

## Prototipo guía para el desplazamiento de personas con discapacidad visual a través de sensores

### *Prototype guide for blind people's movements using sensors.*

Yareni Cervantes Villalba\*<sup>1</sup>, Marco Antonio Aguilar Cortes<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán  
m21te0011@teziutlan.tecnm.mx

**Resumen:** En México más de dos millones de personas presentan discapacidad visual según datos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, razón que les impide desplazarse libre e independientemente. El presente artículo muestra el desarrollo de una propuesta tecnológica que contribuya a la mejora de la movilidad con ayuda de un sistema que integra asistente por voz, el cual se conforma de un prototipo de bastón blanco encargado del reconocimiento de líneas de color mediante el uso de sensores RGB que permite la recolección de información. Dichos datos son enviados vía Bluetooth a una aplicación móvil, la cual se encarga de realizar la notificación de mensajes previamente asignados para la navegación. Finalmente, se efectuaron las pruebas correspondientes para determinar la fiabilidad de la propuesta. Los resultados muestran que es posible implementar una solución que brinde ayuda a personas con discapacidad visual a trasladarse de un lugar a otro de manera segura en espacios poco conocidos con el uso de señales de color. En lo que se refiere a los costos, el proyecto no necesita de requerimientos especiales, adicionales al dispositivo y el uso de líneas de colores; para poder ser implementado.

**Palabras clave:** aplicación, bastón, discapacidad visual, sensores

**Abstract:** In Mexico more than two million people have some degree of visual impairment according to Instituto Nacional de Estadística y Geografía, which prevents them from moving freely and independently. This article shows the development of a technological proposal that contributes to the improvement of mobility with the help of a system that integrates voice assistant, which consists of a prototype of a white cane in charge of the recognition of colored lines using RGB sensors that allows the collection of information. This data is then sent via Bluetooth to a mobile application, which is responsible for the notification of messages previously assigned for navigation. Finally, the corresponding tests were carried out to determine the reliability of the proposal. The results show that it is possible to implement a solution that helps visually impaired people to move from one place to another safely in unfamiliar spaces with the use of color signals. In terms of costs, the project does not require any special requirements, other than the device and the use of colored lines, to be implemented.

**Keywords:** application, blindness, cane, impairment, sensors.

## 1 Introducción

Se estima que en México existen alrededor 2.7 millones de personas con discapacidad visual, las cuales presentan problemas de visión aun utilizando lentes, según datos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2021). Lo cual significa que,

si bien no todas ellas presentan ceguera total, cuentan con alto grado de deterioro de visión (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2022), lo que imposibilita en gran manera su independencia (Fundación ONCE, s.f.).

Algunos de las dificultades a las que se enfrentan dichas personas, se relacionan con la seguridad y el desplazamiento, lo que les impide

realizar actividades cotidianas de manera normal, afectando su desarrollo e influyendo de manera negativa en la calidad de vida.

Existen alternativas para la movilidad que son utilizadas por personas ciegas. Por ejemplo, bastones blancos, acompañantes videntes y perros guía, sin embargo, estas no dan solución completa al problema.

Por otro lado, se han propuesto herramientas tecnológicas de apoyo que tienen como objetivo brindar independencia y seguridad a los usuarios que carecen de una buena visión. La mayoría toman como punto de partida al bastón blanco, integrando mejoras como el uso de diversos sensores de proximidad, radiofrecuencia, entre otros.

Algunos de los sensores más utilizados, son los ultrasónicos, ya que, son capaces de la detección de objetos y malformaciones en el suelo, tal y como lo mencionan Messaoudi et al. (2020) y Yahaya et al. (2019). Por otro lado Sumathy et al. (2021) utiliza sensores Infrarrojos (IR) y acelerómetros, así como otras tecnologías para el envío de mensaje de texto a las personas encargadas del cuidado de personas ciegas.

