

Capítulo 6 GUÍAME: Prototipo de herramienta para la asistencia en el desplazamiento de personas con discapacidad visual

Chapter 6 GUÍAME: Prototype tool for assistance in the displacement of people with visual disabilities

ALTAMIRANO-CABRERA, Marisol†*, MORALES-HERNÁNDEZ, Maricela, TORAL-ENRÍQUEZ, Fernando y ANTONIO-JIMÉNEZ, Sadrac

Instituto Tecnológico de Oaxaca / Tecnológico Nacional de México

Instituto Tecnológico de Tlaxiaco / Tecnológico Nacional de México

ID 1^{er} Autor: *Marisol, Altamirano-Cabrera* / **ORC ID:** 0000-0001-5800-9655, **CVU CONACYT ID:** 657390

ID 1^{er} Coautor: *Maricela, Morales-Hernández* / **ORC ID:** 0000-0002-3521-2041, **CVU CONACYT ID:** 731036

ID 2^{do} Coautor: *Fernando, Toral-Enríquez* / **ORC ID:** 0000-0002-5144-8839, **CVU CONACYT ID:** IT18C169

ID 3^{er} Coautor: *Sadrac, Antonio-Jiménez* / **ORC ID:** 0000-0001-9299-6674, **CVU CONACYT ID:** IT17B751

DOI: 10.35429/H.2019.1.61.74

M. Altamirano, M. Morales, F. Toral y S. Antonio

*marisol_altamirano@hotmail.com

A. Marroquín, J. Olivares, P. Díaz, L. Cruz. (Dir.). Mujeres en la tecnología. Handbooks-©ECORFAN-Mexico, Queretaro, 2019.

Resumen

La innovación tecnológica juega un papel muy importante en el desarrollo de la sociedad porque con ella se resuelven muchos de los problemas sociales que actualmente afectan a la humanidad. Según el INEGI en 2017 en el estado de Oaxaca hay 3,967,889 personas, de las cuales 2.3% sufren de discapacidad visual, en la capital del estado de Oaxaca hay 1,368 personas con esta discapacidad. Desafortunadamente, como en la mayoría del país, no existe una visión ni los recursos para planificar una infraestructura "INCLUSIVA" para los discapacitados, como se establece en la Ley General para la Inclusión de las Personas con Discapacidad, instalando equipos especializados que integran y promueven lo indiscriminado. convivencia y sin límites (pocas posibilidades de movimiento) que afectan principalmente su desarrollo como individuo por dependencia de una persona, bastón o guía. No hay registros de menores que se vayan sin compañía a la calle y en adultos solo el 20% (INEGI, 2017) realiza alguna diligencia, esto por temor a desorientarse. Por lo tanto, se ha desarrollado una herramienta de apoyo inclusiva para personas con discapacidad visual llamada "Guíame"; con la intención de ayudar a mejorar las condiciones de bienestar (calidad de vida) a nivel físico (salud), psicológico y social. Este dispositivo detecta y reconoce objetos frente al usuario por medio de visión artificial y previene de forma auditiva para que el usuario decida detenerlo y / o evitarlo. Y con una conexión a Internet, podrá guiarse libremente de un lugar a otro por las calles de la ciudad de Oaxaca con un mapa interactivo. Actualmente en México no existe un sistema capaz de ayudar a las personas con esta discapacidad, como lo hace "Guíame".

Discapacidad, Inteligencia Artificial, Herramienta inclusiva

Abstract

Technological innovation plays a very important role in the development of society because with it, many of the social problems that currently afflict humanity are being solved. According to the INEGI in 2017 in the State of Oaxaca there are 3,967,889 people, of whom 2.3% suffer from visual disability, in the capital of the State of Oaxaca there are 1,368 people with this disability. Unfortunately, as in most of the country, there is no vision, nor the resources to plan "INCLUSIVE" infrastructure for the disabled as set out in the General Law for the Inclusion of People with Disabilities, installing specialized equipment that integrates and promotes the indiscriminate coexistence and without limits (few possibilities to move) affecting mainly their development as an individual by dependence on a person, cane or guide. There are no records of minors leaving without company on the street and in adults is only 20% (INEGI, 2017) to perform some diligence, this for fear of being disoriented. Therefore, an inclusive support tool for people with visual impairment called "Guíame" has been developed; with the intention of helping to improve the conditions of well-being (quality of life) on a physical (health), psychological and social level. This device detects and recognizes objects in front of the user by means of artificial vision and prevents in an auditory way so that the user decides to stop and / or avoid it. And with an Internet connection, you will be able to guide you from one place to another freely through the streets of the City of Oaxaca with an interactive map. Currently in Mexico there is no system capable of helping people with this disability, as "Guíame" does.

