

Automated Guidance and Learning Prototype for People with Visual Disabilities

Luis Arizaga-Usnayo, Bach¹, Mathias Cabrera-Rodriguez, Bach², Angel Cruz-Torres, Bach³, Alvaro Montoya-Magallanes, Bach⁴, Dely Lazo-Barreda, Mg⁵, Edmundo Aparicio-Maldonado, Mg⁶, Jaime Villegas-Medina, Mg.⁷
Universidad Católica de Santa María, Peru,
¹luis.arizaga@estudiante.ucsm.edu.pe, ²mathias.cabrera@estudiante.ucsm.edu.pe, ³angel.cruz@estudiante.ucsm.edu.pe,
⁴alvaro.montoya@estudiante.ucsm.edu.pe, ⁵dlazo@ucsm.edu.pe, ⁶eparicio@ucsm.edu.pe, ⁷jvillegasmedina@ucsm.edu.pe

Abstract – Visual impairment significantly limits a person's ability to interact with their environment and poses additional challenges in early learning, particularly for children. This paper presents the design and development of a wearable assistive prototype aimed at enhancing spatial awareness and learning capabilities for individuals with visual disabilities. The device integrates object recognition, text reading, and GPS-based navigation using artificial intelligence and embedded vision systems. A survey conducted among individuals familiar with visual impairment revealed high interest and acceptance of the proposed solution. Findings suggest a strong demand for accessible tools that foster autonomy and improve learning experiences. The implementation of such a prototype in regions like Arequipa may have substantial impact on social inclusion and educational access for visually impaired populations.

Keywords—Automated, learning, artificial intelligence, visual impairment

Prototipo Automatizado De Guía Y Aprendizaje Para Personas Y Niños Con Discapacidades Visuales

Luis Arizaga-Usnayo, Bach¹, Mathias Cabrera-Rodriguez, Bach², Angel Cruz-Torres, Bach³, Alvaro Montoya-Magallanes, Bach⁴, Dely Lazo-Barreda, Mg⁵, Edmundo Aparicio-Maldonado, Mg⁶, Jaime Villegas-Medina, Mg.⁷

Universidad Católica de Santa María, Peru,

¹luis.arizaga@estudiante.ucsm.edu.pe, ²mathias.cabrera@estudiante.ucsm.edu.pe, ³angel.cruz@estudiante.ucsm.edu.pe,

⁴alvaro.montoya@estudiante.ucsm.edu.pe, ⁵dlazo@ucsm.edu.pe, ⁶eapario@ucsm.edu.pe, ⁷jvillegasmedina@ucsm.edu.pe

Resumen— La discapacidad visual limita significativamente la capacidad de interacción de las personas con su entorno y presenta desafíos adicionales en el aprendizaje temprano, especialmente en niños. Este artículo presenta el diseño y desarrollo de un prototipo portátil de asistencia orientado a mejorar la percepción espacial y las capacidades de aprendizaje de personas con discapacidad visual. El dispositivo integra tecnologías de reconocimiento de objetos, lectura de textos y navegación GPS, mediante el uso de inteligencia artificial y sistemas de visión embebida. Se aplicó una encuesta a personas familiarizadas con esta discapacidad, cuyos resultados evidencian una alta aceptación y demanda de soluciones tecnológicas accesibles. Se concluye que la implementación de este prototipo podría contribuir significativamente a la inclusión social y al acceso equitativo a la educación en regiones como Arequipa.

Palabras Claves—Automatizado, aprendizaje, inteligencia artificial, discapacidad visual

I. INTRODUCCIÓN

La discapacidad visual es una condición que afecta a muchas personas, dificultando significativamente su interacción con el entorno y su proceso de aprendizaje. Así mismo, al adquirir esta discapacidad a una edad temprana, los niños enfrentan retos considerables para aprender de manera normal y adaptarse a su entorno. En respuesta a esta necesidad, presentamos un dispositivo innovador diseñado específicamente para ayudar a estos niños a explorar y aprender de manera más efectiva: el “Dispositivo automatizado de guía y aprendizaje para niños con discapacidades visuales”. Este tipo de soluciones ha cobrado relevancia en años recientes, con el desarrollo de gafas inteligentes y tecnologías basadas en inteligencia artificial que mejoran la orientación y la accesibilidad educativa [1][2].

