

# Dispositivo de Navegación Portable para Personas No Videntes

## *Portable Navigation Device for Blind People*

Daniel Vera Yáñez

Departamento de Ciencias de la Computación, Universidad  
de las Fuerzas Armadas ESPE, Av. General Rumiñahui S/N,  
Sangolquí, Ecuador  
Computer Science and Communications Research Centre,  
Polytechnic Institute of Leiria, Leiria, Portugal  
2152215@my.ipleiria.pt

Diego Marcillo

Grupo de Investigación en Modelos de Producción de  
Software, Departamento de Ciencias de la Computación,  
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Av. General  
Rumiñahui S/N, Sangolquí, Ecuador  
dmmarcillo@espe.edu.ec

António Pereira

Computer Science and Communications Research Centre,  
Polytechnic Institute of Leiria  
Leiria, Portugal  
apereira@ipleiria.pt

**Resumen** — La visión es uno de los más importantes sentidos que ayuda a las personas a navegar en nuestro mundo. Comúnmente las personas no videntes desarrollan sus otros sentidos para poder sentir sus alrededores, pero en ciertos casos esto no es suficiente. Los sentidos pueden ser perturbados por el ruido o enfermedades. Por esta razón se han desarrollado muchos artefactos para ayudar a este grupo de personas. Artefactos como bastones blancos o perros guía ayudan a las personas no videntes a moverse en su entorno. Este artículo propone el uso de un sistema que detecta y reconoce obstáculos cercanos, dando una retroalimentación audible al usuario, evitando una colisión. Es un sistema inalámbrico para que sea cómodo para el usuario. El sistema ayuda a las personas con discapacidad visual a moverse en escenarios interiores o exteriores. Los objetivos del sistema es detectar los obstáculos que los bastones blancos o los perros guía no pueden, ampliando su rango de detección.

**Palabras Clave** – Internet de las cosas; Tecnología móvil; no videntes; ultrasonido; red inalámbrica.

**Abstract** — Vision is one of the most important senses that helps people interact with the real world. Commonly visually impaired develop their other senses to feel their surroundings, but in certain cases, this is not enough. The senses can be disturbed by noise or illness. For this reason, many artifacts have been developed to help this group of people. Artifacts such as white canes or guide dogs help sightless to move around in their surroundings. This article proposes the use of a system that detects and recognizes nearby obstacles, giving an audible warning in order to avoid a collision. The prototype is wireless with the purpose to be comfortable for the user. The system helps sightless to move around in indoor or outdoor environments. The objectives of the system are to detect obstacles that white canes or guide dogs cannot, expanding their range of detection.

**Keywords** – Internet of things; Mobile technology; blind; ultrasound; wireless network.

### I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial existen 39 millones de personas que son legalmente ciegas y 246 millones que tienen visión reducida, siendo un total de 285 millones de personas con discapacidad visual. Más de la mitad de este grupo tienen más 50 años y viven en condiciones de pobreza [1].

La discapacidad visual tiene un muy alto impacto en la calidad de vida de los individuos, incluyendo en las habilidades para trabajar y para desarrollar relaciones personales. La pérdida de visión causa que el individuo pierda la percepción espacial aproximadamente en un 90%. Casi la mitad de las personas con discapacidad visual se sienten moderadamente o completamente apartadas de las personas y cosas que los rodean [2].

El ciego promedio es muy dependiente de otras personas o de la tecnología para poder desplazarse en ambientes desconocidos. Al estar en un lugar con el que no están familiarizados corren un gran riesgo de salir heridos. Usualmente dependen en herramientas como el bastón blanco o los perros guía. Cada una de estas herramientas tienen sus propias limitaciones. El bastón blanco tiene un rango máximo de 1.5 metros y no sirve para detectar obstáculos sobre el nivel de la cadera. En el caso de los perros guías, se requiere de un largo tiempo para entrenar a los perros y también hay un tiempo para que la persona se familiarice. En la mayoría de los casos los perros guía son costosos y para una persona ciega su cuidado apropiado es difícil.

