

REVOLUCIONANDO LA MOVILIDAD: BASTÓN CON INTERNET DE LAS COSAS E INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA PERSONAS CIEGAS

DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT CANE (LAZAR) WITH INTERNET OF THINGS AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE INTEGRATION TO IMPROVE MOBILITY FOR VISUALLY IMPAIRED INDIVIDUALS

Evelin Sarahí Rodríguez Ramírez^{1✉}, Stefany Madeline Lagos Carranza¹

Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Tegucigalpa, Municipio del Distrito Central, Honduras

Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Tegucigalpa, Municipio del Distrito Central, Honduras

✉ evelinramirez@unah.hn

Recibido: 04 de diciembre 2025/ Aceito: 04 fevereiro 2026 / Publicado: 01 julho 2026

ABSTRACT. This study presents the development of LAZAR, an intelligent mobility cane designed to enhance autonomy and safety for visually impaired individuals by integrating Internet of Things (IoT) technology and proposed future Artificial Intelligence (AI) capabilities. The prototype utilizes an ESP32 microcontroller paired with ultrasonic, humidity, and tilt sensors to detect obstacles, warn users through haptic and auditory alerts, and send real-time emergency notifications including geolocation via WhatsApp in case of falls. A review-based and user centered methodology grounded in Design Thinking supported the identification of functional and contextual requirements. The device was validated through controlled tests in academic and semi-urban environments, demonstrating functional performance in obstacle detection, alert activation, and wireless communication. Results indicate that LAZAR represents a viable, low-cost, and adaptable assistive technology solution, offering significant improvements over traditional white canes by addressing environmental risks beyond physical contact. The project establishes technical feasibility and proposes future research focused on integrating machine learning for adaptive guidance, predictive hazard recognition, and personalized user navigation.

Keywords: Smart cane, visual impairment, internet of things (IoT), Safety, innovation.

RESUMEN. La presente investigación tiene como objetivo desarrollar un bastón inteligente (LAZAR) que utiliza tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas (IoT) y se propone una mejora hacia la integración de Inteligencia Artificial, innovando para optimizar la movilidad y seguridad de las personas con discapacidad visual. Mediante la implementación de sensores de distancia y de nivel conectados a un microprocesador ESP32, el bastón recopila información del entorno y la transmite a una plataforma en la nube, generando alertas inmediatas al usuario a través de vibraciones y sonido cuando hay un obstáculo en su ruta de desplazamiento y envía notificaciones a familiares vía WhatsApp cuando el usuario sufre una caída. La investigación se desarrolló con una metodología de revisión bibliográfica, estudiando artículos de bastones inteligentes existentes, decidiendo implementar una diferenciación con la Geolocalización. Como resultado obtuvimos un prototipo funcional del bastón Lazar, donde las ideas conceptuales del proyecto se transforman en una realidad tangible. El bastón Lazar no solo transforma digitalmente una herramienta tradicional, sino que también propone una mejora significativa en la autonomía del usuario, reduciendo riesgos y proporcionando seguridad para los familiares, con posible protección como patente tecnológica.

Palabras-clave: Bastón inteligente, Discapacidad visual, Internet de las Cosas (IoT), Seguridad, innovación.

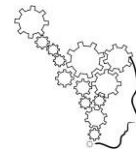


1 INTRODUCCIÓN

La discapacidad visual constituye una condición que afecta significativamente la calidad de vida de millones de personas a nivel mundial, especialmente en países en vías de desarrollo, donde las barreras de accesibilidad urbana y tecnológica son más acentuadas. Según la Organización Mundial de la Salud (2021), alrededor de 285 millones de personas presentan algún grado de deficiencia visual, de las cuales 39 millones son totalmente ciegas.

Tradicionalmente, el bastón blanco ha sido la herramienta principal para facilitar la movilidad de personas con discapacidad visual. Aunque cumple una función básica de orientación y detección de obstáculos mediante contacto físico, su alcance es limitado y no permite identificar obstáculos a nivel de cabeza, superficies peligrosas como charcos o desniveles, ni eventos críticos como caídas. Estos riesgos pueden generar accidentes, aislamiento y dependencia de terceros, especialmente en entornos urbanos con infraestructura deficiente.