Según la OMS, hay al menos 2200 millones de personas con deterioro de la visión, y en al menos 1000 millones de esos casos, la discapacidad visual podría haberse evitado. Las principales causas son los errores de refracción y las cataratas. La discapacidad visual impacta gravemente la calidad de vida, afectando el desarrollo infantil, el rendimiento académico y la salud mental de los adultos. La OMS promueve la atención

oftálmica integrada y centrada en la persona para reducir la carga global de las afecciones oculares. [3]

A nivel más específico para población infantil, se estima que en el mundo existen alrededor de 450 millones de niños y adolescentes con algún problema de visión que requiere tratamiento, y aproximadamente 90 millones viven con pérdida de visión que afecta su vida cotidiana [4]

Según el Censo, el 10,4% de la población peruana (3 051 612 personas) tiene alguna discapacidad, con un 57% de mujeres. La mayoría de las discapacidades se presentan en personas mayores de 60 años (40%), seguidas por personas de 30 a 59 años (35%). El 81,5% de las personas con discapacidad tienen una sola limitación, mientras que el resto tiene dos o más. La limitación visual es la más común (48,3%), seguida por la motora (15,1%), auditiva (7,6%), de aprendizaje (4,2%), de relacionamiento (3,2%) y de comunicación (3,1%).

Si bien las estadísticas nacionales reportan mayor prevalencia de discapacidad visual en adultos mayores, existe una brecha de información respecto a la población infantil. Esta ausencia de datos específicos en niños hace aún más relevante el desarrollo de soluciones tecnológicas enfocadas en la infancia, como el prototipo aquí presentado, que busca apoyar su proceso de aprendizaje y autonomía desde etapas tempranas.

En el Perú, el Ministerio de Salud estima que cerca de 160 000 personas son invidentes y alrededor de 600 000 presentan algún grado de discapacidad visual que afecta su vida diaria [5]. Sin embargo, no existen estadísticas oficiales detalladas que especifiquen la prevalencia en población infantil, lo que representa una brecha de información importante. Esta carencia hace aún más relevante el desarrollo de soluciones tecnológicas enfocadas en niños, para apoyar su aprendizaje y fomentar su autonomía desde etapas tempranas.

En cuanto a la distribución de personas con limitaciones visuales, el 38,29% reside en Lima, seguido por Piura (5,62%), La Libertad (5,14%), Arequipa (4,88%) y Lambayeque (4,16%), con los demás departamentos por debajo del 4%.

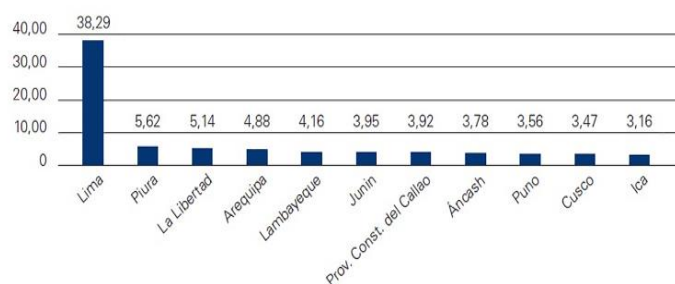


Fig. 1. Departamentos donde residen los invidentes (porcentajes)

Nuestro prototipo no solo mejora la independencia y la experiencia de aprendizaje de estos niños, sino que también facilita su integración en entornos educativos, promoviendo así un acceso más equitativo a la educación.

II. ANTECEDENTES

Los antecedentes de nuestro prototipo se han recopilado a partir de diversas investigaciones y patentes relacionadas con dispositivos de asistencia para personas con discapacidad visual [6]. Las fuentes principales incluyen artículos y revisiones bibliográficas sobre dispositivos con inteligencia artificial y visión por computadora, sistemas de navegación autónoma basados en aplicaciones móviles, y recursos didácticos adaptados para la enseñanza a niños con discapacidad visual. Estas referencias se han obtenido de revistas académicas y bases de datos de patentes, tales como:

Dispositivo de asistencia para la movilidad en personas con discapacidad visual: En este proyecto se han desarrollado dispositivos con cámaras, que incluyen algoritmos de visión por computador y técnicas de Inteligencia Artificial [7], para mejorar los resultados y la eficiencia de los equipos. Este dispositivo utiliza inteligencia artificial y visión por computadora para reconocer objetos a su alrededor. En este informe se explica toda la teoría de un dispositivo que, con inteligencia artificial, reconoce varios objetos y alerta al usuario sobre los objetos a su alrededor. El dispositivo emplea técnicas de Machine Learning para mejorar la movilidad y la independencia de las personas con discapacidad visual.

