

## ESTUDIO BENI: BASTÓN ELECTRÓNICO PARA LA NAVEGACIÓN EN INTERIORES

### BENI: INDOOR NAVIGATION ELECTRONIC WALKING STICK

*Fecha de recibido: 10 de septiembre de 2022*

*Fecha de aceptado: 29 de septiembre de 2022*

#### Autores:

##### **LINA GONZÁLEZ**

Universidad Especializada De Las Américas (UDELAS), Facultad de Biociencias y Salud Pública-Licenciatura en Ingeniería Biomédica. Ciudad de Panamá, Panamá.

##### **ISABELLA JAÉN**

Universidad Especializada De Las Américas (UDELAS), Facultad de Biociencias y Salud Pública-Licenciatura en Ingeniería Biomédica. Ciudad de Panamá, Panamá.

##### **MILKY RODRÍGUEZ**

Universidad Especializada De Las Américas (UDELAS), Facultad de Biociencias y Salud Pública-Licenciatura en Ingeniería Biomédica. Ciudad de Panamá, Panamá.

Correo de contacto: [milky.rodriguez.4@udelas.ac.pa](mailto:milky.rodriguez.4@udelas.ac.pa)



Este artículo está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

# BENI: Bastón Electrónico para la Navegación en Interiores

LINA GONZÁLEZ

Universidad Especializada de las Américas.

ISABELLA JAÉN

Universidad Especializada de las Américas.

MILKY RODRÍGUEZ

Universidad Especializada de las Américas.

**Resumen—** Uno de los problemas más comunes para las personas con discapacidad visual (PcDV) es la incapacidad de moverse de forma independiente y autónoma. Para ayudar a la movilidad se utilizan los bastones blancos, pero presentan limitantes como son el bajo rango para detectar obstáculos, y la incapacidad de detectar obstáculos a nivel del tronco. Es por esto que se realizó la mejora de este mediante el diseño de un prototipo, con el objetivo de lograr que sea accesible y práctica la navegación y orientación de las PcDV, específicamente en interiores. Para la elaboración del prototipo se hizo uso del Arduino Uno ATmega 328, así como distintos sensores electrónicos que contribuyeron en el desplazamiento de la PcDV. Las pruebas se realizaron con un grupo de expertos y los resultados preliminares indican que el Bastón para la Navegación en Interiores es un prototipo funcional para la movilidad y orientación, en espacios interiores, de las personas con discapacidad visual, por lo que se puede concluir que el uso del mismo aportará a la inclusión social y oportunidades de accesibilidad.

**Palabras Clave—** Bastón electrónico, desplazamiento, discapacidad visual, navegación, orientación.

**Abstract—** One of the most common problems for people with visual impairment (PwDV) is the inability to move independently and autonomously. White canes are used to help mobility, but they have limitations such as low range to detect obstacles, and the inability to detect obstacles at the level of the person's trunk. This is why we have improved it through the design of a prototype, with the aim of making it accessible and practical for navigation and orientation of PwDV, specifically for indoor use. For the elaboration of the prototype, we used the Arduino Uno ATmega328, as well as different electronic sensors that contributed in the displacement of the PwDV. The tests were performed with a group of experts and the preliminary results indicate that the Indoor Navigation Stick is a functional prototype for mobility and orientation in indoor spaces for people with visual impairment, so it can be concluded that its use will contribute to social inclusion and accessibility opportunities.

**Keywords—** Electronic cane, mobility, visual impairment, navigation, orientation.

## I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), se cree que alrededor de 1300 millones de individuos viven con alguna forma de deficiencia de la visión. De hecho, se estima que internacionalmente hay 36 millones de ciegos y 217 millones de individuos con baja visión [1].

La discapacidad visual puede limitar la capacidad de las personas para realizar tareas cotidianas y puede afectar a su calidad de vida y a su capacidad para interactuar con el mundo que les rodea. Pero, las experiencias de estas personas que viven con alguna discapacidad varían en función de múltiples factores, como su edad, sexo, situación social y económica, grupo étnico y estado civil [2].