Los sensores ultrasónicos también son utilizados en herramientas, como lo son los guantes propuestos por Shaikh et al. (2018) y en los anteojos con un procesamiento por parte del controlador ROS (Robot Operating System) y lógica difusa propuestos por Bouteraa, (2021).

Por otra parte, existen algunas herramientas como la propuesta por Mocanu et al (2020) implementan el uso de software mediante rutas y el desplazamiento en lugares abiertos con la detección de color utilizando una red Petri y sistemas embebidos.

En la presente investigación, se muestra el desarrollo de un dispositivo capaz de reconocer líneas de colores que funcionen como pisos para ciegos a través del uso de sensores RGB (Red, Green and Blue) y una aplicación móvil que brinde información de las rutas a usuarios con discapacidad visual.

## 2 Métodos o Metodología

### 2.1 Metodología

La figura 1, muestra la metodología utilizada para la construcción del prototipo con un total de 8 pasos importantes a seguir para lograr el objetivo planteado en la investigación.

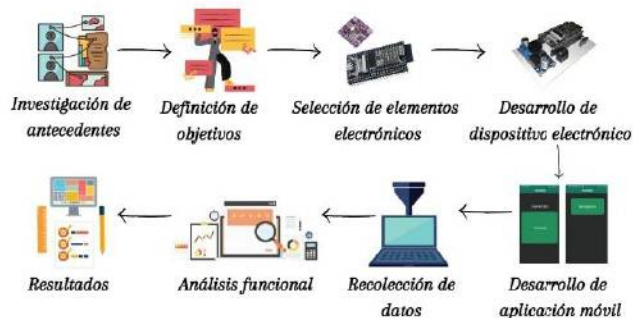


Figura 1. Metodología propuesta.

Fuente: propia.

A continuación, se describe de manera general cada uno de los pasos con base a la metodología propuesta.

1. **Investigación de antecedentes.** Se realizó la búsqueda de información dentro diferentes fuentes científicas, así como de manera independiente con apoyo de expertos en el tema relacionado.
2. **Definición de objetivos.** Se propone una solución al problema con base en la información recolectada a partir de la cual se determinan los objetivos necesarios.
3. **Selección de elementos electrónicos.** Se realiza la búsqueda de componentes disponibles para la conformación del sistema a partir de la cual se realizan las pruebas y comparaciones entre posibles elementos, con el fin de seleccionar aquellos que mejor se adapten a las necesidades del proyecto
4. **Desarrollo de dispositivos electrónicos.** Dentro de esta etapa se realiza la programación del microprocesador ESP32 y la detección de colores con el uso del sensor de RGB TCS34725, el cual es sometido a pruebas para comprobar su correcto funcionamiento, posterior a ellos se realiza el diseño de la placa de circuito impreso (PCB). El diseño final es plasmado sobre una placa fenólica, en la cual integra los elementos electrónicos antes mencionados, así como aquellos adicionales para su correcto funcionamiento. Como actividad final se realiza la prueba de funcionamiento del sistema completo y se realizan las modificaciones necesarias en caso de existir algunas.

5. **Desarrollo de aplicación móvil.** Se inicia con el diseño de las pantallas que compondrán el sistema de desplazamiento, asegurándose de que cumplan su función de manera adecuada. Estas pantallas son desarrolladas utilizando el framework React Native y el lenguaje de programación TypeScript. Después de crear cada pantalla, se configuran la conexión bidireccional con el dispositivo electrónico a través de bluetooth. Esta configuración establece claves de conexión únicas para garantizar una comunicación correcta y segura entre ambos dispositivos. Se llevan a cabo pruebas exhaustivas de conexión para detectar y corregir posibles errores en la vinculación, asegurando así un reconocimiento preciso de colores en tiempo real. Por otro lado, se programa la asociación de colores con espacios específicos, para lo cual se establecen ubicaciones de prueba. Finalmente, se implementa el aviso de mensajes por voz, con el objetivo de guiar al usuario a lo largo de la ruta y proporcionar notificaciones adicionales que faciliten su desplazamiento de manera efectiva.
6. **Recolección de datos.** Se llevaron a cabo pruebas exhaustivas del sistema para detectar posibles mejoras y ajustes necesarios, los cuales se implementaron de manera precisa para optimizar el funcionamiento del prototipo propuesto. La evaluación del sistema abarcó aspectos clave, como el rendimiento, el peso, el reconocimiento de colores y la velocidad de respuesta, entre otros. Esto permitió recopilar una amplia cantidad de información sobre el dispositivo propuesto.
7. **Análisis funcional:** Con base en la información recolectada en el punto anterior se realizó el procesamiento y análisis de información recolectada.
8. **Resultados.** A partir de los datos analizados se determinó que la propuesta cumple con el objetivo planteado en la investigación. Así como también puede integrar elementos adicionales que mejoren al primer prototipo propuesto.