Los autores [8] presentan una navegación autónoma para personas con discapacidad visual en espacio museográfico, basada en aplicaciones móviles: En este artículo se presenta la teoría de un sistema parecido a nuestra propuesta, solo que, en lugar de utilizar gafas, este funciona mediante un teléfono celular y utilizando un audífono. El sistema utiliza una aplicación móvil para comunicar información al usuario y evitar obstáculos, similar a nuestra invención, la cual también avisa al usuario de los obstáculos previstos.

Sistema de navegación interior para la orientación y movilidad de personas con discapacidad visual: En este artículo se describe un dispositivo que funciona mediante un teléfono móvil y una aplicación para avisar al usuario sobre el entorno que lo rodea. Funciona mediante una aplicación, pero que de manera remota avisa sobre que hay alrededor de un entorno y lo menciona mediante un dispositivo, similar a nuestro proyecto. De la misma forma, estos comparten el objetivo de proporcionar orientación a personas con discapacidad visual, aunque este se centra más en la orientación y movilidad que en la educación [9].

Adaptación e implementación de recursos didácticos para la enseñanza de ecuaciones de primer y segundo grado a niños con discapacidad visual en un aula inclusiva: la propuesta destaca la importancia de la implementación de recursos didácticos adaptados para facilitar el aprendizaje de las matemáticas en niños con discapacidad visual [10]. El objetivo es mejorar su rendimiento académico y su experiencia educativa en general. Además, busca resaltar la necesidad de una Didáctica Especial de la Matemática que permita adecuar materiales pedagógicos e instrumental de trabajo para esta población, para mejorar su rendimiento académico y su experiencia educativa. Se relaciona de forma más al nuestro, ya que se implementa a la educación, principalmente en matemáticas, igual que nuestro proyecto comparte la idea para la educación en niños con discapacidad visual.

Prototipo para orientación de personas discapacitadas visual mediante una aplicación para móvil: La investigación consiste en el diseño y elaboración de un prototipo que, por medio de un algoritmo, se vincule con una aplicación para móvil (App) y permita la orientación de personas con discapacidad visual. Este prototipo nos muestra una aplicación móvil la cual se desarrolló en el entorno de programación Android Studio que permite detectar señales inalámbricas

La investigación presenta una aplicación móvil para proporcionar orientación, lo que puede limitar su usabilidad y accesibilidad en diferentes contextos. Estudios recientes destacan también el potencial de aprendizaje multimodal mediante tecnologías que combinan visión por computadora, audio y lenguaje natural, lo cual refuerza la orientación y el reconocimiento de objetos para personas ciegas [11].

III. DESCRIPCIÓN DEL PROTOTIPO

El presente prototipo hace referencia a un dispositivo de guía y aprendizaje para detectar objetos de una manera dinámica y poder leer textos implementado en unas gafas, con las que se pretende ayudar a personas con limitaciones visuales a interactuar mejor con su entorno en especial a los niños debido a que al adquirir esta discapacidad a muy temprana edad, resulta muy laborioso para ellos poder aprender de manera normal,

además de tener que adaptarse y hallar nuevas formas de interactuar con su entorno.

Dentro de la montura de gafas del dispositivo se dispondrán tres cámaras: Una cámara de alta resolución en el medio de un marco porta lunas de la montura, y otras dos cámaras estándar en el lado exterior de cada luna en el mencionado marco, con las cuales se captarán las imágenes y se enviarán a un servidor que se hará cargo de su procesamiento, el cual devolverá una respuesta que será recibida por una placa electrónica con conectividad Wifi y Bluetooth [12] y mandará una señal a unos mini parlantes para decir el nombre del objeto puesto en frente, de igual manera podrá reconocer texto y “leerlo” para el usuario. Además, podrá obedecer ciertas órdenes que el usuario le diga a través de un micrófono incorporado bajo la cámara de alta resolución (funciones como “apágate”, “detente”, “continúa”, “sube el volumen”, etc).

Este dispositivo de guía y aprendizaje incorpora, además, a la montura de gafas, un módulo reproductor MP3, mini parlantes y un chip GPS integrado que puede monitorearse a distancia si el niño se pierde.

Las gafas del dispositivo de guía y aprendizaje tienen una batería de litio 7.4 que colgará unida a la montura de gafas, y que se podrá conectar por un puerto USB hembra tipo C para recargarla. Esta batería podrá proveer de energía a todos los componentes por un buen tiempo.

Para garantizar la seguridad del usuario, se consideraron medidas de protección en el uso de la batería de litio, incluyendo sistemas contra sobrecarga, sobrecalentamiento y cortocircuito. Asimismo, su ubicación en la montura fue diseñada para minimizar cualquier riesgo de irradiación o incomodidad prolongada durante el uso. Estas precauciones son esenciales para asegurar la viabilidad del dispositivo en condiciones reales de operación.

