

# DISPOSITIVO DE AUXILIO PARA LA MOVILIDAD DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL

Rodolfo Enrique Godínez Vite<sup>1</sup>, Mariana Herrera Tirado<sup>2</sup>, Héctor Juan Santiago<sup>3</sup>, Eduardo Hernández Márquez, Dr.<sup>4</sup>, Sofia Alejandra Rodríguez de la Cruz<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Maestro en Ingeniería de Negocios, <sup>2</sup>Maestra en Administración de Personal y Recursos Humanos, <sup>3</sup>Maestro en Ingeniería Industrial, <sup>4</sup>Doctorado en ingeniería de sistemas robóticos y mecatrónicos, <sup>5</sup>Maestría en Ingeniería Administrativa

Tecnológico Nacional de México  
Instituto Tecnológico Superior de Poza Rica

*rodolfo.godinez@itspozarica.edu.mx, mariana.herrera@itspozarica.edu.mx, hector.juan@itspozarica.edu.mx, sofia.rodriguez@itspozarica.edu.mx*

Boletín No. 101, 1o. de marzo de 2024

## Resumen

La mejora o implementación de nuevos dispositivos de auxilio para la movilidad de personas con discapacidad visual (PCDV) implica importantes cambios a nivel socioeconómico, pero principalmente conlleva grandes desafíos para el grupo vulnerable que vive un rezago tecnológico y social; por consiguiente, es de suma importancia buscar soluciones inclusivas que permitan su libre tránsito.

La presente investigación tiene el objetivo de incrementar la independencia logística segura de las personas con discapacidad visual detectando oportunamente objetos circundantes. Se utilizó el método de cascada con cuatro fases, se tomó como muestra a 24 personas de una población conocida con discapacidad visual considerando un éxito y fracaso de 50 %, un nivel de confianza de 95 % y error de 5 %, los instrumentos utilizados fueron evaluados y validados por ingenieros y médicos.

Las conclusiones se lograron gracias a la experimentación, usando un bastón con sensores detectores de objetos y emisores de sonidos en un ambiente controlado consistente en el diseño de escenarios donde transitaban las PCDV para sortear diversos obstáculos terrestres. Se evaluaron factores como usabilidad, adaptabilidad, ergonomía del producto y funcionalidad, logrando incrementar un 67 % la distancia segura ofrecida por el bastón convencional blanco, permitiendo la detención de objetos al 100 %, durante las pruebas. Finalmente, se propone mejorar la sinapsis háptica del prototipo, facilidad de mantenimiento y montaje del dispositivo.

## 1. Introducción

La Organización Mundial de la Salud afirma que, "a nivel mundial, por lo menos 2200 millones de personas tienen deficiencia visual o ceguera". [1] Para clasificar esta discapacidad Barraga (1992) estableció "cuatro niveles de discapacidad visual: Ceguera, discapacidad visual profunda, discapacidad visual severa, discapacidad visual moderada. Siendo la primera la carencia de visión o solo percepción de luz. Imposibilidad de realizar tareas visuales". [2]. Actualmente "la ceguera es la segunda causa de discapacidad en México según la secretaría de Cultura del gobierno de México"[3].

Además, en los datos del INEGI, en el 2020 Veracruz contaba con "8 062 579"[4] habitantes, de los cuales "210 064 personas padecen algún grado de esta discapacidad"[5]. Asimismo, la población en Poza Rica fue de 521, 530 habitantes donde 5,139 personas tienen discapacidad visual.

Una persona con discapacidad visual (PCDV) presenta la dificultad de tránsito por las calles de muchas ciudades carentes de guías, señalamientos o pavimento podo táctil, es decir, ciudades poco o nulamente inclusivas, impidiendo la satisfacción de las necesidades de movilidad de este grupo vulnerable. En México solo algunas ciudades cuentan con estas instalaciones en espacios limitados.

En la ciudad de Poza Rica, con sus "2,789 kilómetros cuadrados"[6] de extensión territorial solo 261,140

metros cuadrados del centro de la ciudad, cuenta con algunas calles con relieves podó táctiles; es decir, menos del 1 % de su territorio, provocando que las personas con ceguera carezcan de independencia en su movilidad, sumado a lo anterior, existe una incipiente cultura vial y persiste la carencia en la educación inclusiva en nuestra sociedad.