Frente a estas limitaciones, en los últimos años se ha intensificado el desarrollo de tecnologías asistenciales que buscan mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad visual, incorporando herramientas como el Internet de las Cosas (IoT), sistemas de navegación por GPS, inteligencia artificial, comunicación inalámbrica y procesamiento de datos en tiempo real. Por ejemplo, Md Saad et al. (2021) desarrollan un bastón inteligente equipado con sensores ultrasónicos que emiten alertas vibratorias para advertir al usuario sobre la presencia de obstáculos durante su desplazamiento. Asimismo, Srinivasan et al. (2022) presentan un bastón electrónico que integra sensores ultrasónicos y un sistema de alarma sonora para prevenir colisiones en entornos urbanos. En otro estudio, Silva et al. (2024) destacan la incorporación de geolocalización y comunicación remota en dispositivos de asistencia, permitiendo enviar información de ubicación a contactos de emergencia ante situaciones de riesgo. Estas investigaciones coinciden en que la integración de sensores y conectividad mejora significativamente la autonomía y la seguridad del usuario, aunque también señalan desafíos como el costo de implementación y la dependencia de redes inalámbricas.



En respuesta a esta problemática, surge el proyecto LAZAR, cuyo propósito es diseñar y desarrollar un bastón inteligente de bajo costo, funcional y adaptado al contexto hondureño. El dispositivo integra sensores ultrasónicos, de humedad y de nivel, conectados a una placa ESP32 que permite generar alertas inmediatas mediante vibraciones y sonido que son emitidos a través del mango, los cuales son recibidos directamente por el usuario. Así mismo se hace uso de la mensajería instantánea a través de plataformas como WhatsApp para alertar a los familiares o al tutor de este cuando ha sufrido una caída. El desarrollo del bastón Lazar se fundamenta en la identificación participativa de necesidades reales mediante entrevistas a usuarios no videntes, revisión de literatura y validación experimental.

2 MÉTODO

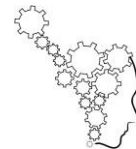
La presente investigación fue abordada desde el enfoque metodológico de Design Thinking, incorporando un componente tecnológico de naturaleza experimental. Se empleó una metodología sustentada en la revisión bibliográfica de carácter consultivo y selectivo, orientada a identificar recursos pertinentes y actualizados sobre tecnologías asistidas, accesibilidad, inteligencia artificial e Internet de las cosas (IoT). Se consultaron artículos científicos, normas técnicas, documentos especializados y sitios web confiables, lo que permitió no solo una comprensión profunda del problema desde la perspectiva del usuario, sino que también constituyeron la base teórica y técnica que sustenta el desarrollo del presente proyecto.

Lo anterior se fundamenta en que el Design Thinking es una metodología centrada en el usuario que permite comprender sus necesidades reales y transformarlas en soluciones tecnológicas funcionales mediante un proceso iterativo y de prototipado (Brown & Katz, 2019; Liedtka, 2015). Asimismo, la revisión bibliográfica de carácter consultivo y selectivo constituye un proceso investigativo válido para la identificación y análisis crítico de fuentes confiables, facilitando la construcción del conocimiento y la justificación técnica de proyectos de innovación (Botelho, Cunha & Macedo, 2011; Webster & Watson, 2002).

Con base en este enfoque se propició la generación de soluciones innovadoras, que se materializaron en el desarrollo de un prototipo funcional.

La metodología se estructuró en cuatro fases principales:

- ✓ Diagnóstico de necesidades mediante revisión bibliográfica y entrevistas a personas con discapacidad visual, realizadas en centro como la Escuela para



Ciegos Pilar Salinas en Tegucigalpa, Honduras y en la Universidad Nacional Autónoma de Honduras en Ciudad Universitaria.

- ✓ Diseño del prototipo utilizando principios de ingeniería aplicada y manufactura aditiva (impresión 3D), haciendo uso de programas como Fusion 360 que permitió el modelado, así como la observación en 3D del prototipo.
- ✓ Integración y programación de los componentes electrónicos (ESP32, sensores y módulos de alerta).
- ✓ Pruebas funcionales y validación inicial en entornos controlados como los proporcionados en Ciudad Universitaria, evaluando alcance de sensores, autonomía de batería y efectividad de las alertas.

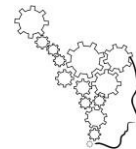
Este enfoque permitió transformar la conceptualización tecnológica en un prototipo funcional, evaluando su desempeño antes de considerar su escalabilidad o producción a mayor escala.

2.1 POBLACIÓN Y MUESTRA

La población objetivo considerada en este proyecto corresponde a las personas que presentan alguna discapacidad visual parcial y total, que asisten a Ciudad Universitaria en la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH), en Tegucigalpa, Honduras, lugar donde se identificó la necesidad de herramientas tecnológicas que promuevan la inclusión de personas con discapacidad visual.