La meta principal de la tecnología es ayudar a las personas a mejorar su calidad de vida. Sin importar su clase social o en país

en el que viven. Soluciones tecnológicas deben estar al alcance de todos. Dispositivos basados en el Internet de las Cosas (IoT) han sido desarrollados para ayudar a las personas que tienen diferentes tipos de discapacidad. IoT está basado en una red de dispositivos que tienen la capacidad de comunicarse entre ellos, con el fin de entender su entorno y actuar cuando hay algún cambio en el mismo.

Este artículo presenta un dispositivo de navegación para personas con discapacidad visual basado en el Internet de las Cosas. Este dispositivo cuenta con ultrasonidos que se adhieren a diferentes partes del cuerpo del usuario para detectar obstáculos cuando el sujeto este en movimiento. Cuando se detecta que va a ocurrir una colisión con un obstáculo, el sistema toma una foto del obstáculo. Esta imagen es enviada a un servicio de reconocimiento de objetos en la nube. Con la respuesta del servicio de reconocimiento se da una alerta auditiva al usuario. Esta alerta contiene la descripción del obstáculo y la distancia y altura a la que se encuentra. La diferencia con soluciones similares es que nuestro dispositivo identifica los obstáculos.

Muchas soluciones similares se han realizado y alguna de ellas serán presentadas en el capítulo 2. Las siguientes secciones de este artículo están estructuradas de la siguiente manera: En el capítulo 3 se presentarán las tecnologías usadas para realizar el prototipo. La sección 4 describe la implementación del prototipo. Las pruebas y sus resultados son presentados en el capítulo 5. Finalmente, la sección 6 contiene las conclusiones y el trabajo futuro.

## II. TRABAJO RELACIONADO

Equipos alrededor del mundo han desarrollado diferentes sistemas con el propósito de ayudar a las personas no videntes con su rutina diaria. Uno de estos sistemas se llama Smart Vision. Este proyecto está formado por un ARM7 LPC2148 microcontrolador, una cámara, un computador, un GPS y un parlante. El sistema utilizando visión artificial detectan obstáculos que son alertados al usuario mediante alertas auditivas [3]. El GPS se utiliza para la navegación en exteriores. Se almacena coordenadas de varios lugares en el microcontrolador y cuando el usuario llega al lugar deseado será alertado por medio del parlante [3]. Smart Vision mostró que puede detectar obstáculos ayudando a los no videntes a trasladarse sin ayuda de otra persona [3].

En el artículo [4] los autores realizaron un estudio en el cual la meta era diseñar especificaciones para un robot guía para personas con discapacidad visual en interiores. Para lograr esta meta realizaron un diseño participativo. El cual consiste en que los futuros usuarios participen en el diseño. El equipo de trabajo estuvo formado por: tres diseñadores con conocimientos en tecnología, dos de los cual tenían discapacidad visual y cinco no diseñadores con diferentes grados de discapacidad visual. Se realizaron tres secciones, en las cuales se discutía la interacción del robot con el usuario desde el inicio hasta el fin [4]. Como resultado el quipo determinó que el robot sería muy útil en oficinas, centros comerciales, aeropuertos y centros de conferencias. La técnica que debe usar el robot para guiar a las personas es la cual el robot esta un paso más adelante que la persona ciega. La persona ciega toca al robot en su hombro. El robot debe dar

alertas auditivas en los siguientes casos: giros a la izquierda o derecha, obstáculos conocidos, escaleras, rampas y al estar dentro de un elevador [4]. Para las personas que tienen visión reducida es suficiente que el robot camine frente a ellos. Y para las personas que están un poco familiarizadas con el lugar, solo requerirían de indicaciones de cómo llegar a su destino dadas por un robot recepcionista [4]. Como conclusión por parte de los autores es que los diferentes servicios que ofrecería el robot deben poder ajustarse a la necesidad individual de las personas con discapacidad visual. Las personas ciegas valoran mucho su independencia sobre todo cuando están desplazándose. En el futuro los autores van a poner en práctica su estudio realizando un prototipo real [4].