## 2.2 Objetivo

Desarrollar e integrar un prototipo a un bastón blanco que permita el reconocimiento de colores, con el propósito de mejorar la movilidad de las personas con discapacidad visual.

## 2.3 Arquitectura del sistema

La arquitectura propuesta consta de tres niveles. El primer nivel se encarga de la recolección de información del entorno utilizando el sensor RGB TCS34725. Estos datos son enviados para su posterior procesamiento por el ESP32, con el objetivo de detectar variaciones en las líneas de color.

El segundo nivel realiza la comunicación del dispositivo físico (Nivel 1), con el software (Nivel 3). La conexión entre ambos niveles hace posible el procesamiento de información que permite el desplazamiento seguro y a su vez proporcionar información al usuario en tiempo real. De este modo si no se realiza la conexión correcta es posible que se presenten problemas de navegación.

La comunicación vía Bluetooth se utiliza en los niveles 1 y 3 para el envío y recepción de información de manera bidireccional como se muestra en la Figura 2.

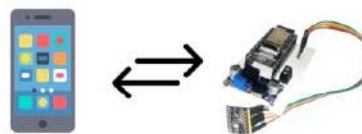


Figura 2. Ejemplo de comunicación entre el prototipo y el software.  
Fuente: propia

Finalmente, se encuentra el nivel de software, el cual abarca una serie de tareas fundamentales. Estas incluyen la conexión mediante Bluetooth con el dispositivo físico, el procesamiento de la información recibida por el microprocesador ESP32, y la ejecución del algoritmo de navegación. Este algoritmo permite seleccionar las rutas a seguir para el desplazamiento entre dos puntos, desde una ubicación inicial hacia un destino final. Además, este nivel de software facilita la interacción con el usuario en tiempo real durante la navegación, proporcionándole información precisa que contribuye a su desplazamiento de manera correcta y eficiente. La

Figura 3 muestra la relación entre los tres niveles antes mencionados.

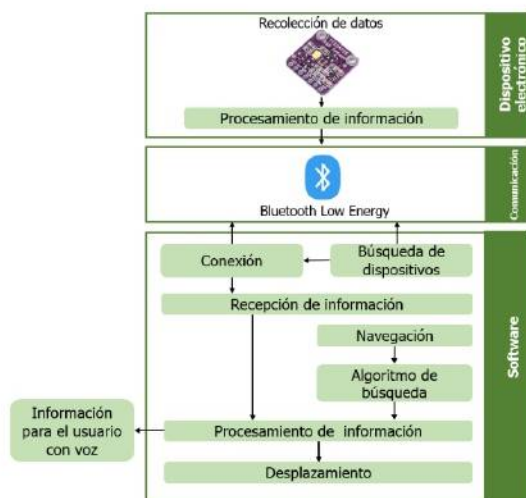


Figura 3. Arquitectura propuesta para la navegación.  
Fuente: propia.

## 2.4 Selección de tecnologías

Se realizó el análisis de tecnologías disponibles para determinar aquellas que mejor se adaptaran a las necesidades del dispositivo planteado. Para lo cual se obtuvieron tablas comparativas.