Disability, Artificial intelligence, Inclusive tool

Introducción

En México no existe ningún sistema capaz de ayudar a las personas con esta discapacidad. "Guíame" como herramienta en el proceso de adaptación de las personas que viven con una discapacidad visual está pensado no solamente para detectar un obstáculo frente al usuario emitiendo un sonido para que este se percate de ello y decida entonces detenerse y/o evitarlo. El dispositivo se configura con tres modalidades: Detección, Reconocimiento y Guía y encargará de detectar el obstáculo sin importar la visibilidad del usuario, de identificarlo y hacérselo saber a través de un audio para prevenirlo y que tome una decisión más consciente. Además de ser capaz de guiarse de un lugar a otro, a través de un mapa interactivo; contribuirá a mejorar las posibilidades de un desarrollo más libre en el ámbito profesional del individuo, brindándole un apoyo para que pueda desplazarse de un lugar a otro, logrando tener una participación más notoria dentro de la sociedad, y que tanto sus facultades personales como sociales se vean beneficiadas.

El uso de “Guíame” sirve de soporte para que los individuos sean más independientes en el desarrollo de sus actividades cotidianas y también de esta forma indirectamente apoya a las familias de las personas con discapacidad visual. En la construcción del prototipo han intervenido diferentes actores: desde padres de familia, diseñadores electrónicos, personas con discapacidad como asesores y programadores de software con la finalidad de tener una visión amplia y el seguimiento correcto al ser una herramienta incluyente.

Esta propuesta siguiendo la metodología orientada a prototipos para su construcción fue elaborada usando al principio placas y sensores de venta comercial como arduinos, raspberry Pi y módulos GPS; que cuentan con los requerimientos necesarios y que al integrarse, generan la información necesaria para su finalidad. En posteriores etapas el componente se rediseña de acuerdo a los comentarios hechos por los usuarios con nuevos requerimientos funcionales que demandaron proponer un diseño propio (subsecuentes prototipos).

Marco teórico

Discapacidad

La clasificación internacional del funcionamiento de la discapacidad y de la salud (CIF) que funge como marco conceptual de la OMS define la discapacidad como un término genérico que abarca deficiencias, limitaciones de la actividad y restricciones a la participación. (CIF, 2001).

Discapacidad Visual

El sistema visual abarca tres partes inseparables: los órganos periféricos (los ojos con sus órganos auxiliares), el nervio óptico y el centro visual en el córtex cerebral. La visión sólo funciona cuando estas tres partes trabajan conjuntamente. Si cualquiera de las tres no funciona, se pierde la percepción visual. Si el daño es bilateral, se pierde más del 80% de contacto con el mundo exterior, puesto que la vista es responsable del 80% de nuestro contacto con el entorno. La discapacidad visual se refiere a personas con deficiencias funcionales del órgano de la visión y, de las estructuras y funciones asociadas, incluidos los párpados. Está determinada por los niveles de deterioro de la función visual, y que se establece tras la medición de la agudeza visual y del campo visual de cada uno de los ojos por separado. (66.^a Asamblea Mundial de la Salud, 2013)

Dispositivo

Es un aparato o mecanismo que desarrolla determinadas acciones. (RAE, 2017)

Single Board Computer

Esta placa y a diferencia de la mother board que se emplean en las computadoras contienen todos o la mayor parte de los componentes en dimensiones reducidas a bajo costo. (COBO, 2014). Para el proyecto Guíame se realizó una comparación entre dos tipos de placas únicas; Como se muestra en la tabla 6.1.