Un estudio para que personas ciegas sigan un camino en interiores usando la cámara de un celular inteligente se presenta en [5]. Ocho voluntarios con discapacidad visual participaron en este estudio. En el cual se realizó tres diferentes pruebas para encontrar unos marcadores con la cámara del smartphone [5]. Se usaron marcadores de fácil detección que no requerían de un gran procesamiento computacional [5]. Como conclusiones de este estudio los autores remarcen tres aspectos. El limitado campo de visión de la cámara del smartphone causó que la exploración sea más activa, lo que es difícil para algunas personas. Algunos de los participantes encontraron incomodo llevar el celular en su mano por lo que los autores recomiendan explorar la opción de cámaras que se puedan adherir al cuerpo [5]. Finalmente se encontró que a pesar de usar marcadores de fácil detección encontrarlos puede tomar bastante tiempo en ciertos ambientes. Esto quiere decir que el escenario y la localización de los marcadores es muy importante [5].

En [6] los autores exploran diferentes formas de hacer que los mapas visuales puedan ser usados por las personas no videntes. Dan como ejemplo de estudio una página web para reservar hoteles. En la cual se ingresa las fechas de estadía y la ciudad que se desea y la página muestra en un mapa los hoteles que existen en el lugar [6]. Para hacer esta página accesible los autores recomiendan pequeñas modificaciones a funciones ya existentes. Por ejemplo, cuando el mouse pasa por un hotel se muestra el nombre e información. Se puede agregar audio con la misma información. Agregando compatibilidad con las pantallas táctiles la página web puede ser fácilmente accesible [6]. Los autores afirman que su estudio puede ser el punto de partida para crear nuevas tecnologías para los ciegos [6].

Existen muchos sistemas relacionados con el prototipo presentado en este artículo. Creemos que la solución propuesta de navegación para ciegos es mejor que el resto, ya que utiliza un software de reconocimiento de imagen que ayudará a los discapacitados visuales a comprender su entorno. También queremos construir una base de datos que almacene la ubicación de los obstáculos y la haga disponible para el resto de los usuarios de nuestro sistema.

## III. TECNOLOGÍAS UTILIZADAS

El objetivo del presente proyecto es crear un sistema que pueda ser accesible para cualquier persona. Las piezas electrónicas utilizadas en el prototipo se pueden obtener fácilmente siendo disponibles en todo el mundo. El sistema está formado por dos partes. Los sensores periféricos buscan obstáculos en tiempo real. El sistema puede utilizar el número

de sensores periféricos según sea necesario. El centro computacional del sistema se llama central. La central recoge la información enviada de forma inalámbrica por los sensores periféricos y realiza todo el reconocimiento del obstáculo. En esta sección se enumeran todas las partes y tecnologías electrónicas utilizadas en el prototipo.

#### A. Sensor Periférico

La función principal del sensor periférico es encontrar obstáculos cercanos y alertar al dispositivo central. El sensor está formado por un detector de ultrasonidos y un microcontrolador Wi-Fi. Cada sensor externo tiene una batería de 500 mA LiPo (polímero de litio). Usando el sensor, diez horas por día la batería puede durar una semana. En la Fig. 1 se ilustra un prototipo de este sensor.



Figura 1. Prototipo del sensor periférico.

##### 1) Sensor Ultrasonico

Con el fin de detectar obstáculos un sensor ultrasónico es utilizado. El transmisor de ultrasonido emite una onda ultrasónica de 40KHz que viaja a través del aire e inmediatamente regresa si un obstáculo está en el rango de 2cm-400cm [7]. Este efecto se ilustra en la Fig. 2. El sistema de ultrasonidos calcula la distancia entre el sensor y el obstáculo y envía los datos al microcontrolador. El sensor funciona con una corriente de 15mA, y el coste de adquisición es muy bajo [7].

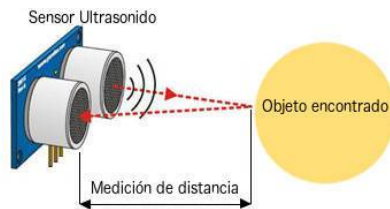


Figura 2. Funcionamiento del ultrasonido.