En esta fase del proyecto no se realizó una prueba directa con usuarios no videntes, ya que el enfoque principal fue la validación técnica del prototipo. La muestra consistió en pruebas controladas del bastón inteligente LAZAR, orientadas a comprobar el funcionamiento de los elementos que componen al bastón, mismos que permitieron su correcto funcionamiento y entre los cuales se encuentran:

- ✓ Sensores ultrasónicos, para detección de obstáculos.
- ✓ Sensor de humedad, para identificación de superficies peligrosas que presentan charcos de agua o una aglomeración de barro.
- ✓ Sensor de nivel, para detectar las caídas que presenta el usuario del bastón LAZAR.
- ✓ Sistema de alertas, tanto local (vibración y sonido emitidos a través del mango, que sirven como estímulos para la persona en caso de que esta haya perdido el



conocimiento y como señal de alerta para las personas que se encuentran alrededor) y de forma remota (Empleando los mensajes vía WhatsApp para alertar a los tutores del usuario que este sufrió una caída y chequeando su ubicación en tiempo real).

Estas pruebas permitieron comprobar la funcionalidad de los componentes y su integración en el prototipo antes de realizar evaluaciones con usuarios finales en futuras fases del proyecto.

2.2 ESCENARIO DEL ESTUDIO

El desarrollo y validación del bastón inteligente LAZAR se llevó a cabo en entornos académicos y urbanos controlados, con el fin de garantizar la seguridad durante las pruebas iniciales y obtener resultados confiables sobre el funcionamiento de sus componentes. Estos escenarios fueron seleccionados estratégicamente para permitir una evaluación progresiva: primero en condiciones controladas y posteriormente en condiciones reales simuladas.

Laboratorio y aula de prototipado (UNAH): Aquí se realizaron la integración electrónica, programación de la ESP32 y pruebas de conexión de sensores. Se utilizó un área de simulación controlada para evaluar la detección de obstáculos, superficies húmedas y activación de alertas.

Pruebas de campo en entornos urbanos: Se llevaron a cabo recorridos cortos en aceras, pasillos y áreas abiertas alrededor de la UNAH y la Escuela para Ciegos Pilar Salinas. Se evaluó la respuesta del bastón ante obstáculos comunes como postes, escaleras y superficies irregulares, así como la eficacia de las notificaciones enviadas por WhatsApp en tiempo real.

Estos escenarios fueron fundamentales para verificar la funcionalidad del prototipo antes de su uso por personas no videntes, permitiendo identificar ajustes necesarios y sentar las bases para pruebas futuras en condiciones de uso reales.

3 RESULTADOS

La presente sección expone los hallazgos derivados de la revisión bibliográfica sobre bastones sensorizados e inteligencia artificial aplicada a la movilidad de personas con discapacidad visual. Se identificaron distintos prototipos, sensores utilizados, y funcionalidades clave de estos dispositivos, que se resumen en las tablas 1 y 2, y figuras 1 y 2.

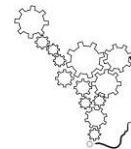
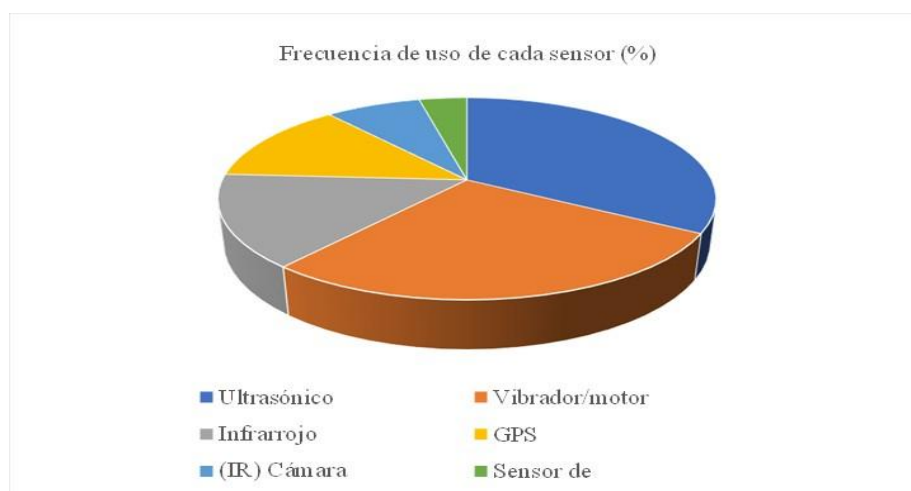


TABLA 1 – PROTOTIPOS DE BASTONES INTELIGENTES DOCUMENTADOS

Nombre del prototipo	País / Institución	Sensores utilizados	Funcionalidades principales	Fuente
SmartCane	SmartCane	SmartCane	SmartCane	Rodríguez- Martínez & González-López (2019)
WeWALK	Turquía / WeWalk	Sensor ultrasónico, GPS, Bluetooth	Navegación inteligente, integración con apps móviles	WeWALK Smart Cane (s.f.)
Bastón Kenya	Kenya Union of the Blind	Sensor de proximidad, alerta sonora	Asistencia básica para caminar, detección de obstáculos	Africa Science News (2024)
BAWA Cane	Malasia	Sensor infrarrojo, módulo de internet	Conectividad IoT, guía en tiempo real mediante apps	Wong & Wong (2018)
Bastón + Gafas	España	Sensor ultrasónico, cámara, procesador IA	Reconocimiento de objetos y personas mediante IA	Redacción (2019)