Uno de los problemas más comunes para las personas con discapacidad visual (PcDV) es la incapacidad de moverse de forma independiente y autónoma. Esta situación puede afectar la movilidad de una persona, así como su bienestar emocional, ocupacional y social, que es intensificado en los países en desarrollo [3], esto principalmente a las barreras arquitectónicas con las que nos enfrentamos día a día, ya que la mayoría de los edificios construidos no tienen en cuenta la accesibilidad para PcDV.

Existen ayudas para mejorar la perspectiva residual en personas con discapacidad visual leve a moderada, pero estas no sirven para personas con discapacidad visual severa a fuerte (DVS, DVP) o con ceguera, las cuales requieren desarrollar capacidades que sustituyan la perspectiva [4]. Para ayudar a la movilidad de personas con ceguera se utilizan los bastones blancos, los cuales son un instrumento con el cual las personas ciegas se identifican y que les sirve para detectar obstáculos.

Los beneficios de los bastones sencillos sobre otros tipos de ayudas como los perros guías integran la facilidad de uso, el bajo precio y la relación física directa con el ambiente circundante. Las limitaciones son el bajo rango para detectar obstáculos, y la incapacidad de detectar obstáculos a nivel del tronco, lo cual lleva a sufrir golpes y/o lesiones a estos niveles [4].

En los últimos años la tecnología nos demostró que está inmersa en algunas áreas como son: salud, enseñanza, etc. Esto nos ayuda a minimizar varios de los obstáculos que los individuos invidentes muestran, los adelantos tecnológicos facilitan a que los individuos con discapacidad logren obtener, mejorar y desarrollar sus habilidades cognitivas, de percepción y las capacidades funcionales, contribuyendo a mejorar su calidad de vida [5]. En la actualidad el desarrollo tecnológico en el campo de la electrónica e instrumentación médica se encuentra enfocado en el desarrollo de métodos y dispositivos que permitan contrapesar las discapacidades de personas con alguna problemática física persistente. La compensación de las deficiencias o habilidades diferentes son fundamentales en la vida de todas las personas, en algunas

ocasiones, su historia misma puede depender del desempeño atinado, simple y fiable en su ámbito; por lo cual es primordial crear dispositivos que cubran estas necesidades [6].

Los bastones que hay en la actualidad poseen la limitante de que solamente tienen la posibilidad de indicar al invidente lo que hay enfrente y en el piso. Debido a estas limitantes, en Panamá, distintos grupos de investigación han buscado y propuesto soluciones a las mismas, como: "OGEO: Sistema de navegación interior para la orientación y movilidad de personas con discapacidad visual", que es una aplicación móvil que está constantemente escaneando el ambiente en búsqueda de dispositivos iBeacon que estén emitiendo una señal alcanzable por el dispositivo móvil y que se encuentren registrados en su base de datos local para indicarle a la PcDV la mejor ruta a su destino [3]. Otro proyecto es: "Design of a system to support the mobility of visually impaired people", consiste en dos sistemas basados en las TIC, que proporcionan ayuda en la movilidad de personas con discapacidad visual en el transporte público en Panamá. Uno de ellos consiste en el desarrollo de nuevas aplicaciones para smartphones basados en Android, y el segundo sistema se basa en el desarrollo de módulos RF en la banda de radio ISM [7]. En investigaciones tales como: "Technology-Based Social Innovation: Smart City Inclusive System for Hearing Impairment and Visual Disability Citizens", esta investigación muestra un desarrollo basado en el Internet de las Cosas para apoyar a las personas con discapacidades visuales en actividades de interior y exterior. Las principales conclusiones se basan en la necesidad de desarrollar aplicaciones móviles, cuadros de mando y aplicaciones web que respondan a las personas con discapacidades visuales o auditivas, y en la necesidad de desarrollar una infraestructura de sistemas de comunicación asistida por baterías y energías limpias, e independiente del actual sistema de telecomunicaciones, que permita una mayor fiabilidad [8].

En base a este contexto, se buscó la mejora de la funcionalidad del bastón blanco mediante el diseño de un prototipo, el cual conlleva la implementación de diversos tipos de sensores electrónicos, con el objetivo de lograr que sea accesible y práctica la navegación y orientación de las PcDV, específicamente en interiores.

