

INVESTIGACIÓN APLICADA AL DISEÑO DE TECNOLOGÍAS DE APOYO PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL

APPLIED RESEARCH IN THE DESIGN OF ASSISTIVE TECHNOLOGIES FOR PEOPLE WITH VISUAL IMPAIRMENT

Maria Fernanda Ardila Paiba

Estudiante · Universidad Manuela Beltrán
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-9151-3263>
Correo: mariaardila.fp@academia.umb.edu.co

Elsy Julieth Florez Duarte

Estudiante · Universidad Manuela Beltrán
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-5562-9647>
Correo: Elsyflorez.jd@academia.umb.edu.co

Mariana Zuluaga Aristizabal

Estudiante · Universidad Manuela Beltrán
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-7869-8912>
Correo: marianazuluaga.a@academia.umb.edu.co

David Leonardo Rodriguez Sarmiento

Docente investigador · Universidad Manuela Beltrán
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9811-940X>
Correo: david.rodriguezs@docentes.umb.edu.co

Resumen

Objetivo: Caracterizar el desarrollo reciente de tecnologías asistivas orientadas a la movilidad y navegación autónoma de personas con discapacidad visual, mediante la construcción de un estado del arte que permita identificar tendencias tecnológicas, aportes y principales limitaciones de las soluciones disponibles.

Método: Se realizó una revisión bibliográfica con enfoque cualitativo-documental y alcance exploratorio-descriptivo. La búsqueda comprendió fuentes secundarias publicadas entre 2014 y 2025, recuperadas en Web of Science, ScienceDirect e IEEE Xplore. Google Scholar se empleó como fuente complementaria para identificar tesis y literatura gris. Tras aplicar criterios de inclusión y exclusión, se conformó un corpus final de 14 documentos sobre tecnologías de apoyo, complementado con fuentes contextuales y metodológicas para el análisis comparativo. Se examinaron bastones inteligentes, dispositivos wearables, sistemas de navegación asistida y aplicaciones móviles basadas en inteligencia artificial.

Resultados: Se identificaron tres tendencias principales: incorporación creciente de inteligencia artificial y visión por computadora para la interacción con el entorno; transición del bastón blanco convencional hacia soluciones portables orientadas a una mayor autonomía; e integración de retroalimentación háptica y auditiva como componente recurrente. Persisten limitaciones relacionadas con la escasa validación en entornos cotidianos, la precisión insuficiente en la detección de obstáculos, el elevado consumo energético y las restricciones económicas de acceso.

Conclusión: Las tecnologías asistivas presentan avances relevantes para favorecer la movilidad autónoma; sin embargo, su impacto requiere integrar criterios tecnológicos, ergonómicos y sociales en procesos de diseño centrados en la seguridad, la accesibilidad, la calidad de vida y la inclusión de las personas con discapacidad visual, particularmente en el contexto colombiano.

Palabras clave: discapacidad visual; tecnologías asistivas; movilidad autónoma; inteligencia artificial; visión por computadora; navegación asistida.

Abstract

Objective: To characterize recent developments in assistive technologies aimed at supporting autonomous mobility and navigation for people with visual impairment by developing a state-of-the-art review that identifies technological trends, contributions, and the main limitations of existing solutions.

Method: A literature review was conducted using a qualitative documentary approach with an exploratory-descriptive scope. The search included secondary sources published between 2014 and 2025 and retrieved from Web of Science, ScienceDirect, and IEEE Xplore. Google Scholar was used as a complementary source to identify theses and grey literature. After applying inclusion and exclusion criteria, a final corpus of 14 documents on assistive technologies was selected and complemented with contextual and methodological sources for comparative analysis. The review examined smart canes, wearable devices, assisted navigation systems, and mobile applications based on artificial intelligence.

Results: Three major trends were identified: the increasing use of artificial intelligence and computer vision to support interaction with the environment; a shift from conventional white canes toward wearable solutions focused on greater user autonomy; and the integration of haptic and auditory feedback as a recurrent component. Important limitations remain, including insufficient validation in everyday environments, limited obstacle-detection accuracy, high energy consumption, and economic barriers to access.