FUENTE: Elaboración propia

FIGURA 1 – SENSORES MÁS UTILIZADOS EN BASTONES INTELIGENTES (FRECUENCIA EN ARTÍCULOS REVISADOS)



FUENTE: Elaboración propia

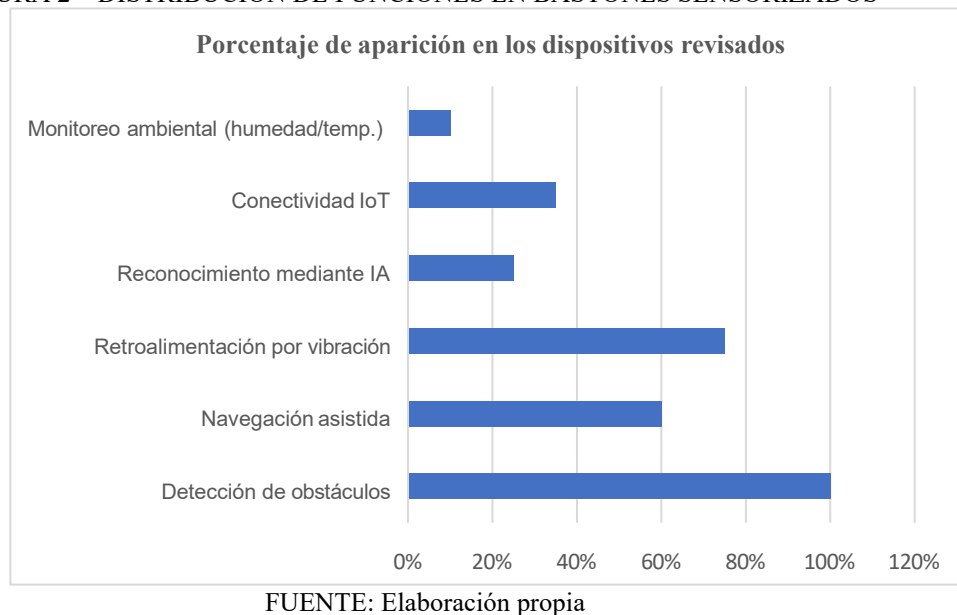
TABLA 2 – FRECUENCIA DE USO EN PORCENTAJE DE CADA SENSOR DE ACUERDO A LAS BIBLIOGRAFÍAS CONSULTADAS

Sensor	Frecuencia de uso (%)
Ultrasónico	90%
Vibrador/motor	75%
Infrarrojo (IR)	40%
GPS	35%
Cámara + IA	20%
Sensor de humedad/temp.	10%

FUENTE: Elaboración propia



FIGURA 2 – DISTRIBUCIÓN DE FUNCIONES EN BASTONES SENSORIZADOS

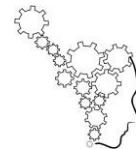


La revisión bibliográfica permitió identificar las principales tecnologías, sensores y funcionalidades utilizadas en bastones inteligentes orientados a la movilidad de personas con discapacidad visual. Los resultados muestran una tendencia clara hacia la incorporación de sistemas sensoriales y módulos de conectividad que permitan mejorar la autonomía del usuario y reducir riesgos asociados al desplazamiento.

Los estudios analizados evidencian que el sensor ultrasónico es el componente más empleado (90%), dado su bajo costo, confiabilidad y capacidad para detectar obstáculos a diferentes distancias. Asimismo, un 75% de las investigaciones integran motores vibradores como mecanismo de retroalimentación háptica, ya que representan un método intuitivo para alertar al usuario sin interferir con su percepción auditiva del entorno. Otros elementos como sensores infrarrojos (40%), GPS (35%) y cámaras con IA (20%) aparecen en menor proporción, principalmente debido a su costo, mayor complejidad de integración y mayor consumo energético.

Los resultados también revelan que las funciones más comunes en los bastones inteligentes existentes se concentran en tres ejes principales: Detección de obstáculos y superficies peligrosas, alertas mediante vibración o sonido, y geolocalización para emergencias.

Sin embargo, la mayoría de los prototipos analizados solo incorpora una o dos de estas funciones, lo que limita su capacidad de respuesta frente a escenarios reales de uso.