Tabla 6.1 Comparación de Placa SBC

Características		
Nombre	Raspberry Pi 3 Modelo B	Raspberry Pi Zero
Procesador	Broadcom BCM2837	Broadcom BCM2835
Memoria RAM	1GB	512MB
CPU	1.2GHz Quad Core	1GHz single-core
Dimensión	85 x 54 milímetros	60 x 30 milímetros

Fuente: Elaboración Propia

Sensor de Proximidad

Dispositivos electrónicos que miden la proximidad de un objeto con respecto al sensor, sin importar su orientación o determinar si el objeto está cerca del sensor para ser detectado. Estos pueden clasificarse en inductivos, capacitivos, ópticos, ultrasónicos, magnéticos, resistivos y piezoresistivos. (Abarca, J., Corona, R. y Marres, C., 2014). Para el proyecto Guíame se realizó una comparación entre dos tipos de sensores de proximidad; como se muestra en la tabla 6.2.

Tabla 6.2 Comparación de Sensores de proximidad

Características		
Nombre	Sensor Ultrasónico	Sensor Óptico
Modelo	HC-SR04	Sharp
Principio de funcionamiento	Envía una señal ultrasónica inaudible y nos entrega el tiempo que demora en ir y venir hasta el obstáculo más cercano que detecto.	En base al rebote de un haz infrarrojo que se emite por un diodo infrarrojo, rebota en el objeto y es recibido por un arreglo de fototransistores infrarrojos
Distancia de detección	1.7cm-4.5m	10-80cm
Precisión	Baja	Alta
Velocidad de respuesta	Lenta	Rápida
Rango de medición	Grande	Pequeño

Fuente: Elaboración Propia

Batería portátil

Son módulos de alimentación de batería de litio con fuente de Alimentación e Interruptor; diseñados para dotar de energía a los componentes del prototipo creado y permite a la placa principal trabajar sin conexión por un periodo determinado. Ver figura 6.1.

Figura 6.1 Batería de Litio



Fuente: Recuperado de (CNXSOFT, 2016)

Lenguaje de Programación PYTHON

Es un lenguaje de desarrollo WEB orientado a objetos, no requiere para su ejecución; compilar el código fuente. Ofrece ventajas como la rapidez de desarrollo e inconvenientes como una menor velocidad.

OpenCV

(Open Source Computer Vision Library) es una biblioteca de software de visión abierta y software de aprendizaje automático. Fue construido para proporcionar un estándar para aplicaciones de visión por computadora. Cuenta con licencia de BSD,

API Google Maps

Esta librería permite manipular mapas dinámicos y vistas permite a los usuarios trazar rutas y actualizaciones del tráfico. Brindando instrucciones confiables sobre cómo llegar a un destino en cualquier lugar del mundo. (GOOGLE, 2019)

Julius

Software decodificador de reconocimiento continuo de voz (LVCSR) de alto rendimiento y de gran tamaño, para investigadores y desarrolladores relacionados con el habla, puede realizar decodificación en un dictado de 60 mil palabras en tiempo casi real. Incorpora diversas técnicas de búsqueda y principalmente se implementa en plataforma Linux

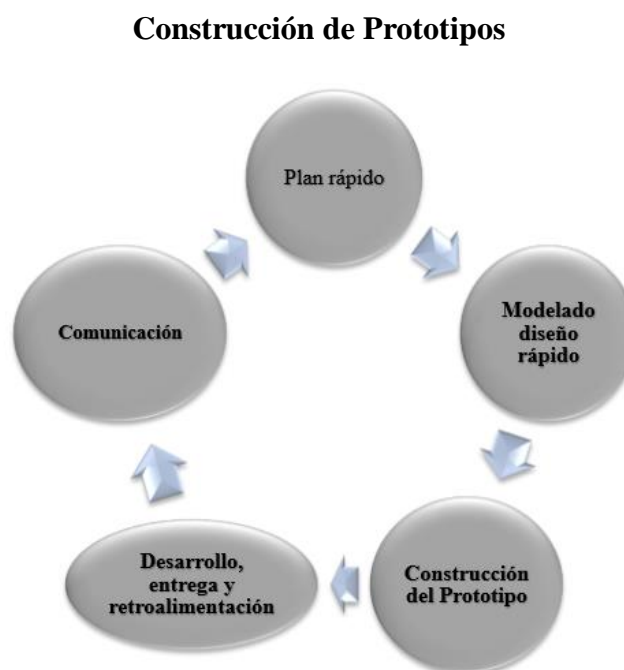
Metodología Orientada a Prototipos

El modelo de prototipos permite que todo el sistema, o algunos de sus partes, se construyan rápidamente para comprender con facilidad y aclarar ciertos aspectos en los que se aseguren que el desarrollador, el usuario, el cliente estén de acuerdo en lo que se necesita así como también la solución que se propone para dicha necesidad y de esta forma minimizar el riesgo y la incertidumbre en el desarrollo. Este modelo se encarga del desarrollo de diseños para que estos sean analizados y prescindir de ellos a medida que se adhieran nuevas especificaciones, es ideal para medir el alcance del producto, pero no se asegura la adaptabilidad del sistema o de la forma en que interactúa el hombre y la máquina.