Por último, el dispositivo de guía y aprendizaje será capaz de detectar y reconocer objetos que se pongan en frente de las cámaras usando la tecnología aprendizaje automático (Machine Learning), una inteligencia artificial que puede reconocer imágenes o patrones de movimiento.

El presente prototipo ayuda a las personas con discapacidad visual y en especial a los niños a aprender y relacionarse mucho más rápido con su entorno y disfrutar de algunos privilegios que poseemos las personas como poder leer o escuchar un libro o reconocer un objeto no sólo por su forma.

IV. COMPONENTES

A continuación, se detallan los componentes que conforman la invención utilizando números de referencia:

Mini parlantes: Dos parlantes pequeños que se implementarán en las monturas a la altura de la oreja para emitir los sonidos necesarios (ver fig. 2).



Fig. 2. Mini parlantes

Cámara de alta definición: Sólo una cámara situada en el medio del marco portalunas, requerida para grabar todo lo que se ponga en frente a detalle [13] (ver fig. 3).



Fig. 3. Cámara alta definición

Cámaras estándar: Usamos 2 cámaras cada una a los lados del marco portalunas con el objetivo de reforzar la obtención de imágenes a mayor detalle que el que podría hacer una sola cámara de alta definición [15] (ver fig. 4).



Fig. 4. Cámara estandar

Mini micrófono: Localizado justo debajo de la cámara de alta definición, que usaremos para captar las palabras clave emitidas por el usuario, como “Apagar”, “Encender”, “Subir volumen”, etc (ver fig. 5).



Fig. 5. Mini micrófono



Fig.8. Placa electrónica

Placa electrónica: La placa electrónica ESP32 super mini con Wifi/Bluetooth, la cual se encargará del procesamiento de datos y de enviar las imágenes al servidor para su procesamiento, recibirá las órdenes y se las enviará a los componentes [17] (ver fig. 6).



Fig.6. Placa electrónica

Modulo reproductor MP3: En adición a la placa, lo usaremos para reproducir los sonidos con la ayuda de los mini parlantes, principalmente cuando el usuario necesite leer un texto [16] (ver fig. 7).

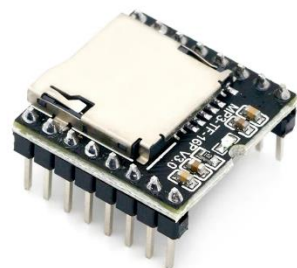


Fig.7. Placa electrónica

Chip GPS: Una adición a la placa con el objetivo de evitar posibles pérdidas del usuario, sobre todo los niños; esta función también sirve para evitar pérdidas del producto por accidente o robo [17] (ver fig. 8).

Batería de litio: Batería que colgará unida a las monturas con el amperaje necesario para alimentar todos los componentes por un buen periodo de tiempo (ver fig. 9).



Fig.9. Placa electrónica

A continuación, una ilustración del prototipo con los componentes mencionados junto con otros más como el botón touch y el conector hembra tipo C, además de la carcasa ver fig. 10).

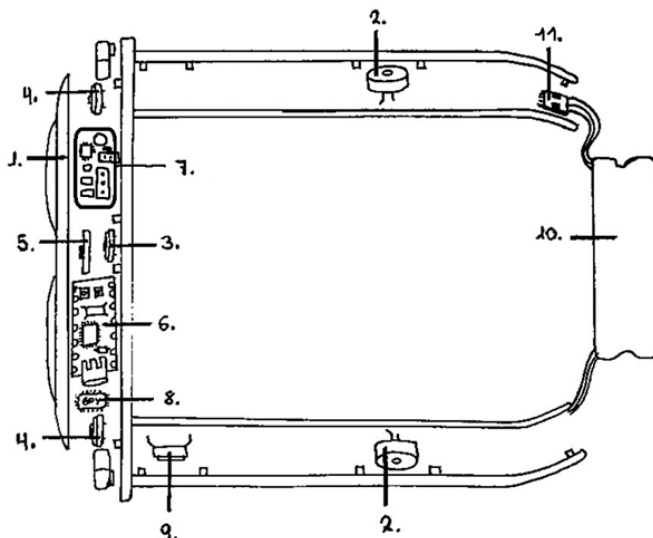


Fig.10. Placa electrónica

V. DISEÑO METODOLÓGICO DE LA ENCUESTA

Para complementar la validación técnica del prototipo y conocer la percepción de los potenciales usuarios, se aplicó una encuesta estructurada.