## II. METODOLOGÍA Y MATERIALES

### 2.1 Metodología

El proyecto se desarrolló en cinco fases, descritas a continuación:

#### 2.1.1 Investigación

Se analizó la forma de trabajar de un bastón blanco, y las opciones de sensores y componentes electrónicos que se tienen en el mercado para así poder mejorarlo.

#### 2.1.2 Diseño e impresión 3D

Se diseñó en TinkerCAD (aplicación web gratuita para el diseño en 3D, la electrónica y la codificación [9]) el mango del bastón, así como los soportes de los distintos sensores y una caja para el circuito principal y, se imprimió en 3D en el Laboratorio de Fabricación Digital, Robótica y

Rehabilitación de la Universidad Especializada de las Américas (Udelas).

#### 2.1.3 Programación

Se programó en Arduino (Plataforma de prototipado electrónico de código abierto que permite a los usuarios crear objetos electrónicos interactivos [10]) los diferentes sensores y componentes a utilizar.

#### 2.1.4 Construcción

Luego, se armó el circuito para comprobar su funcionamiento, para después unirlo con el bastón, ver figura 1.



Figura 1. Prototipo del bastón electrónico.

#### 2.1.5 Pruebas de funcionamiento y encuesta

Una vez distribuido el circuito y sensores a lo largo del bastón, se le realizó pruebas de funcionamiento tanto a nivel del grupo de investigación (ver figura 2) como con expertos del Centro de Atención a la Diversidad de Udelas (ver figura 3), a los cuales primero se les explicó el objetivo del proyecto y la forma correcta de utilizarlo ya que, al ser un bastón electrónico, el entrenamiento no es el mismo que se utiliza con el bastón blanco convencional. Dicho entrenamiento consiste en que la persona debe llevar el bastón delante de ella, como empujándolo, sin hacer ningún tipo de sondeo del área, pues este es realizado por el sensor ultrasónico, y si lo hace, dificulta el trabajo del sensor infrarrojo.

Luego, se les pidió que llenaran una encuesta para, según su opinión, determinar la funcionalidad del prototipo. Para el desarrollo de dicha encuesta, se utilizó como herramienta de medición la escala Likert.



Figura 2. Prueba de funcionamiento con el grupo de investigación.



Figura 3. Prueba de funcionamiento con expertos.

### 2.1.6 Zonas críticas

Se puede mencionar el pasar del circuito a la distribución del mismo en el bastón y la elección y programación del sistema de alarmas/indicadores.

### 2.2 Materiales

Para la fase de diseño e impresión 3D se utilizó filamento PLA.

En la fase de programación se hizo uso del software de código abierto Arduino, pues el microcontrolador utilizado fue un Arduino Uno ATmega328.

Y en la parte de la construcción se usaron distintos módulos sensores: Lector RFID RC522 y su tarjeta pasiva, los cuales se emplean para indicar el lugar al que llega la PcDV; sensor ultrasónico, para la detección de obstáculos y un sensor infrarrojo utilizado como seguidor de línea para guiar el camino de un punto a otro. El sistema de alarma o aviso incluye un módulo gestor de audio con audífonos, el cual tiene programado una voz sintética que le va indicando la distancia de distintos obstáculos en el camino, si se sale de la línea que comunica un punto con otro, y cuando llega a su destino.

## III. RESULTADOS

### 3.1 PRUEBAS INICIALES

Consiste en una primera prueba, realizada de forma empírica con el grupo de investigación, cuando el prototipo se encuentra en una fase inicial-intermedia. Esta prueba se realizó para probar el correcto funcionamiento de los distintos sensores utilizados, así como la determinación del manejo adecuado del bastón electrónico. Los resultados demostraron que los sensores se encontraban en perfecto estado, corroborando los rangos de localización del sensor ultrasónico propuestos a 25cm y a 10cm, así como la fiabilidad de detección de la línea negra (camino guía) del sensor infrarrojo y de la tarjeta pasiva del lector RFID.

### 3.2 Pruebas finales

Para estas pruebas, el prototipo se encuentra en una fase intermedia-funcional. Se basó en la utilización del bastón electrónico por parte de cinco profesionales del Centro de Atención a la Diversidad de la Universidad Especializada de las Américas, y su respuesta a una encuesta para medir el grado de funcionalidad.

