proceso educativo.

2.2.1 Uso de la API de OpenAI

Para poder ofrecer una experiencia de aprendizaje interactivo y accesible, se utilizó la API de OpenAI, esta nos permite generar explicaciones detalladas y accesibles. Los usuarios pueden realizar sus consultas tanto de manera escrita como por voz, y la IA va a analizar sus preguntas y a entender el contexto para generar explicaciones claras y detalladas en tiempo real.

2.2.2 Implementación de Text-to-Speech y Speech-to-Text

La aplicación cuenta con una retroalimentación textual a audio y viceversa, lo que permite que las personas

con discapacidad visual pueden ingresar comandos de voz en lugar de utilizar el teclado, al igual que pueden escuchar la información que le está generando la IA, proporcionando una experiencia completamente auditiva. Ambas tecnologías trabajan juntas para ofrecer una experiencia de usuario fluida e intuitiva. La capacidad de cambiar entre comandos de voz e indicaciones de audio permite a los usuarios mantener un flujo de trabajo fluido sin tener que depender de herramientas externas ni realizar ajustes adicionales. Además, la combinación de TTS y STT ofrece una mayor autonomía ya que los usuarios pueden navegar por la aplicación, recibir instrucciones y realizar tareas de programación totalmente de oído. La integración de estas tecnologías era necesaria para lograr el objetivo principal del proyecto: proporcionar a las personas con discapacidad visual una herramienta accesible, útil y eficaz en el contexto de aprender a codificar.

2.2.3 Funcionalidad de descarga en Braille

Para complementar estas herramientas de retroalimentación auditiva y textual, se ha introducido una funcionalidad que permite a los usuarios descargar el contenido en formato braille. Esta característica tiene como objetivo mejorar la accesibilidad al facilitar que las personas puedan revisar y estudiar el contenido de manera offline, adaptándose a las necesidades individuales y garantizando una experiencia de aprendizaje inclusiva.

2.3 Evaluar la efectividad del prototipo

La evaluación del prototipo se basará en un enfoque integral para medir su accesibilidad, usabilidad y su potencial impacto en la enseñanza de conceptos de programación a personas con discapacidad visual. Aunque esta evaluación sigue siendo teórica en esta etapa de desarrollo, se ha propuesto un conjunto de métricas y procesos que guiarán la evaluación una vez que el prototipo esté completamente desarrollado y sea dinámico.

2.3.1 Criterios de accesibilidad

La evaluación del prototipo propuesto se centrará en tres áreas clave que son fundamentales para determinar su efectividad como la accesibilidad, la usabilidad e impacto en el aprendizaje. Estas áreas cubren aspectos tanto técnicos como pedagógicos, lo que permite una evaluación integral del objetivo del prototipo de facilitar el aprendizaje de codificación para personas con discapacidad visual. Los criterios específicos en cada área se detallan a continuación.

2.3.2 Usabilidad

La usabilidad del prototipo se evaluará en función de la interacción del usuario con la interfaz y el sistema de retroalimentación de audio. Este aspecto determinará la facilidad con la que los usuarios podrán aprender y utilizar el sistema para realizar tareas de programación.

2.3.3 Impacto en el aprendizaje

El impacto de la creación de prototipos en el aprendizaje será uno de los aspectos más importantes a evaluar, ya que el objetivo final es enseñar eficazmente conceptos básicos de programación a usuarios con discapacidad visual.

II. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

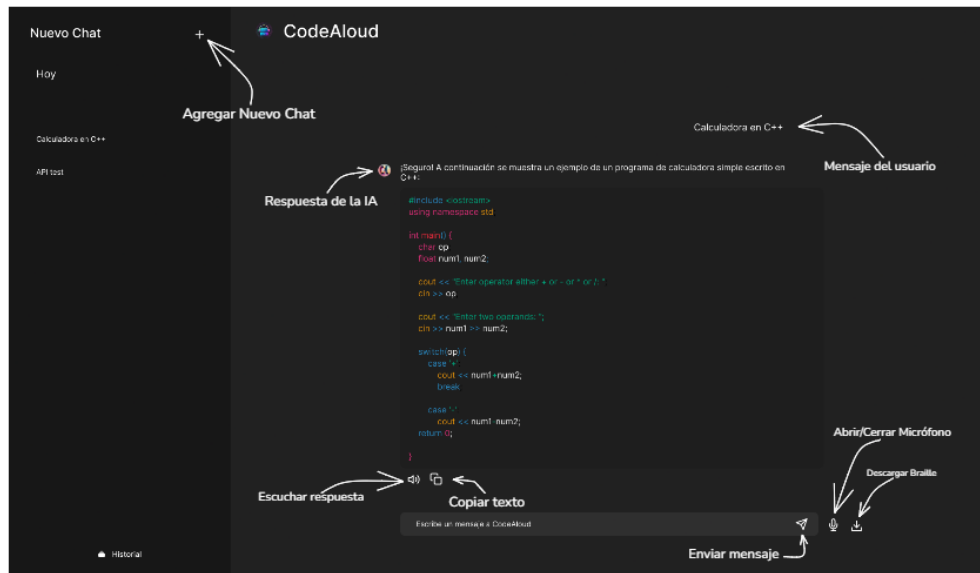
Para desarrollar el prototipo accesible, fue fundamental definir los requerimientos que garantizan tanto la accesibilidad como la funcionalidad del sistema. Durante la fase inicial, se identificaron necesidades que están orientadas a facilitar la interacción sin depender de estímulos visuales, priorizando métodos de entrada accesibles y tecnología de asistencia. Estos requerimientos incluyeron la implementación de comandos de voz y control mediante teclado, retroalimentación auditiva, entre otros. Estos elementos se describen detalladamente en la Figura 1.

Figura 1
Requerimientos funcionales y no funcionales del prototipo accesible

ID del Requerimiento	Tipo	Descripción	Prioridad
RF-01	Funcional	Permitir que los usuarios interactúen con el prototipo a través de comandos de voz, como alternativa a la interacción visual.	Alta
RF-02	Funcional	Ofrecer la posibilidad de navegar y ejecutar funciones mediante el teclado, ampliando las opciones de accesibilidad.	Alta
RF-03	Funcional	Implementar tecnología de conversión de texto a voz (Text-to-Speech, TTS) para retroalimentación auditiva en cada paso.	Alta
RF-04	Funcional	Incorporar tecnología de conversión de voz a texto (Speech-to-Text, SST) para traducir comandos hablados en acciones.	Alta
RF-05	Funcional	Proporcionar retroalimentación auditiva en tiempo real para confirmar las acciones del usuario.	Alta
RNF-06	No Funcional	Escalabilidad para integrarse con dispositivos braille en futuras versiones.	Media
RNF-07	No Funcional	Permitir la personalización de la experiencia de aprendizaje mediante inteligencia artificial en futuras versiones.	Media

El diseño del prototipo se centró en la simplicidad y efectividad de uso, con una interfaz que puede ser controlada mediante comandos de voz y accesible a través del teclado. Las interacciones se añadieron con el fin de minimizar la necesidad de realizar la complejidad de las acciones del usuario, priorizando la usabilidad. Como se muestra en la Figura 2, el prototipo cuenta una interfaz básica optimizada para capturar y procesar comando de voz, y que proporciona respuestas auditivas.

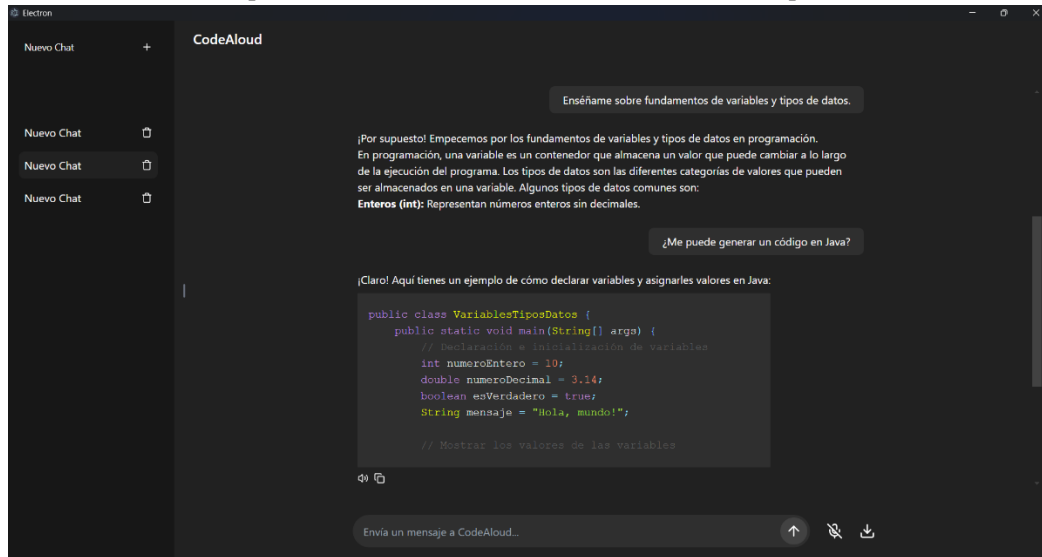
Figura 2
Diseño inicial de la interfaz mostrando funcionalidades