En lo que respecta al reconocimiento de color, se compararon una serie de sensores disponibles dentro del mercado, tal y como lo muestra la Tabla 1, en donde se observan algunos de los sensores RGB más utilizados para la detección de colores.

Tabla 1. Comparativa de sensores RGB

| Sensor   | Matriz de fotodiodos                             | Fuente de alimentación | LED |
|----------|--------------------------------------------------|------------------------|-----|
| TCS3200  | 8x8: 16 filtro rojo, verde, azul y 16 sin filtro | 2.7 a 5.5 V            | Si  |
| TCS3210  | 4x6: 6 filtro rojo, verde, azul y 6 sin filtro.  | 2.7 a 5.5 V            | Si  |
| TCS34725 | 3x4: 3 filtro rojo, azul, verde y 3 sin filtro   | 2.7 a 3.8 V            | Si  |
| TCS3471  | 4x4: 4 filtro rojo, verde, azul y 4 sin filtro   | 2.7 a 3.3 V            | Si  |

Fuente: propia

También se obtuvo una comparación de microcontroladores para el dispositivo electrónico a diseñar, las cuales se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Comparativa de controladores.

| Controlador | IDE         | Microcontrolador /Microprocesador      | Bluetooth - Wifi |
|-------------|-------------|----------------------------------------|------------------|
| Arduino UNO | IDE Arduino | ATmega328P                             | Con módulo       |
| ESP32       | IDE Arduino | Xtensa Dual-core 32bits LX6 600 DMIPS. | Integrado        |

Fuente: propia

### 2.4.1 Controlador ESP32

Se seleccionó el microprocesador ESP32 como la opción preferida para el procesamiento de información, debido a sus ventajas en términos de potencia, procesamiento y capacidad de comunicación a través de Bluetooth y WiFi. Cuenta con un procesador de uno o dos núcleos y protocolos de comunicación como lo son I2C, SPI, Ethernet, UART, Host SD (Espressif Systems, 2022).

### 2.4.2 Sensor RGB TCS34725

Sensor RGB con matriz de fotodiodos 3x4. Tiene una alta precisión en la lectura de color y es ideal para ambientes de luz variable, ya que cuenta con un filtro de bloqueo para luz infrarroja.

Su comunicación se lleva a cabo por medio del I2C de dos hilos, con una velocidad de hasta 400kHz (Texas Advanced Optoelectronic Solutions [TAOS], 2012).

### 2.4.3 React Native

Framework comúnmente utilizado para el desarrollo de aplicaciones móviles de alto rendimiento. Hace uso de librerías en el lenguaje JavaScript, lo que da como resultado ventajas de diseño que permiten un mejor desarrollo de aplicaciones (React Native, 2022).

Una de sus principales características es que permite del desarrollo de software en sistemas operativos Android, iOS y Web a partir de un mismo código, lo que proporciona una gran ventaja cuando se desea trabajar con diferentes sistemas.

### 2.4.4 TypeScript

Lenguaje de programación orientado a objetos de código abierto, con altas similitudes con JavaScript y Java.

Cuenta con una alta compatibilidad con JavaScript de modo que es posible hacer uso de librerías de esta, para ser aplicadas en

TypeScript. Este lenguaje cuenta con algunas características a destacar, como lo son su fácil estructura e implementación de herramientas, así como un mejor entendimiento de código en comparación a muchos otros (Valverde & Hernández-Mora, 2019).

## 2.5 Comunicación

Se empleó la tecnología Bluetooth Low Energy (BLE) para establecer la comunicación entre el dispositivo de reconocimiento de colores y el software desarrollado.

La información recolectada es procesada por el microprocesador y enviada a la aplicación móvil, mediante una comunicación continua. Esto permite notificar al usuario acerca de posibles peligros como lo son rampas y escaleras.