Los resultados de la encuesta arrojaron que cuatro de cada cinco expertos (en un rango de 5 y 4, de una escala de 1 a 5), considera que el diseño del bastón electrónico cumple con el objetivo para el cual fue creado (ver gráfico 1).

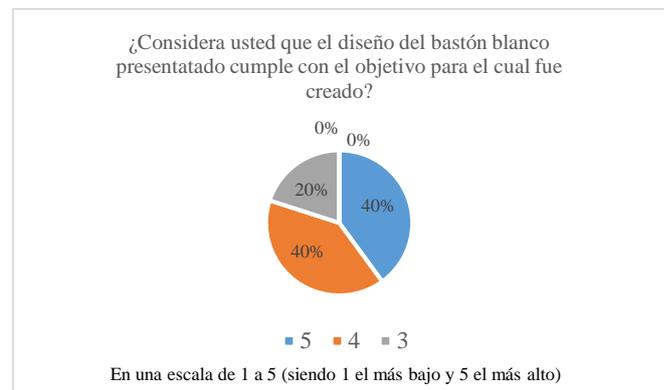


Gráfico 1. El bastón electrónico cumple con el objetivo planteado.

De igual manera, tres de cada cinco expertos opinan que, en una escala Likert, el diseño de "BENI", es bastante funcional para las personas con discapacidad visual (ver gráfico 2).

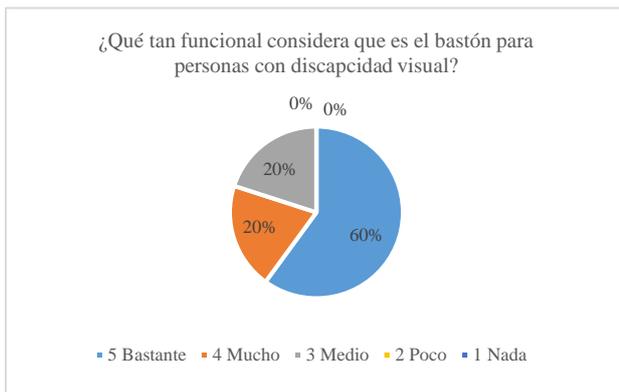


Gráfico 2. El grado de funcionalidad del bastón electrónico.

Los resultados también muestran que tres de cada cinco expertos estiman que el prototipo es viable para ser aplicado por profesionales a la comunidad de personas con discapacidad visual (ver gráfico 3).

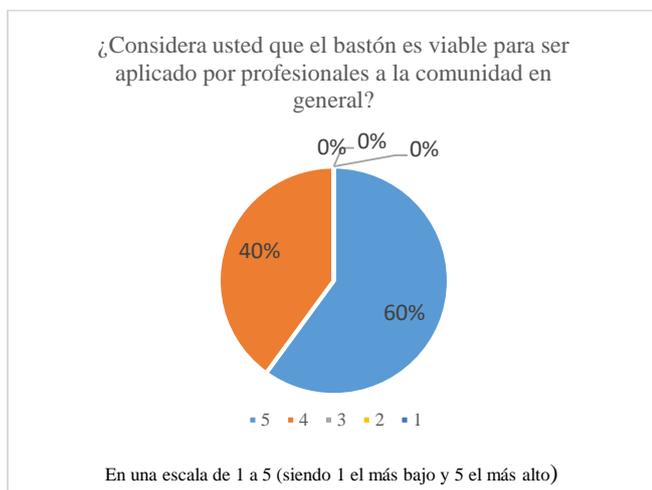


Gráfico 3. Viabilidad de aplicación del bastón electrónico.

Al final de los ensayos, con base en las pruebas y encuestas realizadas, se puede determinar que, según la opinión de expertos en la atención a la diversidad, el Bastón para la Navegación en Interiores es un prototipo funcional para la movilidad y orientación, en espacios interiores, de las personas con discapacidad visual. Sin embargo, como parte de este estudio, se requieren realizar más pruebas para validar los resultados preliminares. Las pruebas a futuro consistirían en la medición de la cantidad de objetos que puede detectar el prototipo y cantidad de veces promedio que la persona se sale de la línea, en relación al tiempo.

#### IV. CONCLUSIONES

El diseño y desarrollo del bastón electrónico "BENI" ha demostrado ser un recurso para ayudar al desplazamiento autónomo de PcDV, lo cual aportará a su inclusión social y oportunidades de accesibilidad. El prototipo está dirigido a cualquier persona con discapacidad visual.