Metodología a desarrollar

Para llevar a cabo el desarrollo del prototipo, se llevaron a cabo diferentes procesos de recolección de información, análisis, diseño, codificación y pruebas, hasta obtener un resultado de valor. Como se comentó en el apartado anterior, para el diseño de GUÍAME: Prototipo de herramienta para la asistencia en el desplazamiento de personas con discapacidad visual, la metodología a emplear es la metodología orientada a prototipos ya que tiene un enfoque de diseño cuyo proceso está basado en información de las personas que van a hacer uso del producto; el cual consta de 4 fases: definición y análisis de requerimientos, diseño técnico, Programación y prueba y operación y mantenimiento. Figura 6.2.

Figura 6.2 Fases de la Metodología Orientada a prototipos



Fuente: Elaboración Propia

Primer Prototipo

Investigación preliminar: “Guíame” propone ser una solución que implementando nuevas tecnologías ayude a personas con discapacidad visual a tener un mejor desplazamiento por calles y avenidas del lugar en donde vivan y que les permita aumentar sus posibilidades en su desarrollo profesional como individual. El total de personas que en la capital de la ciudad de Oaxaca tienen esta discapacidad, hace notorio la existencia de demanda sobre del dispositivo, también puede adaptarse para cualquier parte del mundo. Como se muestra en la tabla 6.3, se realizó un análisis de las tecnologías competidoras, donde se comprueba que no existe ningún otro dispositivo que se asemeje a Guíame.

Tabla 6.3 Tecnologías competidoras

Tecnología	Ventajas Competitivas	Propuesta Planteada
Munivo	Dispositivo que produce un tipo de mapa sensorial que permite el reconocimiento de objetos a través de movimiento	Diseño circular parecida a una pulsera. Se coloca en la palma de la mano que debe estar siempre abierta y de manera frontal. Produce incomodidad y cansancio en el usuario
Eye 2021	Sistema de visión que reconoce las formas y genera sonidos sobre la superficie de estas	Reconocimiento de objetos y formas, creándose un espacio tridimensional a partir de sonidos.
Halo	Emplea telémetros que toman datos de sensores que se encuentran colocados en la cabeza del usuario.	Cuando una persona se acerca a un objeto, la intensidad y la frecuencia de la vibración aumenta, siendo proporcional a la distancia de un objeto.
Proyecto Tácito	Dispositivo que se coloca en la mano, sujeto a un guante	Detecta objetos a una distancia máxima de 3 metros con un tiempo de respuesta de una fracción de segundo.
Vía	Bastón con diseño no convencional que utiliza tecnología VMD7 de detección de movimiento, incluye 4 cámaras y un receptor GPS por voz.	Emplea dos mecanismos de vibración que permiten guiar al usuario diferenciando los obstáculos

Fuente: Elaboración Propia

Definición de los requerimientos del Sistema

El sistema debe ayudar en el desplazamiento por calles y avenidas, detectando obstáculos que permitan el paso libre y ayudar a la persona a tener un panorama sobre el entorno en que se encuentran. El dispositivo tiene la posibilidad de cargarse de manera sencilla y contar con un instructivo que las personas con discapacidad visual puedan leer.