Una limitada área de reconocimiento para una PCDV puede ocasionar un accidente, el bastón blanco convencional se limita a una distancia de 90 cm de radio (ver figura 1) y solo reconoce la superficie terrestre sin reconocer objetos que se encuentran arriba del piso. Por ende, es un problema que “el 30 % de la población mexicana”[7] sea un grupo vulnerable carente de seguridad e independencia en su desplazamiento, dado a que la libertad de tránsito es una garantía individual sustentada en el artículo 11 de nuestra Constitución que dice: “las personas pueden desplazarse libremente por todo el territorio nacional”[8] y que en la Ley de General de Movilidad y seguridad Vial garantiza la accesibilidad y la define como “Las medidas pertinentes para asegurar el acceso de las personas con discapacidad, en igualdad de condiciones con los demás, al entorno físico, el transporte, la información y las comunicaciones, incluidos los sistemas y las tecnologías de la información, y otros servicios e instalaciones abiertos al público o de uso público, tanto en zonas urbanas como rurales e insulares”[9].

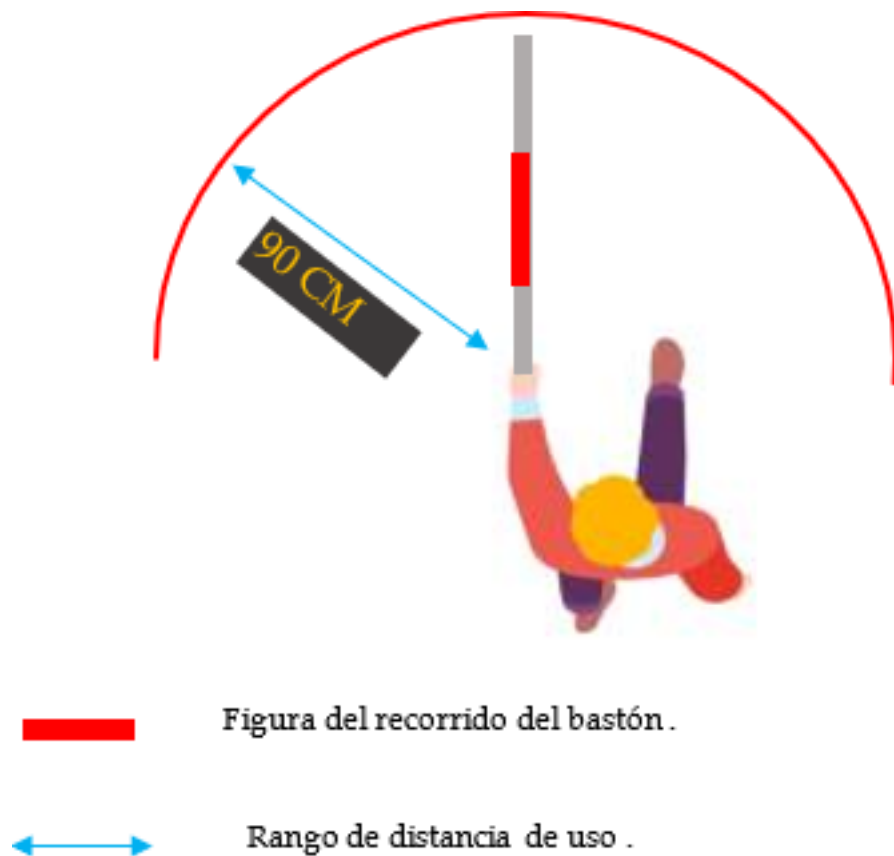


Figura 1 Distancia de alcance del bastón blanco.

## 2. Material y método

Se trata de una investigación cualitativa de corte participativo que surge a partir del objetivo de incrementar la independencia logística de las personas con discapacidad visual mediante la detección temprana de objetos circundantes en un radio mayor a 90 cm proporcionados por el bastón blanco, donde la recopilación de la información y pruebas se realizaron con integrantes del grupo vulnerable. Para su desarrollo se utilizó la metodología de cascada con 4 fases.

## 2.1 Fase 1: Detección de las necesidades del usuario

Se desarrollo una entrevista estructurada para la recolección de datos y la medición de las respuestas, sin embargo, durante la aplicación de la misma, se brindó un grado de flexibilidad al entrevistador como al grupo evaluado, con la finalidad de generar confianza en el grupo vulnerable y poder profundizar más en los datos.