Conclusion: Assistive technologies show significant potential to improve autonomous mobility; however, their effective impact requires the integration of technological, ergonomic, and social dimensions into user-centered design processes focused on safety, accessibility, quality of life, and inclusion of people with visual impairment, particularly within the Colombian context.

Keywords: visual impairment; assistive technologies; autonomous mobility; artificial intelligence; computer vision; assisted navigation.

Introducción

Bourne et al. (2021), en The Lancet Global Health, estimaron que en 2020 aproximadamente 1.100 millones de personas presentaban algún grado de pérdida visual; de este total, 43,3 millones padecían ceguera y 295 millones presentaban discapacidad visual moderada o severa, con mayor prevalencia entre mujeres mayores de 50 años. Desde la perspectiva económica, la pérdida visual se asocia con pérdidas anuales de productividad superiores a 411 mil millones de dólares a escala global (Burton et al., 2021).

El panorama colombiano presenta una tendencia consistente con la evidencia internacional. Las fuentes citadas en el manuscrito reportan cerca de 7,8 millones de personas con algún grado de pérdida visual, equivalente aproximadamente al 15 % de la población, así como costos anuales asociados superiores a 2 mil millones de dólares (Bourne et al., 2021; Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2025; Eckert et al., 2023; Instituto Nacional para Ciegos [INCI], 2023). Aproximadamente 2 millones de personas presentarían ceguera o pérdida visual moderada a severa. Estas cifras dimensionan la relevancia de fortalecer estrategias de accesibilidad y movilidad autónoma.

La movilidad autónoma en entornos desconocidos constituye uno de los principales retos cotidianos para esta población. Las rutas memorizadas y los puntos de referencia operan como guías habituales (INCI, 2023); no obstante, las modificaciones del entorno pueden generar desorientación. En contextos urbanos densos, esta situación incrementa la dependencia de terceros y el riesgo de accidentes o colisiones (World Health Organization [WHO], 2019).

Frente a las limitaciones del bastón blanco en escenarios dinámicos, durante los últimos años se han propuesto soluciones que incluyen bastones inteligentes, dispositivos portables con sensores ultrasónicos, guantes con tecnología RFID, aplicaciones móviles basadas en visión por computadora y sistemas de retroalimentación háptica o sonora (Elmannai y Elleithy, 2017). Algunos resultados experimentales evidencian potencial relevante; de Paz y Travieso (2023) reportaron un 84 % de agarres correctos y tiempos promedio de 12,52 segundos en tareas multimodales. Sin embargo, el costo, la usabilidad y la adaptación al contexto urbano permanecen como barreras críticas (Hernández, 2024; Mohapatra et al., 2018).

La sistematización de este conocimiento disperso constituye la motivación de la presente investigación. Sin una caracterización precisa de las soluciones existentes, sus alcances y limitaciones, resulta complejo orientar futuros desarrollos hacia las necesidades efectivas de las personas usuarias.

Objetivo

Caracterizar el desarrollo reciente de tecnologías asistivas orientadas a la movilidad y navegación autónoma de personas con discapacidad visual, mediante la construcción de un estado del arte que permita identificar tendencias tecnológicas, aportes, limitaciones y oportunidades de mejora.

Metodología

Diseño y alcance de la revisión

Se realizó una revisión bibliográfica con enfoque cualitativo-documental y alcance exploratorio-descriptivo. La totalidad de la información procede de fuentes secundarias, conformadas por artículos científicos y documentos académicos, sin experimentación ni recolección directa de datos. El análisis e interpretación de estos materiales sustentaron la elaboración del estado del arte sobre características, avances y limitaciones de las tecnologías de apoyo para la navegación de personas con discapacidad visual (Cotrina García, 2025; DeCarlo, 2022).

Definición operacional

Para los efectos del estudio, se entiende por tecnologías de apoyo el conjunto de dispositivos, equipos o aplicaciones que extienden, mantienen o mejoran las capacidades funcionales de personas con discapacidad visual, particularmente aquellas relacionadas con la movilidad, la orientación espacial y la interacción con el entorno (WHO, 2019). Esta definición delimita el alcance a desarrollos con propósito asistivo explícito y excluye tecnologías de carácter clínico, quirúrgico o farmacológico.