##### 2) Microcontrolador Wi-Fi

Para enviar la información de forma inalámbrica si un obstáculo es detectado por la central se utilizó un microcontrolador con un módulo Wi-Fi. Este microcontrolador utiliza un procesador ESP8266 de 80 MHz con un front-end Wi-Fi que soporta TCP/IP y DNS [8]. El microcontrolador tiene una salida de 3.3V y un regulador de 500mA [8].

El sensor de ultrasonido envía continuamente datos al microcontrolador. El microcontrolador sólo avisa a la central

cuando la distancia del obstáculo es menor que el rango de distancia configurado en el microcontrolador. La distancia de aviso varía dependiendo de qué parte del cuerpo se coloca el sensor periférico. La razón de esta configuración es porque queremos limitar el consumo de energía tanto como sea posible.

#### B. Dispositivo Central

El dispositivo central es el corazón de la solución. Recibe la información de los dispositivos periféricos de forma inalámbrica. Cuando se encuentra con un obstáculo, toma una imagen del objeto. Si el dispositivo central tiene acceso a internet, envía la imagen a un servicio web de reconocimiento de objetos. Los resultados y la distancia del obstáculo se transmiten a través del altavoz a la persona ciega. Las piezas electrónicas que forman el dispositivo central son un microcomputador, un módulo de cámara y un altavoz. Este dispositivo tiene una batería portátil de 2500 mA. Con una sola carga, la batería puede durar dos días de funcionamiento durante diez horas por día. El prototipo del dispositivo central se ilustra en la Fig. 3.



Figura 3. Prototipo del dispositivo central.

##### 1) Módulo de Cámara

El dispositivo central tiene un módulo de cámara para tomar una imagen del obstáculo cuando es detectado por un dispositivo periférico. Esta cámara tiene un sensor Sony IMX219 de 8 megapíxeles. La cámara puede tomar videos o fotos de alta definición. Su soporta 1080p30, 720p60 y VGA90 modos de video [9].

La imagen tomada por la cámara se envía al servicio de reconocimiento de imágenes en la nube. Las fotos de mala calidad pueden afectar el reconocimiento por esta razón se necesita una cámara de buena calidad.

##### 2) Microcomputador

El dispositivo central necesita una computadora para procesar los mensajes desde los dispositivos periféricos y para comunicarse con el servicio de reconocimiento de imágenes en la nube. El dispositivo central debe ser portátil y rápido como

sea posible. Decidimos usar un microcomputador del tamaño de una tarjeta de crédito llamada Raspberry Pi 3. Esta computadora portátil tiene una CPU ARMv8 de cuatro núcleos de 64 bits y 1.2GHz, LAN inalámbrica 802.11n, BLE y 1GB RAM [15]. Raspberry Pi se puede utilizar con una variedad de sistemas operativos. Para el prototipo escogimos Raspbian OS.

Raspbian OS es el sistema operativo más utilizado para Raspberry Pi y tiene una gran comunidad en todo el mundo. Este es un sistema operativo libre basado en Debian que está optimizado para el hardware de Raspberry Pi.

### 3) Message Queue Telemetry Transport

Para implementar la comunicación entre los dispositivos periféricos y el dispositivo central se necesitaba un protocolo de bajo consumo. Message Queue Telemetry Transport (MQTT) es un protocolo de capa de aplicación diseñado para dispositivos con recursos limitados [11]. Este protocolo depende del Protocolo de Control de Transmisión (TCP) y de la IP. MQTT utiliza una arquitectura de estrella donde hay un nodo central o bróker y clientes o suscriptores [16]. Esto significa que un cliente puede enviar mensajes a un tema individual y todos los clientes suscritos al mismo tema recibirán los mensajes. El bróker es el que gestiona la comunicación. En nuestro prototipo, el dispositivo central es el intermediario y también un cliente. Los dispositivos periféricos publican sobre el tema que el dispositivo central está suscrito para comunicarse.

Calidad de Servicio (QoS) se implementa en MQTT en tres niveles [11]. Nivel 0 significa que el mensaje se entrega una vez y no se requiere confirmación. El nivel 1 es una confirmación de que se requiere la recepción del mensaje. Finalmente, el nivel 2 implementa un apretón de manos de cuatro vías para la entrega del mensaje [11].