A partir de este análisis comparativo, se validó la relevancia del diseño del bastón LAZAR, el cual combina múltiples funcionalidades en un solo dispositivo, incluyendo detección de obstáculos, detección de humedad, monitoreo de caídas y envío automático de notificaciones remotas vía WhatsApp con ubicación en tiempo real. Este enfoque integral lo posiciona como una alternativa más completa frente a los dispositivos existentes, especialmente para contextos urbanos como el hondureño, donde los riesgos incluyen irregularidades en aceras, desniveles, presencia de agua o lodo y limitaciones en infraestructura accesible.

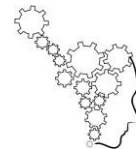
Finalmente, las pruebas técnicas del prototipo confirmaron que los sensores responden adecuadamente en entornos controlados, logrando detectar obstáculos dentro del rango esperado y activando los módulos de alerta de forma efectiva. Esta validación inicial constituye una base sólida para futuras fases de prueba con usuarios finales.

4 DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la investigación para el desarrollo del bastón inteligente LAZAR evidencian que es posible mejorar significativamente la movilidad y seguridad de personas con discapacidad visual mediante el uso de tecnologías accesibles. La integración de sensores para detectar obstáculos, así como el sistema de notificación en caso de caídas con envío de coordenadas del lugar donde ha sido el incidente, representan avances que responden directamente a las limitaciones del bastón tradicional. Además, la fabricación aditiva del mango del bastón contribuye no solo a la personalización del dispositivo, sino también a una producción más sostenible al reducir desperdicios.

4.1 COMPARACIÓN CON INVESTIGACIONES PREVIAS

En los últimos años, varias investigaciones han trabajado en crear tecnologías que ayuden a personas con discapacidad visual, como bastones con sensores, aplicaciones móviles o sistemas de guía por voz. Muchos de estos proyectos han logrado detectar obstáculos en el camino o dar indicaciones sobre la dirección a seguir, lo cual ha sido útil. Sin embargo, la mayoría de estos dispositivos solo cubren una parte de las necesidades, por lo que las personas deben usar varios aparatos diferentes al mismo tiempo para sentirse seguras.



El bastón inteligente LAZAR se diferencia porque reúne varias funciones en un solo dispositivo, pues no solo detecta objetos, cuerpos de agua o barro que se encuentran presentes en el suelo, sino que también detecta si la persona sufre una caída, en dicha situación el bastón envía una alerta a un familiar con coordenadas en tiempo real de la ubicación del usuario para que pueda auxiliarlo o si las condiciones no lo permiten se contacte al 911 y que sea este último el que auxilie al usuario Lazar, como respuesta ante este sistema genera mayor tranquilidad a los familiares del usuario, permitiendo que este goce de mayor autonomía al desarrollar sus actividades de forma autónoma pero siempre bajo el resguardo de su familia. Esta combinación de funciones no se encuentra fácilmente en otros proyectos parecidos. Otra ventaja es que LAZAR es fácil de usar y no depende de aplicaciones complicadas, lo cual es ideal para personas mayores o que no están familiarizadas con la tecnología.

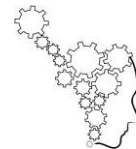
Se destaca por usar impresión 3D para fabricar la unidad de mando o control que es aquella que contiene a todos los elementos antes mencionados, dicha unidad es ajustable a los bastones que ya poseen los usuarios, y presenta una ventaja ya que al ser fabricada por medio de la impresión 3D nos ayuda a reducir el desperdicio de material que resulta de este proceso, así como evitar que los usuarios desechen sus bastones actuales y a los cuales ya están familiarizados, llegando a ser un producto que se adapta al usuario y no al revés.

Junto con los sensores y la ayuda de inteligencia artificial, LAZAR ofrece una solución más completa, práctica y amigable en comparación con otros bastones tecnológicos que existen actualmente.

En el mercado existen tres bastones inteligentes que son altamente competitivos:

WeWALK Smart Cane: Este bastón utiliza tecnología de detección personalizada para alertar sobre obstáculos aéreos a través de retroalimentación háptica y auditiva. También se conecta a través de Bluetooth a smartphones, permitiendo acceso a navegación manos libres y a asistentes de voz para recibir indicaciones y explorar el entorno. Ofrece funciones de navegación detalladas y es resistente a diversas condiciones climáticas. (WeWALK Smart Cane – Smart Cane For The Visually Impaired, s. f.)

Smart White Cane de la Kenya Union of the Blind (KUB): Este dispositivo usa sensores ultrasónicos para detectar obstáculos a una distancia de hasta 3 metros en exteriores y 1.8 metros en interiores, proporcionando retroalimentación vibratoria y táctil para alertar al usuario sobre objetos en su camino. Este bastón está diseñado para mejorar la seguridad y la independencia de los usuarios tanto en entornos urbanos como rurales. (Africa Science News, 2024)



The BAWA Cane: Este bastón inteligente incorpora sensores ultrasónicos y tecnología de vibración para detectar obstáculos. También ofrece funciones de navegación y puede conectarse a aplicaciones móviles para proporcionar información en tiempo real sobre la ubicación y rutas seguras (Wong & Wong, 2018).