La conexión entre ambos niveles posibilita que la aplicación obtenga información en tiempo real proporcionada por el sensor. Lo que hace posible realizar una comparación entre los datos leídos y los mensajes previamente asignados dentro del software, basándose en los colores detectados.

## 2.6 Software

La propuesta comprende el desarrollo de una aplicación móvil que consta de una pantalla de inicio encargada de establecer la conexión Bluetooth con el dispositivo integrado en el bastón, para iniciar la recepción de información. Este software incluye un botón de búsqueda y conexión.

Con el fin de evitar enlaces con otros dispositivos se realiza una búsqueda específica, que permite reconocer y conectarse con aquel que tenga el nombre buscado por el dispositivo móvil (Figura 4).



Figura 4. Ejemplo de conexión Bluetooth del sistema.  
Fuente: propia

Para el funcionamiento de navegación, se propuso una pantalla encargada de la selección

de rutas preestablecidas dentro del sistema, en donde se especifica el lugar en el cual se encuentra el usuario y la ubicación final a la cual se quiere desplazar para realizar la obtención de colores en la ruta establecida.

## 2.7 Configuración

Otra parte importante dentro del proyecto fue la configuración del sistema, programada dentro de la aplicación móvil; para la cual se asignaron colores específicos a los cuales se les dio un único significado, tal y como lo es el color rojo, el cual se usa como señal de advertencia y es colocado dos metros antes de posibles peligros como lo son escaleras y rampas o el color verde para el señalamiento de baños. Ambos colores no pueden ser utilizados para otra asignación, de modo que son configurados dentro del software de manera inicial. Es posible utilizar colores como: azul, amarillo, anaranjado, morado, entre otros para el seguimiento de rutas.

Con base en esto, el usuario puede desplazarse de manera segura dentro de las instituciones y lugares con los que se encuentra poco familiarizado.

## 3 Resultados

### 3.1 Prototipo

El prototipo propuesto se conforma de dos partes importantes, en parte superior se encuentra el circuito electrónico encargado del procesamiento de datos proporcionada por el sensor, así como de la comunicación vía Bluetooth.

La parte inferior del prototipo cuenta con el sensor utilizado para detectar las variaciones de color, con el fin de recolectar toda la información posible del entorno y enviarla al ESP32 para su análisis. La figura 5 muestra el prototipo final.

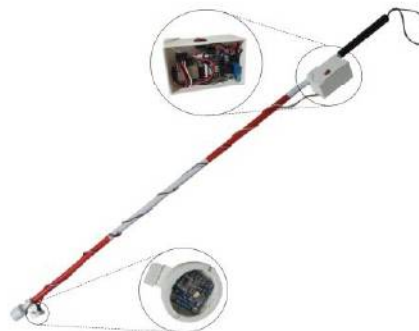


Figura 5. Propuesta de prototipo integrado a bastón.  
Fuente: Propia.

El sensor TCS34725 realiza la lectura de color del suelo cada dos segundos, con el fin de poder detectar color en tiempo real.

### 3.2 Aplicación móvil

La aplicación móvil desarrollada cuenta con tres pantallas las cuales se encargan de realizar la conexión, brindar información al usuario acerca del entorno y dar seguimiento al desplazamiento mediante el reconocimiento de color.

La Figura 6 muestra la pantalla de inicio de la aplicación móvil desarrollada, la cual se encarga de la conexión entre el software y el dispositivo físico vía bluetooth. Para esto, se requiere de tocar el botón “Conectar” que cubre la pantalla casi por completo.

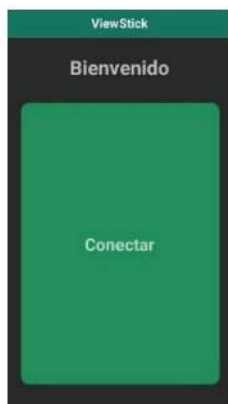


Figura 6. Pantalla inicio del software desarrollado.  
Fuente: propia.