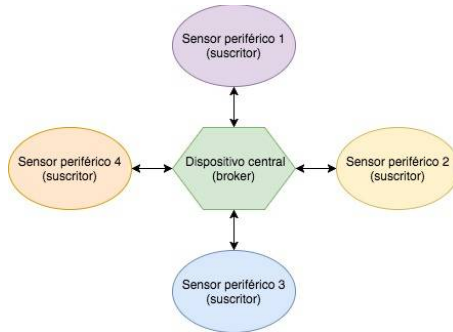


Figura 4. MQTT arquitectura.

### 4) Servicio en la Nube de Reconocimiento de Objetos

Con nuestro prototipo, tratamos de dar tanta información como sea posible sobre los obstáculos para los usuarios. Elegimos utilizar una advertencia audible basada en los resultados dados por un servicio de reconocimiento de imágenes en la nube. El dispositivo central envía la fotografía del obstáculo al servicio mediante el protocolo HTTPS (Hypertext Transfer Protocol Secure). El servidor responde una lista en formato JSON (JavaScript Object Notation) de las cosas posibles que el obstáculo puede ser. El dispositivo central

analiza la información y escoge las cinco opciones más probables y transmite al usuario una advertencia audible.

Hemos probado muchos servicios de reconocimiento de imágenes, y decidimos utilizar un servicio web ofrecido por la empresa Clarifai [12]. Clarifai proporciona un servicio web de reconocimiento de imágenes y muchas API para diferentes lenguajes de programación. Nuestro programa más importante que se ejecuta en el dispositivo central se ha hecho con Python. Clarifai ofrece una fácil de usar Python API para acceder a sus servicios [12].

## IV. IMPLEMENTACIÓN

El sistema es una solución para personas con discapacidad visual que alertas sobre obstáculos cuando está navegando en interiores o exteriores. El sistema funciona de la siguiente manera: el prototipo se compone de dos elementos. Uno es el sensor periférico que tiene un ultrasonido y un módulo Wi-Fi. Se puede utilizar muchos sensores periféricos según sea necesario. Sugerimos cuatro sensores periféricos: uno para la frente, uno en el pecho y dos en cada pierna. El segundo es el dispositivo central que se compone de un microcomputador, un módulo de cámara y un altavoz. Sólo necesita un dispositivo central que se debe colocar en el pecho. La comunicación entre los periféricos y el dispositivo central es a través de Wi-Fi utilizando el protocolo MQTT. Esta distribución forma una topología en estrella. Cuando se detecta un obstáculo, el sensor periférico avisa al dispositivo central. A continuación, el dispositivo central toma una fotografía del obstáculo utilizando el módulo de cámara. La imagen se carga en el servicio de reconocimiento de imágenes en la nube. Cuando el servidor responde, el resultado se transforma en una advertencia audible.

El flujo de información del sistema funciona de la siguiente manera. Se inicia en el sensor periférico. El microcontrolador Wi-Fi analiza la información del sensor de ultrasonidos para saber si se ha encontrado un obstáculo. Si aparece un obstáculo, el sensor periférico envía una advertencia al dispositivo central. A continuación, el dispositivo central toma una foto. Si hay acceso a Internet, el dispositivo lo subirá al servicio de reconocimiento de imágenes en la nube. Después de eso, el dispositivo central espera la respuesta del servidor. Cuando el servicio de la nube envía el resultado, el dispositivo central analiza la información. Los datos resultantes se transforman en un archivo de audio, que se transmite al altavoz. La Fig. 5 ilustra el flujo de información y la Fig. 6 el diseño del prototipo.

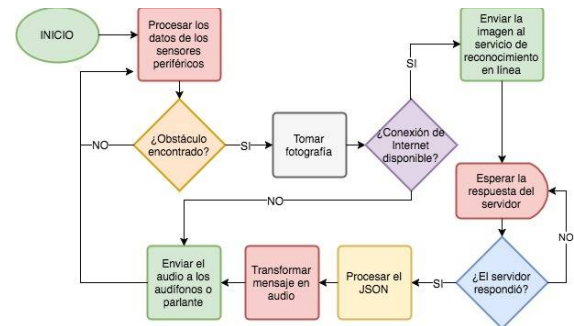


Figura 5. Flujo de información.