Comparado con los dispositivos desarrollados en el ámbito de la asistencia a personas con discapacidad visual, el bastón LAZAR se destaca por su enfoque integral. Mientras que algunas investigaciones se han centrado únicamente en la detección de obstáculos o el uso de GPS, este proyecto combina múltiples funcionalidades en un solo dispositivo, LAZAR ofrece autonomía y simplicidad, manteniendo una interfaz comprensible y adaptable a las necesidades del usuario.

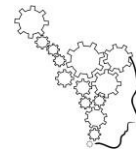
4.2 APORTES NUEVOS DEL PROYECTO

El bastón inteligente LAZAR representa un aporte innovador al ofrecer una solución tecnológica enfocada directamente en mejorar la autonomía y seguridad de las personas con discapacidad visual. Su desarrollo combina herramientas de asistencia en un solo dispositivo, que no solo advierte sobre obstáculos y caídas, sino que también genera un vínculo de seguridad entre el usuario y sus familiares a través de notificaciones inmediatas en situaciones de emergencia.

Uno de los aportes principales es la posibilidad de personalización del dispositivo, ya que durante la producción pueden ajustarse parámetros como el nivel de sensibilidad de los sensores o el tiempo de respuesta para enviar alertas en caso de caídas. Esta característica permite adaptar cada bastón a las necesidades específicas de quien lo utilizará, ofreciendo una experiencia más cómoda, segura y confiable.

Asimismo, LAZAR incorpora la fabricación aditiva (impresión 3D) en el diseño de su mango, lo que facilita la creación de piezas ergonómicas adaptadas a la mano del usuario. Esta técnica, además de permitir la personalización física del bastón, contribuye a la reducción de desperdicio de material, promoviendo un proceso de producción más eficiente y sostenible.

En su etapa inicial de implementación, si el proyecto pasa a la fase de producción, la distribución se realizará de forma temporal en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras, en Tegucigalpa. Esta primera fase permitirá atender de manera directa a estudiantes, docentes y visitantes con discapacidad visual, evaluando el



desempeño del bastón en un entorno controlado y cercano antes de pensar en una futura expansión

4.3 PROPUESTAS PARA FUTURAS INVESTIGACIONES

Una de las principales líneas de mejora para el bastón inteligente LAZAR es la incorporación de inteligencia artificial (IA) que permita ofrecer una asistencia más avanzada al usuario. Se proyecta desarrollar un agente virtual que procese datos del entorno en tiempo real y pueda brindar indicaciones auditivas, guiando a la persona hacia rutas seguras y evitando obstáculos de manera predictiva. Esto permitiría que el bastón evolucione de un dispositivo de apoyo a un acompañante activo en la movilidad diaria.

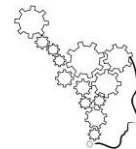
Además, la inteligencia artificial abriría la posibilidad de integrar funciones de aprendizaje adaptativo. Por ejemplo, el bastón podría aprender de los patrones de movimiento del usuario, registrar recorridos frecuentes, detectar hábitos de desplazamiento y anticiparse a situaciones de riesgo.

Incluso podría ofrecer alternativas cuando se presenten condiciones adversas, como superficies resbaladizas, cambios de clima, obstáculos temporales o zonas con mayor tráfico peatonal. Esta mejora tecnológica permitiría transformar al bastón en una herramienta de asistencia altamente personalizada, que no solo reacciona al entorno, sino que aprende y evoluciona junto a las necesidades del usuario.

5 CONCLUSIÓN

Los hallazgos de este proyecto demuestran que existe la posibilidad de mejorar significativamente la movilidad de las personas con discapacidad visual mediante la integración de tecnologías accesibles como IoT y sistemas de alerta inteligentes. El bastón LAZAR representa una evolución tecnológica del bastón tradicional al proporcionar detección temprana de obstáculos, identificación de superficies peligrosas y un sistema automatizado de notificación en caso de caídas, lo que incrementa la seguridad del usuario y reduce la dependencia de terceros.

Asimismo, el uso de impresión 3D permitió desarrollar un diseño adaptable, ergonómico y escalable que facilita futuras personalizaciones según las necesidades del usuario. Las pruebas funcionales realizadas en entornos controlados confirmaron la



operatividad de los módulos electrónicos y la efectividad de las alertas vibratorias, sonoras y remotas.

Finalmente, se concluye que el proyecto posee potencial para ser escalado y optimizado con futuras mejoras, especialmente con la incorporación de Inteligencia Artificial, lo cual permitiría transformar el bastón en un asistente autónomo capaz de aprender patrones de uso, anticipar riesgos y guiar al usuario mediante retroalimentación contextual en tiempo real.