- **Objetivo principal:** Identificar las necesidades de las personas con discapacidad visual y sus familiares respecto a dispositivos de asistencia tecnológica, y evaluar la aceptación del prototipo propuesto.
- **Universo de estudio:** Personas con discapacidad visual y familiares residentes en la ciudad de Arequipa.
- **Muestra:** 52 participantes, seleccionados de manera no probabilística (conveniencia), por su relación directa con personas con discapacidad visual.
- **Instrumento:** Cuestionario de 10 preguntas que combinó ítems de caracterización (edad, parentesco, nivel de discapacidad), preguntas cerradas de opción múltiple y preguntas de percepción en escala Likert de 5 puntos.
- **Procedimiento:** la encuesta fue aplicada de manera virtual y presencial durante un periodo de dos semanas, con una duración promedio de 10 minutos por participante.

Este diseño metodológico permitió recoger datos representativos de un grupo relevante de la población objetivo, aportando evidencia social y científica que complementa la propuesta tecnológica.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Para evaluar los resultados del desempeño del dispositivo en el mercado y con los clientes se realizó una encuesta a personas que comprarían el producto ya sea para un conocido o para su uso propio y se realizará una encuesta de satisfacción de la propuesta.

La encuesta para los posibles usuarios que comprarían el producto para uso propio o para conocidos o familiares invidentes, esta encuesta tiene 10 preguntas:

- ¿Cuál es su relación con la persona ciega?
- ¿Cuál es la edad de la persona ciega?
- ¿Cuál es el nivel de ceguera de la persona?
- ¿Qué tipo de dispositivos o herramientas utilizan actualmente?
- ¿Qué funcionalidades le gustaría que tuviera un dispositivo para personas ciegas?
- ¿Cuáles son sus principales preocupaciones al comprar un dispositivo para una persona ciega?
- ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por un dispositivo que ofrezca las funcionalidades mencionadas anteriormente?

- ¿Cómo prefiere recibir información sobre nuevos dispositivos y tecnologías?
- ¿Estaría interesado en recibir una demostración del dispositivo?
- ¿Tiene alguna otra sugerencia o comentario sobre lo que le gustaría ver en un dispositivo para personas ciegas?

Se mandó la encuesta a varias personas que conocen o tienen familiares con discapacidades visuales, se logró que 52 personas respondieran la encuesta satisfactoriamente, con el prototipo se realizó varias preguntas de acuerdo a nuestra propuesta de solución. (ver fig. 11).

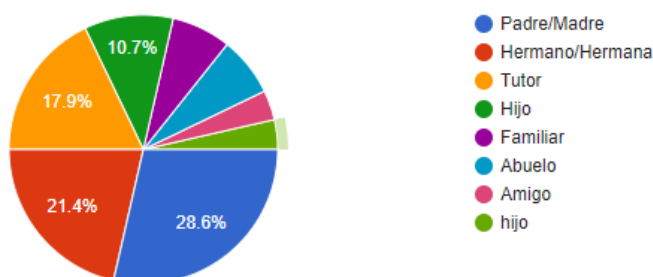


Fig.11. Distribución por parentesco con la persona invidente.

En cuanto al parentesco con la persona invidente, se obtuvo que el 28,6% son padres o madres, el 21,4% son hermanos o hermanas, el 17,9% son tutores o profesores, el 14,3% son hijos, el 7,1% son familiares, otro 7,1% son abuelos y el 3,6% son amigos.

En la Fig. 12 se observa que la mayoría de las personas invidentes corresponden a niños o a personas que requieren apoyo constante para sus actividades diarias. En cuanto a la edad de la persona invidente, se obtuvo que el 57,1% son mayores de 18 años, el 17,9% tienen una edad entre 16 y 18 años, el 10,7% tienen una edad de 11 a 15 años, otro 10,7% tiene una edad entre 5 y 10 años y el 3,6% tienen menos de 5 años.

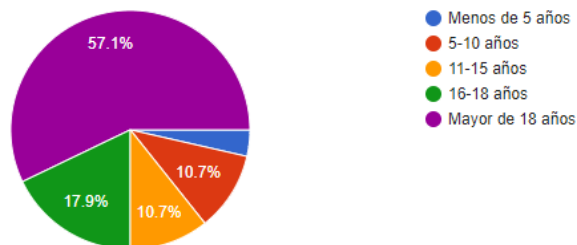


Fig.12. Distribución por edad.