Figura 6. Diseño del prototipo.

## V. EVALUACIÓN

Para comprobar si la solución propuesta puede ayudar a los discapacitados visuales en su vida cotidiana, se realizaron pruebas. Probamos el prototipo con cinco personas ciegas de diferentes edades y sexo. Los participantes fueron informados sobre el objetivo de los experimentos e instruidos sobre cómo funciona el prototipo. Todos los voluntarios dieron su consentimiento con respecto a la publicación de fotos y otra información relacionada con la investigación. El proceso de introducción del sistema fue el siguiente: Primero, explicamos a los voluntarios cómo funciona el prototipo del sistema. Dejamos que los voluntarios toquen y exploren los sensores periféricos, el dispositivo central y las correas para que se acostumbren a las diferentes partes. Finalmente, les explicamos cómo usar el sistema y dejar que los voluntarios lo hagan por sí mismos. Se comprobó si el sistema puede ser puesto en marcha fácilmente por persona ciega por sí misma. Esta primera prueba fue un éxito. Con una pequeña explicación, los voluntarios pudieron colocar el prototipo en su cuerpo.

A continuación, se muestran imágenes de algunos voluntarios utilizando el prototipo. En la primera imagen el voluntario es el presidente de la fundación PROCODIS. Una organización con el objetivo de enseñar sobre discapacidades usando medios de comunicación estándar y también dar terapia a personas que perdieron la visión. En la fotografía siguiente se muestran a una estudiante de la Fundación Mariana de Jesús. Es una escuela para niños con discapacidad visual.



Figura 7. Voluntario de la fundación Procodis.



Figura 8. Voluntaria del Instituto Mariana de Jesús.

Realizamos pruebas en interiores y exteriores. Para estas pruebas, se usaron dos configuraciones diferentes del sistema: una estaba usando solamente dos sensores periféricos, uno en la cabeza y el otro en el pecho. La otra configuración estaba utilizando cuatro sensores, uno en la cabeza, uno en el pecho y dos en cada pierna. Ambas configuraciones utilizan el dispositivo central. La Fig. 9 nos muestra una de las pruebas realizadas en exteriores.



Figura 9. Voluntario utilizando el prototipo.



Con el fin de dar las advertencias audibles, el dispositivo central tiene una toma de auriculares estándar. En esta toma de auriculares, podemos conectar auriculares regulares o un mini altavoz. El uso de cada uno depende de la preferencia de la persona ciega que usa el sistema. En nuestra investigación, identificamos que a algunos discapacitados visuales no les gusta usar auriculares porque desarrollaron su sentido del oído y ven usando este sentido. Por otro lado, a otros les gusta usar auriculares, pero no de manera regular. A este grupo le gusta poner el auricular cerca de su oído. Con la utilización de un conector de auriculares regulares, aseguramos que el sistema puede ajustarse a las preferencias del usuario.

## VI. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Hemos desarrollado un sistema de navegación para ayudar a los ciegos a navegar en interiores y exteriores. Hemos probado el prototipo de guía ciega con personas con discapacidad visual y hemos tenido resultados satisfactorios. Utilizando este sistema, los usuarios pueden identificar y evitar obstáculos en escenarios de la vida real, lo cual es muy útil especialmente en situaciones desconocidas. Con los materiales empleados en este prototipo, podemos asegurar que se trata de una solución de bajo costo para personas con impedimentos visuales.

Una limitación importante de nuestro prototipo es que requiere acceso a Internet para el reconocimiento de objetos. Este problema se puede resolver utilizando un módulo 4G, 3G o GSM para el dispositivo central. Otra solución puede ser desarrollar un servidor de reconocimiento de imágenes que se ejecute en los dispositivos centrales y no requiera acceso a Internet.

Con nuestras pruebas que encontramos que nuestro sistema también puede ser utilizado en la rehabilitación de las personas que recientemente se convirtió perdieron la visión. En el futuro, queremos crear dos sistemas: uno para la rehabilitación y el otro para uso diario en interiores y exteriores.