AGRADECIMIENTOS

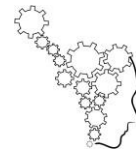
Este proyecto no habría sido posible sin el apoyo de la estimada ingeniera Rossana Carias quien nos alentó a mis compañeras y a mí a poder ir más allá en la presentación de proyecto de la clase de procesos de fabricación 1 y 2, a la ingeniera Gladys Flores quien creyó en nosotras desde el principio del desarrollo de la investigación y nos asesoró de manera continua, a la coordinación de la carrera de ingeniería industrial, a la Universidad Nacional Autónoma de Honduras, a nuestros familiares y amigos quienes nos han llenado de motivación a través de sus cálidas palabras.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

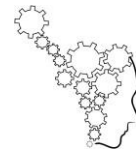
- ✓ Evelin Rodríguez fue responsable del desarrollo de la sección de Método, así como de la redacción de la Introducción y las Propuestas para futuras investigaciones.
- ✓ Stefany Lagos desarrolló la sección de Resultados, la Discusión, los aportes nuevos del proyecto y las conclusiones.
- ✓ Ambas autoras participaron en la revisión crítica del manuscrito, validación del contenido, organización final del documento y aprobación de la versión enviada para publicación.

REFERENCIAS

- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. (2021). Ceguera y discapacidad visual. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>
- MD SAAD, S., KAMARUDIN, N., ISMAIL, S., & AHMAD, N. (2021). Smart Blind Walking Stick: An Enhancement of Navigation for the Visually Impaired. *Journal of Electronic Voltage and Application*, 2(2), 38–45. <https://publisher.uthm.edu.my/periodicals/index.php/eeee/article/view/3923>



- SRINIVASAN, M., KUMAR, M., & GANESAN, R. (2022). Smart Cane for Helping Blind People. *Journal of Innovative Engineering and Technology*, 4(1), 55–63. https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/jit_journal/article/view/248722
- SILVA, L., COSTA, P., & MENDES, R. (2024). Development of an Intelligent Cane for Assisting the Visually Impaired. *Technologies*, 12(6), 75. <https://doi.org/10.3390/technologies12060075>
- BOTELHO, L. L. R., DE ALMEIDA CUNHA, C. C., & MACEDO, M. (2011). El método de revisión integrativa en estudios organizacionales. *Gestión y Sociedad*, 5(11), 121-136. DOI: <https://doi.org/10.21171/ges.v5i11.1220>
- WEBSTER, J., & WATSON, R. T. (2002). Analyzing the Past to Prepare for the Future: Writing a Literature Review. *MIS Quarterly*, 26(2), xiii–xxiii. <http://www.jstor.org/stable/4132319>
- BROWN, T., & KATZ, B. (2019). *Change by design: How design thinking transforms organizations and inspires innovation*. Harper Business.
- LIEDTKA, J. (2015). Perspective: Linking design thinking with innovation outcomes through cognitive bias reduction. *Journal of Product Innovation Management*, 32(6), 925–938. <https://doi.org/10.1111/jpim.12163>
- AFRICA SCIENCE NEWS. (2024, 14 octubre). Kenya Union of the Blind launches a smart white cane for easy mobility for the blind people. <https://africasciencenews.org/kenya-union-of-the-blind-launches-a-smart-white-cane-for-easy-mobility-for-the-blind-people/>
- ANDERSON, K., & THOMPSON, R. (2023). La aceleración del desarrollo de la IA durante la crisis mundial. *Revista de Investigación en Inteligencia Artificial*, 45(2), 123–145.
- ANDREU, A., & ANDREU, A. (2024, 18 julio). Cómo liberar espacio en tu PS5: 5 trucos infalibles para desbloquear almacenamiento en tu consola. *Computer Hoy*. <https://computerhoy.com/tutoriales/como-liberar-espacio-ps5-trucos-desbloquear-almacenamiento-1387499>
- CHEN, L., & WONG, K. (2018). Evaluación de sensores de bajo costo para mediciones ambientales. *Revista de Detección Ambiental*, 42(3), 156–172.
- CORN, A. L., & ERIN, M. Z. (2009). *Enseñando orientación y movilidad a estudiantes con discapacidad visual: Una guía para maestros y otros profesionales* (2ª ed.). AFB Press.
- GARCÍA-SÁNCHEZ, J., RODRÍGUEZ, M., & LÓPEZ, P. (2020). Análisis comparativo de sensores de temperatura y humedad para sistemas de monitoreo ambiental. *Revista Internacional de Instrumentación Electrónica*, 55(2), 87–103.
- GUERRERO, M. (2024, 14 MAYO). ¿Cómo la Inteligencia Artificial está transformando la industria manufacturera? fracttal. <https://www.fracttal.com/es/blog/como-la-inteligencia-artificial-esta-transformando-la-industria-manufacturera>
- HIXSA. (2023, 10 OCTUBRE). La Inteligencia Artificial en manufactura, ¿cómo se está aplicando en el negocio? HIXSA Blog | Sobre Automatización, Gestión Documental, Telefonía, Rastreo GPS y Ciberseguridad. <https://blog.hixsa.com/la-inteligencia-artificial-en-manufactura-como-se-esta-aplicando/>
- ISO 23599:2019. (2019). *Productos de asistencia para personas ciegas y con discapacidad visual: Indicadores táctiles de superficie para caminar*. Organización Internacional de Normalización.