Aunque la mayoría de las personas son mayores de edad no hay que ignorar el otro porcentaje que implica que al menos un

40% de las personas son niños y adolescentes de menos de 17 años.

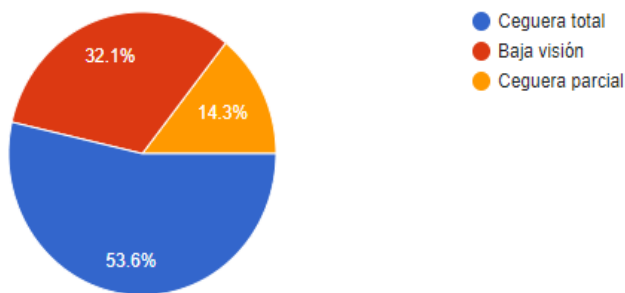


Fig.13. Nivel de ceguera reportado.

En cuanto al nivel de ceguera de la persona, se obtuvo que el 53,6% tienen ceguera total, el 32,1% tiene baja visión y el 14,3% tiene ceguera parcial (ver fig. 13). Con estos resultados se evidencia que la mayoría de las personas tienen ceguera total, remarcando que necesitan un apoyo adicional para realizar sus actividades diarias.

En cuanto a los dispositivos o herramientas que suelen usar, se obtuvo que el 37% usan bastón, otro 37% usan aplicaciones móviles, el 22,2% tienen la ayuda de un perro guía y el 3,7% no usan ninguna de estas opciones.

Actualmente existen varios productos de ayuda para personas invidentes, entre los resultados casi un tercio de las personas usa aplicaciones móviles por lo que ya están familiarizados con el uso de la tecnología y por lo tanto no habría problema al usar nuestra propuesta.

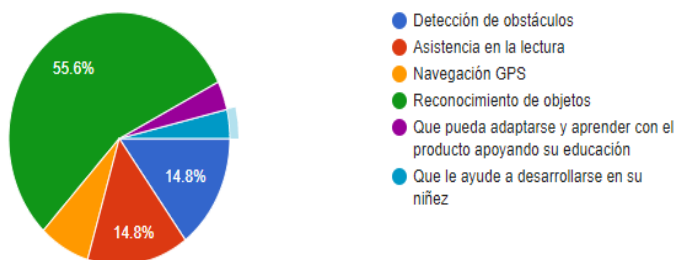


Fig.14. Preocupaciones al adquirir el dispositivo.

En cuanto a las funcionalidades que se desearía tener en un dispositivo de ayuda, se obtuvo que el 55,6% requiere que reconozca objetos, el 14,8% requiere de detección de obstáculos, otro 14,8% requiere asistencia en la lectura, el 7,4% requiere de navegación GPS y el 7,4% restante requiere una ayuda en la educación en niños.

La mayoría de las personas necesitaría una ayuda al momento de reconocer objetos ya que como es sabido para las personas invidentes resulta mucho más complicado reconocer ciertos objetos usando sus otros sentidos, sobre todo el tacto.

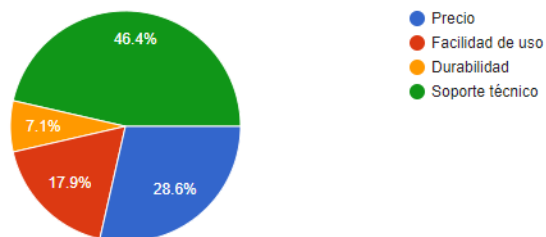


Fig.15. Disposición de pago.

En cuanto a las preocupaciones de las personas por comprar un dispositivo de ayuda, se obtuvo que el 46,4% teme por necesitar soporte técnico frecuentemente, el 28,6% teme por un precio excesivo del producto, el 17,9% se preocupa por la facilidad de uso del producto y el 7,1% teme que no vaya a durar mucho (ver fig. 15).

La mayoría de personas teme que al comprar un producto nuevo este deba necesitar de asistencia técnica constante, resultando en una situación bastante incómoda tanto para el comprador como para el usuario; también se presenta una cierta preocupación acerca del precio del nuevo producto ya que al ser nuevo en el mercado un precio demasiado alto no llamaría mucho la atención de los usuarios a los que va dirigido; si consideramos también la situación económica del usuario esta limitación se acentúa. En cuanto al precio que pagarían por un producto como el ofrecido, se obtuvo que el 46,4% prefiere gastar entre 250 y 350 dólares, el 25% gastaría entre 350 y 500 dólares, el 21,4% gastaría más de 500 dólares y el 7,1% no gastaría más de 250 dólares (ver fig. 16).