Fuentes y bases de datos

La búsqueda bibliográfica se realizó en Web of Science, ScienceDirect e IEEE Xplore, seleccionadas por su cobertura en ingeniería biomédica, electrónica e inteligencia artificial aplicada y por su disponibilidad institucional. Google Scholar se utilizó como fuente complementaria para identificar literatura gris, tesis de pregrado, maestría y doctorado, además de ponencias en congresos no siempre indexadas en las bases principales. También se consultaron documentos institucionales del DANE, el INCI y la Organización Mundial de la Salud.

Estrategia de búsqueda

Las estrategias de búsqueda combinaron términos en español e inglés: navegación asistida, visión por computadora, tecnología de apoyo, bastón inteligente, dispositivos wearables, assistive technology for blind people y assisted navigation. Se emplearon operadores booleanos AND y OR y se aplicaron filtros por periodo de publicación (2014-2025), tipo de documento y relevancia temática. Se priorizaron trabajos con enfoque experimental o aplicaciones prácticas en ingeniería biomédica y electrónica.

Criterios de inclusión y exclusión

Se incluyeron publicaciones del periodo 2014-2025, en español o inglés, relacionadas con tecnologías de apoyo para la navegación de personas con discapacidad visual: artículos científicos, tesis, proyectos de grado, informes técnicos y estudios con prototipos funcionales o aplicaciones prácticas. Se excluyeron fuentes duplicadas o no verificables, artículos de divulgación sin sustento técnico o científico, trabajos sin relación con la navegación asistida y documentos que no reportaran resultados concretos sobre el tema.

Proceso de selección documental

La selección documental se ejecutó en cuatro etapas. La identificación inicial recuperó 120 registros. La depuración por rango temporal e idioma redujo el conjunto a 60 registros; el cribado por título y resumen retuvo 25 documentos potencialmente relevantes; y la lectura a texto completo, junto con la aplicación de los criterios de inclusión y exclusión, condujo a un corpus final de 14 documentos sobre tecnologías de apoyo. La Tabla 1 sintetiza el flujo de selección.

Tabla 1

Flujo de selección documental por etapas

Etapas	Registros	Excluidos
Identificación inicial en bases de datos	120	—
Depuración por rango temporal e idioma	60	60
Cribado por título y resumen	25	35
Lectura completa y aplicación de criterios	14	11

Nota. Elaboración propia a partir del proceso de revisión bibliográfica.

Los documentos seleccionados se clasificaron por tipo de tecnología o dispositivo, lo que proporcionó la base estructural para la organización del estado del arte y facilitó la identificación de tendencias y vacíos en el campo.

Resultados

La búsqueda y el filtrado documental condujeron a la identificación de 14 documentos que satisfacían los criterios definidos. Publicados entre 2014 y 2025, los trabajos proceden de Colombia, Ecuador, España, Estados Unidos, India, México, Noruega, Pakistán y Venezuela. El corpus incluye 3 estudios sobre bastones inteligentes, 4 sobre wearables no convencionales, 4 sobre aplicaciones móviles y 3 revisiones de literatura sobre tecnologías de apoyo. En conjunto, los documentos se orientan a dispositivos o sistemas destinados a mejorar la movilidad, la orientación espacial o la autonomía personal de las personas con discapacidad visual.

Los hallazgos se organizaron en tres categorías que reflejan las tendencias predominantes en el diseño y la aplicación de las tecnologías revisadas.

Bastones inteligentes

La incorporación de electrónica al bastón blanco representa uno de los desarrollos más consolidados del campo. Los sensores ultrasónicos y de proximidad permiten alertar sobre obstáculos cercanos, mientras que tecnologías de localización como GPS, GSM y GPRS facilitan la ubicación del usuario o su guía hacia un punto específico. Pese a estos avances, persiste una limitación recurrente: la información disponible sobre las características específicas de los obstáculos resulta insuficiente (Vasquez Salazar y Cardona Mesa, 2019).

Los bastones inteligentes integran funcionalidades de detección multidireccional, navegación, alertas de emergencia y retroalimentación háptica en tiempo real. Su presencia sostenida en la literatura se relaciona, entre otros factores, con la familiaridad previa de las personas usuarias con el bastón blanco, lo que puede reducir la barrera de adopción (Elmannai y Elleithy, 2017).