Cabe destacar que posee una limitante, la cual es el entrenamiento para su correcto uso, sin embargo, es un problema que se puede subsanar con capacitaciones y práctica, dejando de ser un problema a mediano o largo plazo. Las ventajas que presenta, principalmente, son la de detección de obstáculos a un nivel distinto al nivel del piso y en forma de radar, así como la indicación del lugar al que ha llegado la persona. Esta última ventaja se podría visualizar, en primera instancia, en centros comerciales y universidades, y de esta manera la PcDV podrá identificar de manera autónoma las distintas tiendas y/o aulas de clases, según sea el caso.

En futuros trabajos, se perfeccionará el prototipo, añadiendo nuevas características, así como su implementación en conjunto con pisos podotáctiles (en primera instancia con una variación de los mismo, este caso una cinta negra que interconecte los diferentes lugares del recinto), ampliando así su área de implementación a otras zonas.

#### V. AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Atención a la Diversidad (CADI) y al Laboratorio de Fabricación Digital, Robótica y Rehabilitación de la Universidad Especializada de las Américas, por su asistencia técnica y opinión profesional en este proyecto.

#### VI. REFERENCIAS

- [1] V. T. Mora, E. I. G. Jaimes, A. L. Chau, and J. B. López, "Análisis de la utilidad del Bastón Blanco Inteligente UAEM para personas con discapacidad visual," *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, vol. 11, no. 22, Jul. 2021, doi: 10.23913/ride.v11i22.897.
- [2] S. D. Ontiveros-Paredes, D. Rojas-Balbuena, and J. Martínez-Paredes, "Diseño y construcción de un bastón blanco electrónico para personas invidentes," *Científica*, vol. 18, no. 2, pp. 63–70, 2014, [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61448035002>
- [3] M. Gomez, V. Rodríguez, R. Vejarano, and H. Montes, "OGEO: Sistema de navegación interior para la orientación y movilidad de personas con discapacidad visual," *Revista RETOS XXI*, vol. 4, no. 1, Jul. 2020, doi: 10.33412/retosxxi.v4.1.2788.
- [4] H. D. Escobar Gómez, C. Vélez Álvarez, and C. Barrera Valencia, "Ayudas externas para mejorar la independencia en personas con discapacidad visual," *Revista Cubana de Oftalmología*, vol. 30, no. 1, 2017, [Online]. Available: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-21762017000100013&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21762017000100013&lng=es&tlng=es).
- [5] C. Lizárraga González, "Propuesta para el diseño de un bastón electrónico para personas invidentes que mejorara

la calidad de su desplazamiento diario.” Trabajo de Investigación para optar el bachiller de Ingeniero Industrial, Universidad Continental, Arequipa, Perú, 2018. [Online]. Available: <https://hdl.handle.net/20.500.12394/5202>

[6] L. B. Martínez-Núñez, J. A. Molina-Tinoco, G. R. Peñaloza- Mendoza, N. K. Hernández-Sánchez, and E. Guizar-Rojas, “Construcción de bastón inteligente para personas con discapacidad visual,” Memorias Del Congreso Nacional De Ingeniería Biomédica, vol. 2, no. 1, pp. 149–152, Jul. 2017, [Online]. Available: <https://memoriascnib.mx/index.php/memorias/article/view/81>

[7] H. Montes et al., “Design of a system to support the mobility of visually impaired people,” Climbing and Walking Robots and the Support Technologies for Mobile Machines (CLAWAR 2018), vol. 1, no. 1, pp. 37–44, Nov. 2018.

[8] I. Chang, J. Castillo, and H. Montes, “Technology-Based Social Innovation: Smart City Inclusive System for Hearing Impairment and Visual Disability Citizens,” Sensors, vol. 22, no. 3, p. 848, Jan. 2022, doi: 10.3390/s22030848.

[9] © 2022 Autodesk Inc, “Autodesk Tinkercad,” Tinkercad, 2022. <https://www.tinkercad.com/>

[10] © 2022 Arduino, “Arduino,” About Arduino, 2022. <https://www.arduino.cc/en/about>