La figura 7 presenta la pantalla principal de la aplicación una vez establecida la conexión. Esta pantalla tiene la función de mostrar el color recibido y proporcionar información al usuario sobre el entorno. Ejemplo de ello es el reconocimiento del color rojo, el cual activa la advertencia por voz “Cuidado, Escaleras a menos de dos metros”. Este tipo de alarma se encuentra activada durante todo el enlace y aun con la aplicación en segundo plano, para brindar mayor seguridad.



Figura 7. Pantalla de inicio del software desarrollado.  
Fuente: Propia.

Por último, se muestra la pantalla de navegación en la que se selecciona el destino al

que se desea desplazar, obteniendo su color asignado. Con ellos se activan las notificaciones que permitan reconocer la dirección a tomar con base a la ruta seleccionada y el color en el suelo.

La Figura 8 nos muestra la pantalla de navegación, en donde se encuentran varias opciones en forma de lista que son dadas a conocer al usuario por voz. Estas pueden ser elegidas de forma táctil o mediante el reconocimiento de voz.

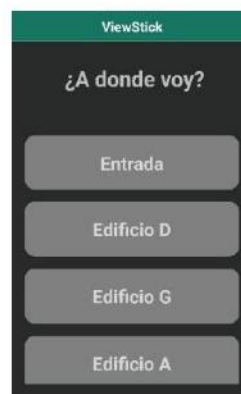


Figura 8. Pantalla de navegación del software propuesto.  
Fuente: propia.

### 3.3 Reconocimiento de color

La detección de color se llevó a cabo con ayuda del sensor TCS34725.

El primer paso fue la programación del dispositivo ESP32 el cual se encarga de procesamiento de la información recibida por el sensor RGB. Una vez realizado esto se procedió con la calibración de color, en donde se determinaron rangos específicos para cada uno de los colores a leer.

Es importante mencionar que la calibración fue realizada varias veces y con diferentes iluminaciones para obtener los valores más precisos posibles.

Una vez determinados, se realizaron algunas pruebas de color, tal y como se muestran en la Figura 9, donde se puede observar el reconocimiento de algunos colores configurados dentro del software, para el desplazamiento.

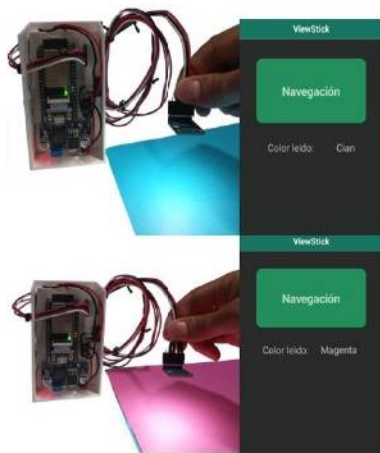


Figura 9. Pruebas de reconocimiento de color.  
Fuente: propia.

### 3.4 Pruebas

Después de realizar las pruebas y calibraciones necesarias, se validó el funcionamiento del sistema con ayuda de un bastón, al cual se le incorporó el sensor TCS34725 y el circuito PCB, encargados del procesamiento de información recolectada; así como una batería recargable 18650 para la alimentación del sistema.

Hecho esto se realizaron pruebas de reconocimiento de color, en donde se coloraron diversas líneas, como se observa en la Figura 10; para comprobar si estas eran reconocidas de manera correcta.



Figura 10. Prueba de reconocimiento de color utilizando bastón. Fuente: propia

La Figura 11 muestra el proceso de reconocimiento de color, así como la información recibida por la aplicación móvil. El LED integrado al sensor permaneció apagado, considerando que se contaba la luz necesaria para llevar a cabo de correcta detección de color.

No obstante, este puede ser desactivado en función de las necesidades y la cantidad de luz exterior disponible, para obtener mejores resultados.