El constructo fue validado por un panel de expertos compuesto por un grupo de médicos de un Centro de Rehabilitación e Inclusión, además de ingenieros de una reconocida casa de estudios, ambos centros ubicados en el municipio de Poza Rica Veracruz, teniendo como resultado el diseño de una entrevista de diez reactivos de una población conocida de 25 personas que componen el grupo de atención del centro de rehabilitación, con un éxito y fracaso de 50 % respectivamente y un nivel de confianza de 95 % y un valor Z de 1.96 y un error de 5 %; dando como resultado de haber aplicado la ecuación 1 una muestra de 24 personas.

$$ec(1) \quad n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Entre los resultados más destacables de la aplicación del constructo fueron:

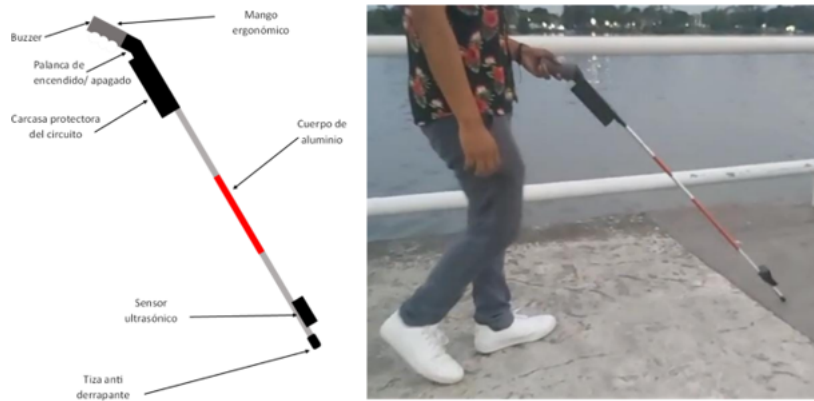
- I. El 80 % de los encuestados declaran que han sufrido accidentes por objetos circundantes superiores a la superficie del suelo.
- II. El 99 % de la muestra les gustaría tener mayor control logístico de su área circundante superior a la que ofrece el bastón convencional.
- III. El 93 % opina que debe existir una interfaz acústica entre el usuario y el dispositivo, mientras que el 7 % restante prefiere una interfaz háptica.
- IV. El 100 % de la muestra bajo estudio prefirió que el material base de fabricación del bastón continuara siendo de aluminio por su ligereza y costumbre de uso.
- V. Al 100 % de la muestra sugiere que el peso del artículo no supere los 0.5 kg [similar al bastón blanco] debido al cansancio que sufren por caminar largas distancias con una posición mantenida de su brazo.

## 2.2 Fase 2: Comparativas del mercado

Después de haber realizado un análisis de BenchMarking se identificó dos marcas WeWalk y JZJZ; ambos productos fabricados en aluminio en un rango de precio de \$1300 a \$1800 pesos; el primero, de origen europeo, incorpora en su agarre un altavoz, micrófono y un sensor háptico, que sirve para enviar vibraciones al usuario emulando notificaciones. También se cuenta con un touchpad, que ayudaría navegar por las opciones del sistema; el segundo, de origen asiático, ofrece un sistema de alarma que emite sonido cuando una PCDV se encuentra con una emergencia, posee una luz de advertencia roja intermitente parpadeara continuamente para obtener un rescate oportuno.

## 2.3 Fase 3: Diseño y elaboración del bastón

Se elaboró bajo el diseño de bastón blanco fabricado en aluminio, con un peso de 0.450 kg y una medida de 1.2 m. El mango con un recubrimiento acolchonado y soporte hecho en fibra de vidrio al igual que el protector del sensor ultrasónico. Inicialmente utilizó una placa de Arduino nano que sustituyo posterior a las pruebas por un circuito que incorporaba el sensor ultrasónico HC05 que determina si existe un objeto en la periferia del usuario; un Buzzer que interpreta las señales del sensor ultrasónico transformándolas en un sonido en la nota de "SI", una batería de Ion litio de 4.5 V y un apagador de fácil acceso (Figura 2. Diseño del bastón).



**2.4 Fase 4: Pruebas de uso del bastón**

Para las pruebas del producto, se construyeron 3 prototipos con las mismas características mencionadas en la fase 3; los cuales, se pusieron a disponibilidad del grupo de estudio y se muestreo en un periodo de 7 días durante 30 minutos por persona, utilizando un espacio físico controlado que consistía en el tránsito de un pasillo de 10 metros de largo con 3 metros de ancho, con tres escenarios de diferentes obstáculos, en todo momento hubo personal a cargo vigilando y cuidando de los participantes del experimento con la finalidad de evitar algún accidente por caída.