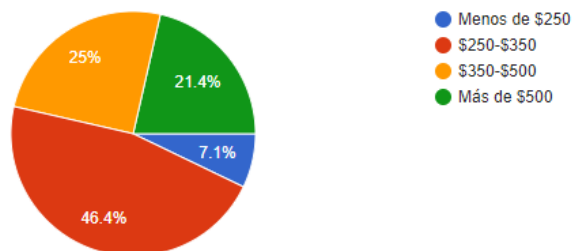


Fig.16. Edad de los encuestados

Por último, se preguntó acerca del interés de las personas por una demostración en vivo del producto, el 100% de las personas respondieron que sí, lo que evidencia que la encuesta de satisfacción de usuario fue óptima.

Existe la investigación que es un dispositivo de asistencia para la movilidad en personas con discapacidad visual: En este proyecto se han desarrollado dispositivos con cámaras, que incluyen algoritmos de visión por computador y técnicas de Inteligencia Artificial [7], en cambio nuestra propuesta supera estas limitaciones al integrar una IA avanzada que ofrece

retroalimentación en tiempo real y se adapta a diversos entornos, mejorando significativamente la movilidad y autonomía del usuario.

Se presenta la navegación autónoma para personas con discapacidad visual en espacio museográfico, basada en aplicaciones móviles [8], sin embargo, estos sistemas están limitados a ciertos tipos de entornos y no ofrecen una solución versátil para diversos escenarios cotidianos, lo que reduce su aplicabilidad y flexibilidad. En cambio, la propuesta planteada no depende exclusivamente de aplicaciones móviles y ser adaptable a diferentes contextos, proporciona una solución más versátil y accesible.

VII. CONCLUSIONES

La discapacidad visual es una condición que impacta profundamente la independencia y el proceso de aprendizaje en quienes la padecen. Este prototipo de guía y aprendizaje se presenta como una solución frente a esta problemática. Mediante la integración de tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial, proporciona a las personas con discapacidades visuales las herramientas necesarias para interactuar de manera segura y eficiente con su entorno.

El artículo presenta unas gafas revolucionarias para niños con discapacidades visuales, equipadas con tecnología avanzada que detecta objetos, lee textos en voz alta y ofrece navegación GPS. Este prototipo no solo promueve la independencia y seguridad de los niños, sino que también transforma su experiencia educativa, abriendo nuevas oportunidades de aprendizaje y autonomía. Este avance mejora significativamente la calidad de vida de los niños con discapacidad visual.

Los resultados obtenidos muestran que la mayoría de las personas con discapacidad visual enfrentan barreras significativas en su vida diaria, especialmente aquellas con ceguera total. Las soluciones tecnológicas actuales, como aplicaciones móviles y los bastones, son utilizadas por un tercio de los encuestados. Sin embargo, se evidencia la necesidad de herramientas más efectivas y accesibles. Nuestro prototipo es especialmente beneficioso para el grupo de usuarios más jóvenes, una alta satisfacción manifestada por los potenciales usuarios. Estos hallazgos refuerzan la importancia de desarrollar dispositivos que faciliten la navegación, y que también promuevan una mayor independencia para personas con discapacidad visual.

RECONOCIMIENTO

Queremos agradecer a la Universidad Católica de Santa María, por darnos las facilidades para que los docentes y estudiantes de años superiores puedan orientarnos y apoyarnos a lo largo de todo el desarrollo de este proyecto.