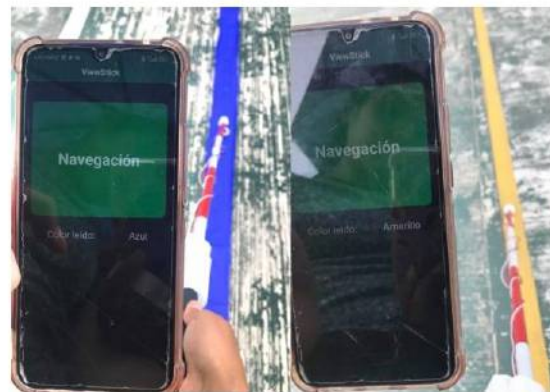


Figura 11. Comparación entre el color leído y el mostrado por la aplicación.

Aunado a esto, se realizó el análisis de navegación, determinando colores específicos, tales como el color azul asignado a edificios y el amarillo a entradas principales.

La figura 13 ilustra la selección del destino hacia el edificio G, identificado con el color azul. Posteriormente, el color seleccionado se integra a la pantalla principal como color objetivo a seguir. Esta función permite enviar notificaciones al usuario cuando dicha línea sea detectada por el bastón blanco.



Figura 12. Prueba de navegación del software.  
Fuente: propia.

La lista de posibles opciones de navegación fue previamente agregada como prueba para comprobar que el color proporcionado por el software correspondiera a la opción seleccionada.

La Figura 13, muestra el funcionamiento de advertencia de peligro y la respuesta que se tienen al encontrarse con ellas.



Figura 13. Prueba de advertencias y navegación, con ayuda de la aplicación software.  
Fuente: propia.

La información mostrada en la pantalla principal, es utilizada para comprobar que el funcionamiento de la aplicación se realiza de manera correcta. Sin embargo para ser utilizada por el usuario se tomó la decisión de implementar alertas por voz que indiquen el camino a seguir sin la necesidad de proporcionar el color detectado por el bastón o el buscado para la navegación.

### 3.5 Aplicaciones

Entre las posibles aplicaciones se encuentra la implementación de sistemas de navegación en espacios cerrados, poco conocidos o complejos como lo son instituciones públicas o privadas y centros comerciales, con el uso de podotactiles de colores, que permitan el desplazamiento a puntos específicos. Así como también dentro de instalaciones y áreas públicas previamente adecuadas al proyecto. Lo que permite una mayor independencia y seguridad a los usuarios.

Otra alternativa es el uso del dispositivo para la ubicación de pasillos específicos y rutas de evacuación en supermercados.

Por otro lado esta también puede ser aplicada para el enrutamiento de sistemas de asistencia a la movilidad de personas dentro de edificios e instalaciones, con el uso de sillas de ruedas, andaderas y como lo menciona el artículo bastones blancos.

En espacios abiertos como lo son las calles y parques puede ser aplicada para la notificación

de posibles peligros como desniveles, escaleras, señales de cruce, entre otros posibles peligros.

## 4 Conclusiones

Con base en las pruebas realizadas se puede comprobar la viabilidad del sistema para el desplazamiento utilizando reconocimiento de color con sensores RGB, ya que, con la calibración necesaria, resulta posible hacer uso de estos durante la navegación de personas ciegas en lugares complicados o poco comunes para ellos, tales como lo son las escuelas e instituciones.

Con las pruebas realizadas se pudieron observar cambios necesarios a ser aplicados en prototipos futuros, así como posibles usos en los cuales la implementación de estos sistemas podría contribuir de gran manera.

Otro punto importante es que el proyecto no requiere de costos elevados ni de instalaciones complejas para su puesta en funcionamiento, gracias a que las rutas establecidas a través de colores pueden guiar a la persona a un destino sin tener la necesidad de podotactiles.

El desarrollo de este proyecto fomenta la inclusión a personas con discapacidad visual integrándolas a la sociedad y garantizando una mejor calidad de vida sin depender de acompañantes.