Mohapatra et al. (2018) documentaron un dispositivo del Vellore Institute of Technology, en India, que integra tres sensores ultrasónicos para detectar obstáculos al frente, a la derecha y a la izquierda. Las señales son procesadas por un microcontrolador que emite alertas ante la proximidad de objetos. El sistema incorpora además una función SOS que activa una videollamada a un familiar mediante una aplicación Android y comparte la ubicación del usuario.

Hernández (2024) reportó un bastón orientado a situaciones de evacuación, desarrollado en la Universidad Nacional Autónoma de México. El dispositivo combina un sensor TF-Luna, motores de vibración y un microcontrolador, con alertas mediante vibraciones y sonidos. Su diseño contempla modos de operación adaptables a interiores estrechos, interiores regulares y espacios exteriores.

Ortiz (2019), desde la Universidad Manuela Beltrán, reportó un bastón ultrasónico equipado con tres sensores capaces de medir distancias entre 30 centímetros y 4 metros, con detección en tres direcciones. El sistema de alerta sonora utiliza tonos diferenciados por octavas de piano, transmitidos mediante audífonos de silicona en formato monofónico.

Los proyectos revisados comparten dificultades frecuentes: detección limitada de obstáculos aéreos, posibles lecturas inexactas de sensores ultrasónicos ante determinadas superficies y restricciones de autonomía energética. Además, una proporción importante de los desarrollos permanece en fase de prototipo, sin pruebas extensivas en entornos reales con usuarios finales, lo que limita la validación de su efectividad (de Paz y Travieso, 2023; Linares y Rivas, 2022; Vasquez Salazar y Cardona Mesa, 2019).

Wearables no convencionales

Los wearables no convencionales proponen formatos alternativos al bastón. Gorras, guantes y brazaletes permiten liberar las manos y abordar la asistencia desde ángulos no cubiertos por el bastón, con potencial para mejorar la identificación de objetos y la comodidad de uso (Elmannai y Elleithy, 2017).

Flórez Berdasco (2024) reportó un desarrollo wearable orientado a la detección de obstáculos aéreos mediante sensores y mecanismos de retroalimentación. Linares y Rivas (2022) describieron un brazalete capaz de reconocer billetes, identificar colores y proporcionar hora y fecha mediante señales auditivas, complementado con un módulo para bastón blanco que clasifica obstáculos por distancia. Cardona Calderón et al. (2018) presentaron un guante con tecnología RFID para identificar objetos previamente etiquetados y transmitir información mediante mensajes de voz.

Las limitaciones de esta categoría se relacionan con la posible confusión sensorial en entornos ruidosos o con múltiples estímulos simultáneos, así como con la necesidad de cercanía física, etiquetado previo o condiciones controladas para algunos sistemas. Estas restricciones reducen su funcionalidad en escenarios cotidianos no controlados.

Aplicaciones móviles

Las aplicaciones móviles ofrecen una vía de alcance potencialmente amplia porque se ejecutan sobre teléfonos inteligentes de disponibilidad creciente y aprovechan su capacidad de procesamiento y conectividad (Khan y Khusro, 2021). Alcaraz Martínez (2014) desarrolló un prototipo de aplicación web accesible apoyada en la API de Google Maps, con trazado de rutas y consulta de lugares desde una interfaz que prioriza el teclado y la retroalimentación auditiva.

Hernández Holguín et al. (2023) reportaron una aplicación Android que integra reconocimiento de objetos mediante visión por computadora y opera por comandos de voz. Alvarado-Salazar y Llerena-Izquierdo (2022) identificaron aplicaciones que utilizan aprendizaje automático y procesamiento de imágenes en tiempo real. Kuriakose et al. (2023) desarrollaron DeepNAVI, un asistente de navegación basado en smartphone y aprendizaje profundo para detectar obstáculos y reconocer escenas, incorporando retroalimentación de usuarios reales durante el desarrollo.

La detección mediante visión artificial puede verse afectada por iluminación insuficiente, objetos en movimiento, calidad de la cámara y conectividad a internet. Estas condiciones, habituales en escenarios reales, inciden directamente sobre la precisión y disponibilidad del servicio (Khan y Khusro, 2021; Vasquez Salazar y Cardona Mesa, 2019).