El desarrollo e implementación del prototipo accesible para la enseñanza de conceptos básicos de programación a personas con discapacidad visual arrojó resultados alineados con lo esperado en términos tanto técnicos como sociales. Se logró desarrollar un prototipo plenamente funcional que permitió la interacción mediante comandos de voz y teclado, integrando tecnologías de asistencia como Text-to-Speech (TTS) y Speech-to-Text (SST). Los usuarios con discapacidad visual podrán interactuar de manera efectiva, confirmando que el prototipo cumple con los estándares de accesibilidad propuestos.

Figura 3

Interfaz funcional desarrollada, implementando las características de accesibilidad previstas en el diseño inicial



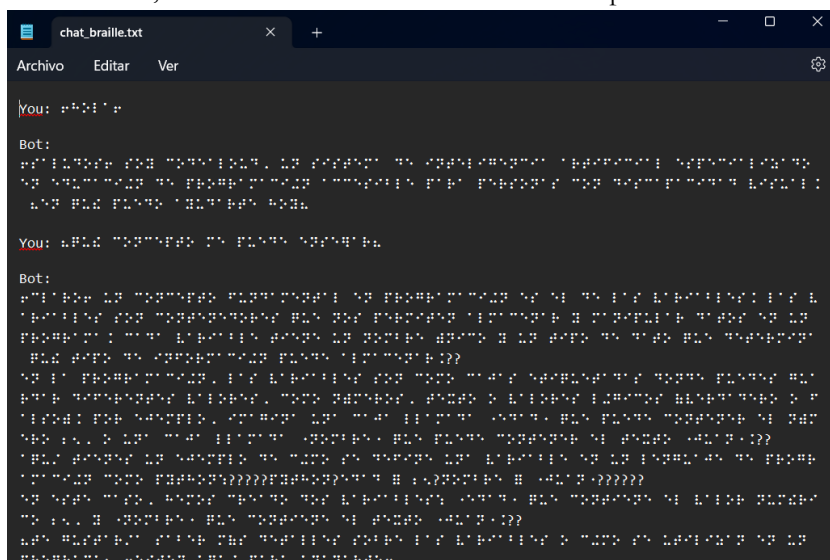
En cuanto al aprendizaje, se espera observar que los usuarios adquirieran una comprensión más sólida de los conceptos básicos de programación. La retroalimentación auditiva facilitada por la inteligencia artificial les permitirá realizar tareas sencillas de codificación de manera autónoma, reduciendo su dependencia de recursos visuales. Este resultado se validará a través de pruebas que demostraran mejoras significativas en la capacidad de los usuarios para completar tareas de programación.

Las pruebas a realizar con personas con discapacidad visual confirmaran que el prototipo es accesible, usable y efectivo en la enseñanza de la programación, cumpliendo con las expectativas en términos de funcionalidad y accesibilidad. Además, el impacto social podría ser evidente, al reducirse las barreras de acceso a la educación tecnológica para esta población, con la expectativa de que pueda ser adoptado en más instituciones educativas.

Por último, el prototipo mostró ser escalable al permitir la descarga del texto generado en formato braille, como se muestra en la Figura 4. Esto sienta las bases para futuras mejoras, como la integración de dispositivos braille o la personalización del aprendizaje a través de inteligencia artificial.