## 5 Trabajo a futuro

El proyecto presenta diversas áreas de oportunidad que pueden ser implementadas para su mejora. Una de ellas es la optimización del uso del Bluetooth, el cual solo proporciona información cuando se encuentra la ruta a seguir y notifica al usuario si ya no se detectan colores. Por lo tanto, se plantea agregar un mapeo mediante nodos y utilizar algoritmos de búsqueda basados en grafos que permitan encontrar la ruta más corta entre dos puntos, evitando que el usuario camine de más o se pierda al buscar un lugar específico.

Además, se requiere diseñar adaptaciones en el accesorio del bastón para que sea compatible con los bastones blancos utilizados por los usuarios ciegos.

Por último, se trabajará en la publicación de la aplicación en las tiendas virtuales (Play Store y App Store) para que los usuarios puedan acceder a ella de forma gratuita.

## Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo que me ha brindado en el desarrollo del proyecto y a las personas que han intervenido.

## Referencias

- Bouteraa, Y. (2021). Design and development of a wearable assistive device integrating a fuzzy decision support system for blind and visually impaired people. *Micromachines*, 12(9). <https://doi.org/10.3390/mi12091082>
- Espressif Systems. (2022). *ESP32 Series Datasheet* [Archivo PDF]. Recuperado el 05 de enero de 2023 de: [https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32\\_datasheet\\_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf)
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (03 de diciembre 2021). Estadísticas a propósito del día internacional de las personas con discapacidad (datos nacionales) [Archivo PDF]. *Comunicado de Prensa Núm. 713/21*. [https://www.inegi.org.mx/contenidos/sala-deprensa/aproposito/2021/EAP\\_PersDisca p21.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/sala-deprensa/aproposito/2021/EAP_PersDisca p21.pdf)
- Messaoudi, M. D., Menelas, B.-A. J., & Mcheick, H. (2020). Autonomous Smart White Cane Navigation System for Indoor Usage. *Technologies 2020, Vol. 8, Page 37,8(3)*. <https://doi.org/10.3390/TECHNOLOGIES 8030037>
- Mocanu, A., Sita, V., Avram, C., Radu, D., & Astilean, A. (2020). Assistive Navigation Application for Blind People using a White Cane Embedded System. *2020 22nd IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics-THETA, AQTR 2020- Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/AQTR49680.2020.9129942>
- Fundación ONCE. (s.f.). *Características de la discapacidad visual y ceguera*. <https://www.once.es/dejanos-ayudarte/la-discapacidad-visual>
- Organización Mundial de la Salud. (13 de octubre 2022). *Ceguera y discapacidad visual*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>
- React Native. (s.f.). *React Native*. Obtenido de: <https://reactnative.dev/>
- Shaikh, F., Meghani, M. A., Kuvar, V., & Pappu, S. (2018). Wearable Navigation and Assistive System for Visually Impaired. *Proceedings of the 2nd International Conference on Trends in Electronics and Informatics, ICOEI 2018*, 747–751. <https://doi.org/10.1109/ICOEI.2018.8553690>
- Sumathy, B., Pavithran, K. M., Nizam, N., & Surya, V. A. (2021). Smart Guidance System for Blind with Wireless Voice Playback. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1012(1), 012045. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1012/1/012045>
- Texas Advanced Optoelectronic Solutions. (2012). *TCS3472 color light-to-digital converter with IR filter* [Archivo PDF]. Recuperado el 10 de noviembre de 2022 de: <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/TCS34725.pdf>
- Valverde, R. E., & Hernández-Mora, de F. P. (2019). *Introducción a TypeScript* (pp. 4-5). <https://khru.gitbooks.io/typescript/content/>
- Yahaya, S. A., Jilantikiri, L. J., Oyinloye, G. S., Zaccheus, E. J., Ajiboye, J. O., & Akande, K. A. (2019). *Development of obstacle and pit detecting ultrasonic walking stick for the blind*. <https://uilspace.unilorin.edu.ng/handle/20.500.12484/3719>