Tabla 2

Síntesis comparativa de las tecnologías revisadas

Categoría	Sensores y componentes	Retroalimentación	Validación	Limitaciones principales
Bastones inteligentes	Sensores ultrasónicos, TF-Luna, microcontrolador, GPS/GSM/GPRS, motores de vibración	Háptica y auditiva (vibración, tonos)	Prototipo; pruebas limitadas	Obstáculos aéreos; autonomía energética; validación real escasa
Wearables no convencionales	Sensores ultrasónicos, RFID, módulos de identificación de color, microcontrolador	Auditiva y háptica (voz, vibración, frecuencia variable)	Prototipo; pruebas iniciales	Interferencia en entornos ruidosos; cercanía o etiquetado previo
Aplicaciones móviles	Cámara, GPS, visión por computadora, aprendizaje automático	Auditiva (TTS y comandos de voz)	Pruebas de laboratorio; dependencia del hardware del usuario	Conectividad; iluminación; calidad de cámara; precisión del reconocimiento

Nota. Síntesis elaborada a partir de los 14 documentos sobre tecnologías de apoyo incluidos en el análisis.

Discusión

El conjunto de documentos revisados describe un campo en transformación activa. Los proyectos analizados evidencian una evolución hacia sistemas más integrales que combinan sensores, inteligencia artificial y retroalimentación multisensorial con el propósito de mejorar la autonomía y la seguridad de las personas usuarias (Burton et al., 2021; WHO, 2019).

La permanencia de los bastones inteligentes en la literatura puede explicarse por su continuidad con una herramienta ya incorporada a la vida cotidiana, mientras que los wearables y las aplicaciones móviles ganan presencia por la búsqueda de mayor comodidad y por el aprovechamiento de las capacidades de los teléfonos inteligentes (Alcaraz Martínez, 2014; Cardona Calderón et al., 2018; Hernández, 2024; Khan y Khusro, 2021; Mohapatra et al., 2018; Ortiz, 2019). Esta diversificación responde a la necesidad de soluciones adaptables a distintos entornos y perfiles de usuario (Vasquez Salazar y Cardona Mesa, 2019).

Validación y barreras técnicas

Un patrón recurrente es la permanencia de numerosos proyectos en fase de prototipo, con validaciones parciales en entornos reales (de Paz y Travieso, 2023; Linares y Rivas, 2022). La efectividad de estas tecnologías depende de la experiencia práctica de las personas usuarias y de su incorporación a la vida diaria; sin pruebas en condiciones cotidianas, estas dimensiones no pueden evaluarse con suficiente solidez. Persisten además limitaciones en la detección de obstáculos aéreos, sensibilidad a interferencias y consumo energético (Elmannai y Elleithy, 2017; Hernández, 2024; Mohapatra et al., 2018; Vasquez Salazar y Cardona Mesa, 2019).

Aplicaciones móviles y dependencia del entorno

Las aplicaciones móviles representan una vía de inclusión apoyada en tecnologías de uso cotidiano. La inteligencia artificial, la visión por computadora y el reconocimiento de voz amplían el horizonte de los entornos digitales accesibles (Alcaraz Martínez, 2014; Kuriakose et al., 2023). Sin embargo, conectividad, iluminación y calidad del hardware permanecen

como variables externas que pueden reducir la utilidad de estas herramientas, especialmente en contextos con recursos limitados (Khan y Khusro, 2021).

Dimensión ergonómica y de usabilidad

La lectura transversal de los estudios sugiere que el impacto efectivo de estas tecnologías no depende únicamente de su desempeño técnico. El diseño ergonómico, la accesibilidad, la carga cognitiva y la formación del usuario son condiciones determinantes para la adopción. Una solución técnicamente robusta, pero incómoda o difícil de comprender, puede no responder a las necesidades reales de la población a la que pretende beneficiar (Hernández, 2024; Hernández Holguín et al., 2023).

Prioridades técnicas pendientes

Dos desafíos concentran buena parte de la agenda técnica: la detección de obstáculos aéreos y móviles, todavía insuficiente en varios sistemas, y la autonomía energética. A estos se suma la necesidad de transitar del prototipo a la validación en condiciones reales; sin datos de uso cotidiano, la efectividad de los desarrollos no puede confirmarse de manera integral.