Figura 4

Chat descargado en formato Braille, mostrando una conversación accesible para usuarios con discapacidad visual.



Las pruebas funcionales con el prototipo accesible muestran que se puede lograr cumplir tanto en la creación de una herramienta innovadora como en la generación de impacto un social. El prototipo puede superar algunas barreras tecnológicas, ofreciendo una solución efectiva que permitirá a las personas con discapacidad visual aprender programación de manera más accesible y autónoma. Los resultados observados en la adquisición de conceptos básicos y la mejora en la ejecución de tareas de programación coinciden con investigaciones previas, confirmando que la retroalimentación auditiva puede mejorar significativamente el aprendizaje en usuarios con discapacidades visuales.

Las pruebas funcionales demostraron que el prototipo es eficaz en su diseño accesible, facilitando la interacción con los usuarios. Sin embargo, algunos aspectos de la experiencia de usuario sugieren que futuras mejoras podrían centrarse en hacer el aprendizaje aún más personalizado, como el uso de dispositivos braille o la integración de algoritmos más avanzados.

En términos de impacto social, el prototipo demostró ser un paso importante hacia la inclusión en el ámbito de la programación y la educación tecnológica. A medida que se extienda su uso, se espera que más instituciones educativas adapten sus herramientas para incluir a personas con discapacidad visual. Este proyecto ofrece una base sólida para seguir construyendo tecnologías accesibles y, al mismo tiempo, plantea nuevos retos y oportunidades para mejorar la accesibilidad e inclusión al aprendizaje en el desarrollo de nuevas tecnologías.

3. CONCLUSIONES

En este trabajo se desarrolló un prototipo de programa educativo accesible dirigido a personas con discapacidad visual, con el fin de facilitar su aprendizaje en programación básica y mejorar su acceso a este conocimiento. Los resultados del desarrollo indican que la integración de inteligencia artificial y tecnologías asistivas puede ser una solución efectiva para enfrentar las barreras tradicionales en el aprendizaje de programación, como la dificultad para navegar en el código y comprender estructuras visuales complejas. La implementación de una interfaz accesible con retroalimentación auditiva en tiempo real y la opción de descarga en braille proporcionaron una experiencia inclusiva y adaptada a las necesidades específicas de este grupo de usuarios.

Además, el uso de la API de OpenAI y tecnologías de Text-to-Speech y Speech-to-Text permite ofrecer un entorno interactivo y flexible, en el cual los usuarios podían recibir explicaciones detalladas y realizar consultas de manera accesible. Esto confirma que el enfoque integral adoptado en el diseño de este programa responde adecuadamente a las barreras identificadas y sienta una base sólida para la inclusión de personas con discapacidad visual en el ámbito tecnológico.

A pesar de los esfuerzos implementados en el desarrollo de esta herramienta, existen oportunidades para mejorar el programa en futuras actualizaciones. Estas mejoras pueden centrarse en perfeccionar la experiencia de usuario, ampliar las funciones de accesibilidad y adaptar la interfaz a otros lenguajes de programación y entornos educativos. Esto permitirá que el programa evolucione y se convierta en una herramienta cada vez más inclusiva y robusta para personas con discapacidad visual en el aprendizaje de la programación.

Este prototipo representa un paso importante hacia la equidad en la educación tecnológica, demostrando el potencial de la inteligencia artificial y las tecnologías asistivas para promover la inclusión y el aprendizaje accesible