- LIU, Y., STILES, N. R., & MEISTER, M. (2018b). Augmented reality powers a cognitive assistant for the blind. *eLife*, 7. <https://doi.org/10.7554/elife.37841>
- LÓPEZ, M. (2020). Tecnología de motores de vibración y sus aplicaciones. Editorial Mecatrónica Avanzada.
- MARTÍNEZ, R. (2020). Sensores de distancia y aplicaciones en robótica. Editorial Innovación Tecnológica.
- MARTÍNEZ, R., HERNÁNDEZ, S., & GARCÍA, P. (2021). Sistemas de monitoreo ambiental en agricultura de precisión. *Revista Internacional de Tecnología Agrícola*, 33(4), 245–260.
- MARTÍNEZ, R., & CHEN, L. (2023). La IA como puente social durante el distanciamiento físico. *Digital Society Quarterly*, 18(2), 45–62.
- MARTÍNEZ-LÓPEZ, J., & GARCÍA-HERNÁNDEZ, R. (2022). Análisis comparativo de sensores de inclinación en sistemas de automatización industrial. *Revista Iberoamericana de Ingeniería Electrónica*, 15(3), 45–59.
- MITCHELL, T. M. (2006). La disciplina del aprendizaje automático. Informe técnico de la Escuela de Ciencias de la Computación de la Universidad Carnegie Mellon CMU-ML-06-108. <http://www.cs.cmu.edu/~tom/pubs/MachineLearning.pdf>
- MOTOR VIBRADOR PARA CELULAR 3V. (s. f.). Circuitos y Desarrollo en Tecnología - C&D Tecnologia. <https://cdtecnologia.net/motores-y-bombas/592-motor-vibrador-para-celular-3v.html>
- OSTERWALDER, A., & PIGNEUR, Y. (2010). Generación de modelo de negocios: Un manual para visionarios, revolucionarios y desafiantes. Wiley.
- PÉREZ, J. (2020). Baterías de litio: Tecnología y aplicaciones. Editorial Energía Sostenible.
- PÉREZ-RODRÍGUEZ, A., Sánchez-Téllez, M., & Jiménez-Morales, L. (2021). Sensores electrónicos para sistemas de control inteligente. Editorial Tecnológica.
- REDACCIÓN. (2019, 19 junio). Desarrollan un bastón y anteojos inteligentes para personas con discapacidad visual y ceguera. Noticias de la Ciencia y la Tecnología (Amazings® / NCYT®). <https://noticiasdelaciencia.com/art/33234/develop-un-stick-and-glasses-for-people-with-visual-and-blindness>
- ROBERTS, J. (2020). Introducción a los sensores ambientales. Editora Técnica.
- RODRÍGUEZ, C. R. (2011). El bastón blanco: Orientación y movilidad para personas con discapacidad visual. Editorial Universidad de Salamanca.
- RODRÍGUEZ-MARTÍNEZ, A., & LÓPEZ-HERNÁNDEZ, M. (2019). Sensores de temperatura y humedad: Principios de funcionamiento. *Boletín de Instrumentación Científica*, 28(1), 45–59.
- RODRÍGUEZ-MARTÍNEZ, C., & GONZÁLEZ-LÓPEZ, P. (2019). Evolución histórica y tecnológica del bastón blanco como auxiliar de movilidad. *Revista Española de Discapacidad*, 7(1), 91–108. <https://audencia-gestion.fr/cisco/IoT/internet-of-things-iot-ibsg.pdf>
- ROUHIAINEN, L. P. (2018). Inteligencia artificial: 101 cosas que debes saber hoy sobre nuestro futuro. Editorial Planeta.
- WEWALK Smart Cane – Smart Cane for the Visually Impaired. (s. f.). <https://wewalk.io/en/>



WONG, D. J., & WONG, D. J. (2018, 30 abril). How these M'sians are using the power of the internet to make walking easier for the blind. Vulcan Post. <https://vulcanpost.com/638847/bawa-cane-visual-impairment-malaysia/>