Contexto latinoamericano y diseño centrado en las personas usuarias

En el corpus revisado, los desarrollos latinoamericanos se orientan con frecuencia hacia soluciones de bajo costo y uso individual, mientras que algunos trabajos internacionales incorporan tecnologías más sofisticadas y de mayor complejidad. Más allá de esta diferencia, el diseño de la experiencia resulta tan determinante como la tecnología subyacente: los dispositivos deben integrarse al gesto cotidiano sin imponer una carga cognitiva excesiva y deben conservar funcionalidad en condiciones de baja luminosidad, conectividad limitada o entornos ruidosos.

La evidencia revisada apunta hacia tecnologías más accesibles y sostenibles, desarrolladas con participación activa de personas con discapacidad visual en las fases de diseño y evaluación. Esta participación favorece que las soluciones trasciendan el laboratorio y contribuyan de manera efectiva a la autonomía, la seguridad y la participación social.

Conclusiones

La revisión muestra que las tecnologías de apoyo para personas con discapacidad visual se articulan en torno a tres necesidades centrales: detección de obstáculos, orientación espacial y acceso a información del entorno. Los bastones inteligentes, los wearables con sensores o RFID y las aplicaciones móviles asistidas por inteligencia artificial constituyen los formatos más desarrollados dentro del corpus analizado. Persisten, sin embargo, limitaciones de usabilidad, autonomía energética, portabilidad, precisión y costo que condicionan su alcance efectivo.

El desarrollo de soluciones inclusivas requiere que la ingeniería, el diseño, la ergonomía y la accesibilidad operen de manera articulada desde las primeras etapas. La participación directa de personas con discapacidad visual en el diseño y la evaluación reduce el riesgo de generar desarrollos técnicamente correctos pero funcionalmente inadecuados.

La transición del prototipo a la validación en entornos reales constituye una prioridad. Entre las líneas de trabajo futuras se encuentran la mejora de la detección de obstáculos aéreos y móviles, el aumento de la eficiencia energética, la incorporación de procesamiento local para reducir la dependencia de conectividad y la implementación de protocolos de evaluación con usuarios finales en escenarios cotidianos. Avanzar en estas direcciones puede favorecer que la innovación tecnológica se traduzca en mejoras verificables de la autonomía, la seguridad, la calidad de vida y la inclusión social.

Referencias

- Alcaraz Martínez, R. (2014). Análisis de requerimientos y prototipado de una aplicación web accesible para personas ciegas basada en la API de Google Maps [Tesis de maestría, Universitat de Barcelona]. Dipòsit Digital de la Universitat de Barcelona. <https://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/58427>
- Alvarado-Salazar, R., y Llerena-Izquierdo, J. (2022). Revisión de la literatura sobre el uso de inteligencia artificial enfocada a la atención de la discapacidad visual. InGenio: Revista Científica y Tecnológica, 5(1), 10-21. <https://doi.org/10.18779/ingenio.v5i1.472>
- Bourne, R., Steinmetz, J. D., Flaxman, S., Briant, P. S., Taylor, H. R., Resnikoff, S., y Tareque, M. I. (2021). Trends in prevalence of blindness and distance and near vision impairment over 30 years: An analysis for the Global Burden of Disease Study. The Lancet Global Health, 9(2), e130-e143. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(20\)30425-3](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(20)30425-3)
- Burton, M. J., Ramke, J., Marques, A. P., Bourne, R. R. A., Congdon, N., Jones, I., y Faal, H. B. (2021). The Lancet Global Health Commission on global eye health: Vision beyond 2020. The Lancet Global Health, 9(4), e489-e551. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(20\)30488-5](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(20)30488-5)
- Cardona Calderón, L. D., Moreno Rincón, M. J., González Olarte, L. E., y Gallego Londoño, J. (2018). Identificación de objetos usando radiofrecuencia como ayuda a invidentes. Visión Electrónica, 12(1), 102-109. <https://doi.org/10.14483/22484728.13403>
- Cotrina García, M. J. (2025). Guía didáctica de investigación documental. Universidad de Cádiz. <https://rodin.uca.es/handle/10498/36110>
- DeCarlo, M. (2022). Tipos de investigación. Open Social Work Education, Radford University. [https://espanol.libretexts.org/Bookshelves/Ciencias_Sociales/Trabajo_Social_y_Servicios_Humanos/Investigacion_Cientifica_en_Trabajo_Social_\(DeCarlo\)/07%3A_Dise%C3%B1o_y_causalidad/7.01%3A_Tipos_de_investigaci%C3%B3n](https://espanol.libretexts.org/Bookshelves/Ciencias_Sociales/Trabajo_Social_y_Servicios_Humanos/Investigacion_Cientifica_en_Trabajo_Social_(DeCarlo)/07%3A_Dise%C3%B1o_y_causalidad/7.01%3A_Tipos_de_investigaci%C3%B3n)
- de Paz, C., y Travieso, D. (2023). A direct comparison of sound and vibration as sources of stimulation for a sensory substitution glove. Cognitive Research: Principles and Implications, 8(1), Artículo 41. <https://doi.org/10.1186/s41235-023-00495-w>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2025). Boletín técnico: Mercado laboral de la población con discapacidad, trimestre enero-marzo 2025 (Gran Encuesta Integrada de Hogares, GEIH). <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/mercado-laboral/empleo-y-desempleo>
- Eckert, K. A., Lansingh, V. C., Carter, M. J., y Frick, K. D. (2023). Update of a simple model to calculate the annual global productivity loss due to blindness and moderate and severe vision impairment. Ophthalmic Epidemiology, 30(2), 142-150. <https://doi.org/10.1080/09286586.2022.2072899>