REFERENCIAS

- [1] S. Ahmed, R. Malik, "AI-powered assistive devices for the visually impaired: A systematic review of recent developments", *Journal of Artificial Intelligence Research*, vol. 72, 2023. <https://doi.org/10.1613/jair.1.13786>
- [2] Y. Lin, H. Liu, et al., "Smart Glasses for the Visually Impaired Based on Deep Learning and Computer Vision," *Sensors*, vol. 22, no. 6, 2022. <https://doi.org/10.3390/s22062134>
- [3] World Health Organization, "Blindness and visual impairment" <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>. Revisado el 17 de Junio del 2024
- [4] International Agency for the Prevention of Blindness (IAPB). Child Eye Health and Vision Atlas. Disponible en: <https://www.iapb.org/learn/vision-atlas/magnitude-and-projections/child-eye-health/>
- [5] Ministerio de Salud del Perú (MINSA). En el Perú, cerca de 160 000 personas son invidentes y unas 600 000 sufren de alguna discapacidad visual. Nota de prensa, 2019. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minsa/noticias/31145-en-el-peru-cerca-de-160-000-personas-son-invidentes-y-unas-600-000-sufren-de-alguna-discapacidad-visual>
- [6] Pontificia Universidad Católica del Perú, "Inclusión educativa y discapacidad: estrategias de los estudiantes en el aula universitaria," Revista 360° Gestión de la Sostenibilidad, <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/360gestion/article/view/20281/20809>. Revisado el 17 de Junio del 2024
- [7] R. D. Vasquez S., A. A. Cardona M. Dispositivos de asistencia para la movilidad en personas con discapacidad visual: una revisión bibliográfica Revista Politécnica, vol. 15, núm. 28, enero-junio 2019. <https://revistas.elpoli.edu.co/index.php/pol/article/view/1534>. Revisado el 03 de abril del 2024.
- [8] D. Zurc, et al. "Navegación autónoma para personas con discapacidad visual en espacios museográficos, basada en aplicaciones móviles" Revista Kepes, vol. 16, núm. 19, enero-junio 2019. Revisado el 03 de abril de 2024. <https://revistasojs.ucaldas.edu.co/index.php/kepes/article/view/2642>
- [9] M. Gomez, et al. "OGE: Sistema de navegación interior para la orientación y movilidad de personas con discapacidad visual" Revista RETOS XXI, vol. 4, núm. 1, 2020. <https://digibug.ugr.es/handle/10481/63711> Revisado el 03 de abril de 2024.
- [10] P. Correa; E. J. Pulido(2013). "Adaptación e implementación de recursos didácticos para la enseñanza de ecuaciones de primer y segundo grado a niños con discapacidad visual en un aula inclusiva" .. pp. 568-572 .<http://funes.uniandes.edu.co/6711/>. Revisado el 03 de abril del 2024.
- [11] M. Gonzalez, L. Rivera, D. Tran, "Multimodal Learning for Assistive Technologies: Improving Orientation and Object Detection for Blind Users," *ACM Trans. Access. Comput.*, vol. 17, no. 1, 2024. <https://doi.org/10.1145/3638476>
- [12] X. Pérez-Palomino, K. Rosas-Paredes, and J. Esquicha-Tejada, "Low-Cost Gas Leak Detection and Surveillance System for Single Family Homes Using Wit.ai, Raspberry Pi and Arduino ", Int. J. Interact. Mob. Technol., vol. 16, no. 09, pp. pp. 206–216, May 2022. DIO: 10.3991/ijim.v16i09.30177
- [13] F. Pucuhuayla-Revatta, K. Cuba-Vargas, E. Deza-Figueroa, Y.J. Huayta-Franco, D. Chirinos-Armas, V. Yarasca-Quispe, and B. Durand-Guillen, "IoT: an approach from a Smart Campus to a Smart Lab at a University of Peru," in Proc. 21st LACCEI Int. Multi-Conf. for Engineering, Education, and Technology, Hybrid Event, Buenos Aires, Argentina, Jul. 17–21, 2023. DOI: 10.18687/LACCEI2023.1.1.373.
- [14] J. Alpaca Rendón, J. Esquicha Tejada, and K. Rosas Paredes, "Hospitalized patients caring system using Raspberry Pi with megapixel camera and OpenCV [Sistema de atención a pacientes hospitalizados utilizando Raspberry Pi con Cámara Megapixel y OpenCV]," *Proceedings of the LACCEI International Multi-conference for Engineering, Education and Technology*, 2017-July, DOI: 10.18687/LACCEI2017.1.1.223.

- [15] H. Montes Romero, P.H. Alonso, R.J. Hernan, and J.E. Tejada, "Monitoring of domestic electrical energy consumption using Arduino [Monitoreo del consumo de energía eléctrica domestica con arduino]," *Proceedings of the LACCEI International Multi-conference for Engineering, Education and Technology*, 2017-July, DOI: 10.18687/LACCEI2017.1.1.253.
- [16] A.S. Romadhon and A.K. Husein, "Smart Stick for the Blind Using Arduino," *J. Phys.: Conf. Ser.*, vol. 1569, no. 3, Art. no. 032088, 2020, DOI: 10.1088/1742-6596/1569/3/032088.
- [17] B. Vinodhini, T.V. Madura, M.M. Sufaid, P. Shanmugamani, and B.L. Pavithra, "Brainy bin for metropolitan cities using design thinking methodology," in *Proc. 2023 Int. Conf. Computer Communication and Informatics (ICCCI)*, 2023, DOI: 10.1109/ICCCI56745.2023.10128401.