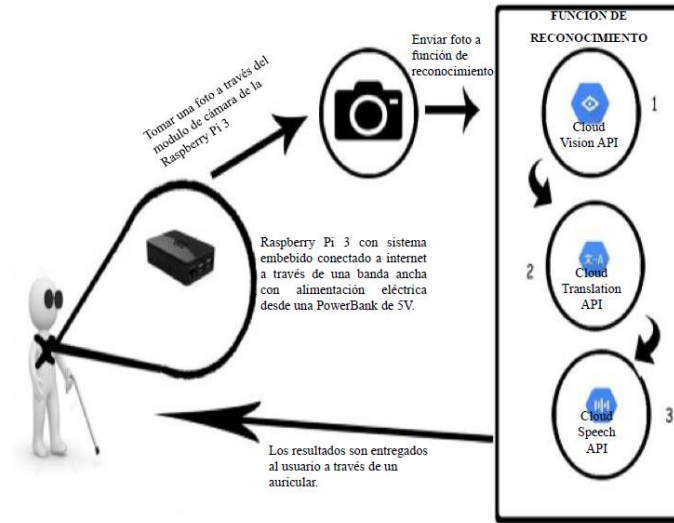
Análisis de requerimientos

Requerimientos funcionales: El sistema ofrece dos modos (Detección, Reconocimiento). El modo “Detección” notifica de la presencia de algún obstáculo que este a 1 metro de distancia del usuario. La notificación será por medio de una vibración. El modo “Reconocimiento” permite por medio de una foto y a través de IA hacer un reconocimiento de los objetos y notificarle por medio de audio, cuales son. El dispositivo cuenta con dos botones, cada uno controlará un modo, además del botón de encendido/apagado.

Requerimientos no funcionales: La duración de la pila se estima en 3 horas aproximadamente. El modo detección de obstáculos puede tener respuestas erróneas.

Análisis Grueso y Especificación Tomando en cuenta los requerimientos que se definieron junto con el usuario, así como de las pruebas hechas a los diferentes componentes seleccionados para la conformación de dispositivo, se creó el primer diseño básico del mismo. El dispositivo debe ser autónomo, pequeño y fácil de usar, lo que hace referir al uso de un microcomputadora o mini placa base capaz de soportar el procesamiento de 34 imágenes, contar con conexión para una micro cámara, y tener pines analógicos y digitales para el uso de diferentes módulos y sensores. La Raspberry Pi 3 modelo B, es una micro placa base, que cuenta con un procesador ARM de un 1.2 GHZ de velocidad, tiene 1 Gb de memoria RAM, 40 pines digitales y conexión a cámara. El diseño del primer prototipo mostrado en la figura 6.3 contempla dos modos (Detección y reconocimiento).

Figura 6.3 Diseño de primer prototipo



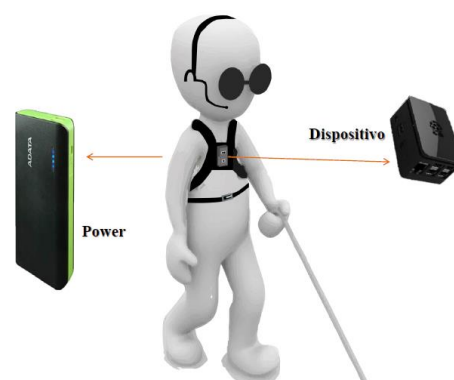
Fuente: Elaboración Propia

Para el desarrollo del modo “Detección”, se utilizó el sensor ultrasónico HC-SR04 que permite calcular la distancia entre él y algún objeto dentro de su espectro, este emite una onda ultrasónica y recibe la onda reflejada que retorna desde el objeto, con eso podemos saber si un objeto está cerca dentro de un rango de distancia determinado, y poder notificarle al usuario de la presencia de algún obstáculo. En el modo “Reconocimiento” se utilizó la API Visio de Google, que permite detectar objetos que estén presentes en una imagen, regresando las etiquetas de los objetos encontrados para esto se requiere de conexión a internet, teniendo como primera opción el uso de una banda ancha que permita a la Raspberry mantener una conexión estable. Para las notificaciones se utilizaron audífonos que van conectados directamente a la entra de audio de la placa. Como primera instancia, para que el dispositivo pueda ser autónomo, se pensó en la utilización de pila portátil Adata a la que la Raspberry Pi 3 estaría conectada, con un tiempo estimado de duración de 3 horas.