- Elmannai, W., y Elleithy, K. (2017). Sensor-based assistive devices for visually-impaired people: Current status, challenges, and future directions. *Sensors*, 17(3), Artículo 565. <https://doi.org/10.3390/s17030565>
- Flórez Berdasco, A. (2024). Wearable antennas for new radar applications [Tesis doctoral, Universidad de Oviedo]. Repositorio Institucional de la Universidad de Oviedo. <https://hdl.handle.net/10651/76079>
- Hernández, F. R. (2024). Diseño de un bastón de navegación instrumentado para personas con discapacidad visual [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio Institucional de la UNAM. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/RepoFi/19320>
- Hernández Holguín, A. I., Méndez-González, L. C., Rodríguez-Picón, L. A., y Pérez Olguín, I. J. C. (2023). VisApp: Aplicación de Android con detección de objetos para la asistencia de personas invidentes. En Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Morelia (pp. 7.91-7.96). Academia Journals.
- Instituto Nacional para Ciegos. (2023). El calendario de los ciegos. INCI. <https://www.inci.gov.co/blog/el-calendario-de-los-ciegos>
- Khan, A., y Khushro, S. (2021). An insight into smartphone-based assistive solutions for visually impaired and blind people: Issues, challenges and opportunities. *Universal Access in the Information Society*, 20(2), 265-298. <https://doi.org/10.1007/s10209-020-00733-8>
- Kuriakose, B., Shrestha, R., y Sandnes, F. E. (2023). DeepNAVI: A deep learning based smartphone navigation assistant for people with visual impairments. *Expert Systems with Applications*, 212, Artículo 118720. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.118720>
- Linares, D., y Rivas, A. (2022). Dispositivo de apoyo multifuncional para personas invidentes [Tesis de grado, Universidad Valle del Momboy]. Repositorio Institucional UVM. <https://repositorio.uvm.edu.ve/items/98e024f1-d982-4abb-8326-9f4fb6d11d99/full>
- Mohapatra, S., Rout, S., Tripathi, V., Saxena, T., y Karuna, Y. (2018). Smart walking stick for blind integrated with SOS navigation system. En 2018 2nd International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI) (pp. 441-447). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICOEI.2018.8553935>
- Ortiz, J. P. (2019). Bastón inteligente para personas con discapacidad visual. Facultad de Ingeniería Electrónica, Universidad Manuela Beltrán. <https://umb.edu.co/programa/baston-inteligente-para-personas-con-discapacidad-visual/>
- Vasquez Salazar, R. D., y Cardona Mesa, A. A. (2019). Dispositivos de asistencia para la movilidad en personas con discapacidad visual: Una revisión bibliográfica. *Revista Politécnica*, 15(28), 107-116. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v15n28a10>
- World Health Organization. (2019). World report on vision. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241516570>