**3. Conclusiones**

Los resultados de esta investigación permitieron la creación de un dispositivo de auxilio para la movilidad de personas con discapacidad visual, mismo que reunió las características requeridas por el grupo de estudio compuesto por 24 personas que padecen ceguera. En relación a las pruebas de uso, se lograron los resultados de la tabla 1, donde se aplicó una escala likert que mide los factores de estudio:

- I. Usabilidad: que mide la facilidad con que el usuario puede utilizar el bastón.
- II. Adaptabilidad: Proceso por el que el usuario acoge el cambio del uso de un producto por otro.
- III. Ergonomía del producto: Busca que el producto sea seguro y que contribuya a una mejora en la salud del usuario sin generar patologías en él.
- IV. Funcionalidad del producto: Cuantifica que el producto sirva para lo que fue diseñado.

**Cuadro 1 Factores de estudio posteriores al uso del prototipo.**

Factor evaluado	Inaceptable	Aceptable	Regular	Bueno	Excelente
Usabilidad			90%		
Adaptabilidad			85%		
Ergonomía		70%			
Funcionalidad		80%			

Se obtiene que el producto, permite una detección fiable a 1.5 metros, dando una independencia superior al bastón blanco convencional del 67%. Sin embargo, por seguridad se bajó a un rango de 1.2 metros. Lo usuarios detectaron el 100% de los obstáculos a ras de piso en los tres escenarios, mientras que se tuvo un 90% de certeza en objetos a una altura de 30 centímetros y solo el 10% de los objetos no fue detectado por él sensor, pero si fue identificado por el usuario con la cercanía del bastón. Ninguno de los usuarios se accidente durante las pruebas a pesar de haberse utilizado un área desconocida bajo tres escenarios distintos.

Entre las áreas de mejora del prototipo se encuentra el facilitar al usuario el mantenimiento del equipo en cuanto a la sustitución de la batería y que el dispositivo sea montable a cualquier bastón convencional.

## Referencias

- [1] Organización Mundial de la Salud. (13 de Octubre de 2022). *Ceguera y discapacidad visual*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment#>
- [2] Asociación doce. (s.f.). *Asociación para la Defensa de la discapacidad Visual, la baja visión y la Ceguera Legal*. Obtenido de <https://asociaciondoce.com/clasificaciones-en-torno-a-la-discapacidad-visual/>
- [3] México, G. d. (14 de Noviembre de 2023). *Por una cultura inclusiva*. Obtenido de Por una cultura inclusiva: <https://www.gob.mx/cultura/articulos/por-una-cultura-inclusiva?idiom=es>
- [4] INEGI. (1 de Noviembre de 2020). *Información de México para todos*. Obtenido de Información de México para todos: <https://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/ver/poblacion/>
- [5] Civil, P. (2021). *Personas con discapacidad visual*. Veracruz: Gobierno de Veracruz.
- [6] Lugares turísticos de Veracruz. (2023). *Los 23 mejores lugares turísticos de Veracruz*. Obtenido de <https://www.lugaresturisticosdeveracruz.com/poza-rica/centro-de-poza-rica/#:~:text=Datos%20interesantes%20del%20lugar,-Esta%20ciudad%20forma&text=La%20superficie%20de%20la%20ciudad,seg%C3%BAun%20censo%20de%202019.>
- [7] Puebla, G. d. (8 de Octubre de 2020). *Día mundial de la Visión*. Obtenido de Día mundial de la Visión: <https://ss.puebla.gob.mx/prevencion/informate/item/1183-dia-mundial-de-la-vision>
- [8] Hidalgo Flores, H. I. (19 de Mayo de 202). *La libertad de tránsito en tiempos del Covid-19*. Obtenido de La libertad de tránsito en tiempos del Covid-19: <https://www.sitios.scjn.gob.mx/cec/blog-cec/la-libertad-de-transito-en-tiempo-de-covid-19#:~:text=De%20conformidad%20con%20el%20art%C3%ADculo,con%20alg%C3%BAun%20otro%20permiso%20parecido.>
- [9] Diputados, C. d. (17 de Mayo de 2022). *Ley General de Movilidad y Seguridad Vial*. Obtenido de Ley General de Movilidad y Seguridad Vial: <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGMSV.pdf>

**Godínez R., Herrera, M., Santiago, H., Hernández E. & Rodríguez, S. (2026). DISPOSITIVO DE AUXILIO PARA LA MOVILIDAD DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL. Boletín UPIITA. año XX, (NÚM) 2026.**