Queremos también probar nuevas formas que el sistema puede dar retroalimentación a los usuarios. Este prototipo sólo proporciona avisos audibles a los usuarios. La retroalimentación por vibraciones puede ser más discreta y cómoda para algunos escenarios.

El prototipo necesita una mejora con respecto a la carga de los dispositivos. Debe ser cómodo para cualquier persona de cargarlos y saber que el sensor está cargado.

También queremos aumentar el número de cámaras que utiliza el sistema, con el fin de mejorar la detección de los obstáculos y el descubrimiento del entorno. La cámara toma buenas fotografías para el reconocimiento sólo con buenas condiciones de luz. Para el futuro, queremos probar diferentes cámaras para resolver el problema de la luz.

Nuestro prototipo actual no da una descripción del ambiente. Esta característica puede mejorar el proceso de mapeo cognitivo del medio ambiente, dando al usuario más confianza en la exploración de nuevas áreas. Creemos que una buena característica puede ser el reconocimiento facial, para ayudar a los usuarios a interactuar con los demás.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Instituto Politécnico de Leiria, a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE y al Instituto de Fomento al Talento Humano por hacer posible que este estudio haya sido posible. Igualmente, un agradecimiento a las Fundación Procodis y al Instituto Mariana de Jesús por abrir sus puertas para que podamos realizar las validaciones necesarias al prototipo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] World Health Organization. (n.d.). *WHO | 10 facts about blindness and visual impairment*. [online] Available at: [http://www.who.int/features/factfiles/blindness/blindness\\_facts/en/](http://www.who.int/features/factfiles/blindness/blindness_facts/en/) [Accessed 12 Feb. 2017].
- [2] Tobergte, D. R., & Curtis, S. (2013). Mobile Assistive Technologies for the Visually Impaired. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- [3] Koul, A., Bilal, S. M., Pandey, S., & Pandey, S. (2014). Smart vision system for blind. *International Journal Of Engineering And Computer Science*, 3(5), 5790–5795. Retrieved from [http://www.ijecs.in/issue/v3-i5/31\\_ijecs.pdf](http://www.ijecs.in/issue/v3-i5/31_ijecs.pdf)
- [4] Feng, C., & Tech, C. (2015). Designing a Robot Guide for Blind People in Indoor Environments. *Proceedings of the Tenth Annual ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction Extended Abstracts*, 107–108. <http://doi.org/10.1145/2701973.2702060>
- [5] Manduchi, R. (2012). Mobile vision as assistive technology for the blind: An experimental study. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 7383 LNCS(PART 2), 9–16. [http://doi.org/10.1007/978-3-642-31534-3\\_2](http://doi.org/10.1007/978-3-642-31534-3_2)
- [6] Buzzi, M. C., Buzzi, M., Leporini, B., & Martusciello, L. (2011). Making visual maps accessible to the blind. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 6766 LNCS(PART 2), 271–280. [http://doi.org/10.1007/978-3-642-21663-3\\_29](http://doi.org/10.1007/978-3-642-21663-3_29)
- [7] Ultrasonic Ranging Module HC - SR04. (2017). 1st ed. [ebook] ElecFreaks. Available at: <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Proximity/HCSR04.pdf> [Accessed 15 Feb. 2017].
- [8] Adafruit HUZZAH ESP8266 breakout. Adafruit. Jun. 2016. Retrieved from <https://cdn-learn.adafruit.com/downloads/pdf/adafruit-huzzah-esp8266-breakout.pdf>
- [9] Raspberry Pi. (2017). *Camera Module - Raspberry Pi*. [online] Available at: <https://www.raspberrypi.org/products/camera-module-v2/> [Accessed 15 Feb. 2017].
- [10] Raspberry Pi. (2017). *Raspberry Pi 3 Model B - Raspberry Pi*. [online] Available at: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/> [Accessed 15 Feb. 2017].
- [11] Stanford-Clark, A., & Truong, H. L. (2013). Mqtt for sensor networks (mqtt-sn) protocol specification. *International business machines (IBM) Corporation version*, 1.
- [12] Developer.clarifai.com. (2017). *Clarifai*. [online] Available at: <https://developer.clarifai.com/guide/> [Accessed 15 Feb. 2017].