REFERENCIAS

- Alastor, E., Sánchez-Vega, E., Martínez-García, I., & Rubio-Gragera, M. (2023). *TIC en educación en la era digital: propuestas de investigación e intervención*. <https://doi.org/10.24310/MUMAEDMUMAED.65>
- Assenza, T., Ballardini, C., Marchetti, P. A., & Golobisky, M. F. (2020). *Herramienta de soporte para programadores con discapacidad visual mediante el marcado de código fuente*. *IEEE ARGENCON 2020 Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/ARGENCON49523.2020.9505334>
- Assenza, T., Fontana, V., Ballardini, C., Ambort, D., Golobisky, M., & Marchetti, P. (2020). *SIMAE (Sistema de Marcado Estructural de Código Fuente para Programadores con Discapacidad Visual)*. <https://simae.info/docs/AcercaDe.html>
- Bigham, J. P., Aller, M. B., Brudvik, J. T., Leung, J. O., Yazzolino, L. A., & Ladner, R. E. (2008). *Inspiring blind high school students to pursue computer science with instant messaging chatbots*. *SIGCSE 2008 Proceedings*. <https://webinsight.cs.washington.edu/papers/sigcse.pdf>
- Burgstahler, S., & Ladner, R. (2016). Increasing the participation of people with disabilities in computing fields: From research to practice. *AccessComputing: From Research to Practice*. <https://www.washington.edu/accesscomputing/resources/accesscomputing-research-practice>
- Censo Nacional de Población y Vivienda. (2018). *Los ciegos en el censo 2018*. <https://www.inci.gov.co/blog/los-ciegos-en-el-censo-2018>
- COCEMFE. (2019). *Guía para el conocimiento de nuevas metodologías de enseñanza y aprendizaje*. <https://www.cocemfe.es/wp-content/uploads/2021/10/guia-metodologias-enfoques-inclusivos-educacion.pdf>
- Conpes 3975 de 2019. (2019). *Política nacional de discapacidad*. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3975.pdf>
- Duk Homad, C., Murillo, F. J., Simón, C., Muñoz, Y., Contreras Salinas, S., Martínez-Garrido, C., Domínguez Gutiérrez, A. B., Guajardo Ramos, E., López Cruz, M., Poblete Melis, R., Riquelme Bravo, P., Veas Sánchez, J., Ainscow, M., Blanco Guijarro, R., Hegarty, S., Molina Bajamonde, V., Narodowski, M., & Pinto Guevara, A. (n.d.). *Dirección editorial y editoras invitadas*. <https://www.ucentral.cl/https://www.uam.es/>
- Decreto 1421 DE 2017. (2017). *Por el cual se reglamenta en el marco de la educación inclusiva la atención educativa a la población con discapacidad*. <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/30033428>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (n.d.). *Censo nacional de población y vivienda 2018: Cuántos somos*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018/cuantos-somos>
- Freedom Scientific. (n.d.). *JAWS*. <https://www.freedomscientific.com/products/software/jaws/>
- Guillermo, L., Suarez, M., Daryanei, L., & Romero, C. (2021). Tecnología asistiva como plataforma para la educación inclusiva. En A. Belmonte & M. Fernández (Eds.), *Gamificación en la educación inclusiva* (pp. 12–34). <https://doi.org/10.47212/GamificacionIII2021.2>
- Kristen, S., & Jacob, O. W. (2011). In the shadow of misperception: *Assistive technology use and social interactions*. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. <https://faculty.washington.edu/wobbrock/pubs/chi-11.03.pdf>
- Ley 1346 de 2009. (2009). *Por medio de la cual se aprueba la Convención sobre los derechos de las personas con discapacidad*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=37150>
- Ley 1618 de 2013. (2013). *Por medio de la cual se establecen disposiciones para garantizar el pleno ejercicio de los derechos de las personas con discapacidad*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=52081>

- Ley TIC 1978 de 2019. (2019). *Por la cual se moderniza el sector de las tecnologías de la información y las comunicaciones*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=98210>
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2023). *Ceguera y discapacidad visual*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>
- Potluri, V., Vaithilingam, P., Iyengar, S., Vidhya, Y., Swaminathan, M., & Srinivasa, G. (2018). CodeTalk: *Improving programming environment accessibility for visually impaired developers*. *Proceedings of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. <https://doi.org/10.1145/3173574.3174192>
- Registro de Localización y Caracterización. (2019). *Un total de 350 personas con discapacidad visual recibieron su bastón para poder movilizarse*. <https://www.cali.gov.co/bienestar/publicaciones/149311/un-total-de-350-personas-con-discapacidad-visual-recibieron-su-baston-para-poder-movilizarse/>
- Sánchez, J., & Aguayo, F. (2006). APL: Audio programming language for blind learners. *Revista de Ingeniería Informática*. https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/124982/Sanchez_Jaime_APL.pdf?sequence=1
- Sean, M., & Emerson, M.-H. (2012). An exploratory study of blind software developers. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/6344485>