Diseño y construcción

En la construcción del primer prototipo del dispositivo, se tomaron en cuenta los aspectos antes ya definidos. El sistema censara cada 20 segundos de la presencia de algún obstáculo y notificará al usuario, por medio de un audio. En el modo “Reconocimiento” se detectan objetos que estén presentes en una imagen, regresando las etiquetas de los objetos encontrados. El sistema realizará estas tareas cada 30 segundos, siempre y cuando el usuario active la opción. Para que el usuario pueda portar el dispositivo de manera segura y cómoda, se creó una pechera que mantiene el dispositivo en una posición vertical y pegada al cuerpo, como se muestra en la figura 6.4; la pila portátil tendrá un adhesivo que la mantiene sujeta a una cinta de velcro que ira en el brazo del usuario, esto para que la conexión entre la Raspberry Pi 3 y la batería sea cercana y segura.

Figura 6.4 Portabilidad del prototipo



Fuente: Elaboración Propia

Evaluación Al evaluarse el primer prototipo y tomando en cuenta los requerimientos, los resultados fueron los siguientes:

1. “Guíame” detectó la presencia de obstáculos (en un rango de 30°) sin problema alguno. Fuera de ese rango el sensor no detecta obstáculo y el usuario final podría chocar con él. Con lo anterior se determinó cambiar el sensor para ampliar el rango de presencia y calcular la distancia entre el usuario y el obstáculo y que sea más exacto que el anteriormente probado.
2. En el modo de “Reconocimiento” y tomando en cuenta las sugerencias de los usuarios finales, se determinó como indispensable la conexión del dispositivo a internet para el uso de las librerías de Inteligencia Artificial de Google para el reconocimiento de objetos. El usuario indicó que el tener los audífonos puestos durante algún trayecto hace que ellos pierdan la percepción de su entorno, ellos usan los sonidos como guías en diversas situaciones y los audífonos los obstaculizan, por lo que se requiere mejorar ese recurso.
3. Sobre la evaluación de la interfaz, los usuarios indicaron que un solo botón que controle la configuración y uso, no es lo ideal debido a su discapacidad y sugirieron la opción de tener un botón para cada modalidad del dispositivo. Además de agregar un botón de encendido/apagado. Una vez terminada las evaluaciones del primer prototipo del dispositivo, junto con el usuario se realizaron cambios en la definición de los requerimientos, provocando esto que se realice la etapa de modificación.

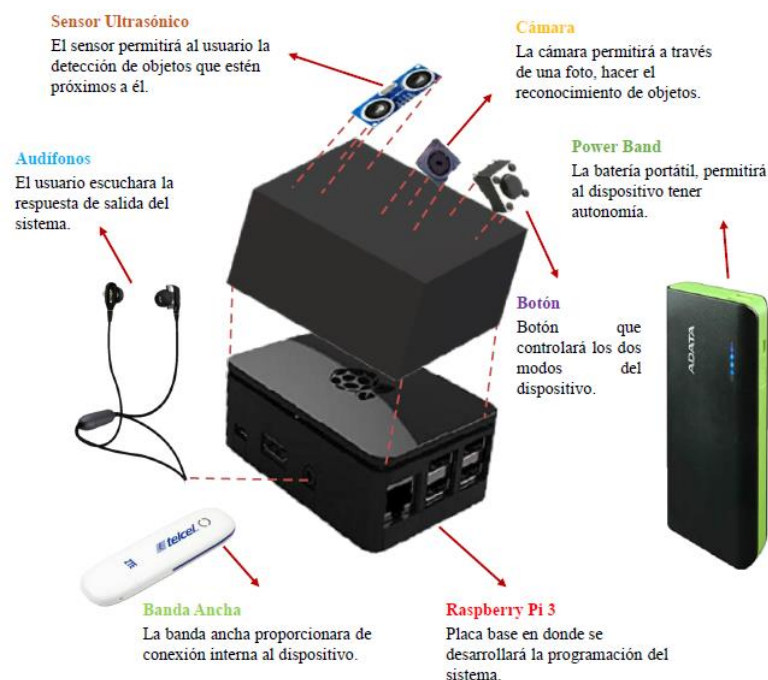
Modificación

De acuerdo a las evaluaciones, el modo “Detección” se modificó, considerando que ahora se hará uso de un sensor infrarrojo para medir la distancia entre el usuario y el objeto, con lo anterior, además de devolver datos precisos, el rango de detección se amplía a 50 grados. Para el modo “Reconocimiento” se implementará la librería OpenCV, la cual proporciona una eficiente detección de objetos dentro de una imagen, cuenta con una licencia BSD, no requiere el uso de internet para que haga el procesamiento de imagen y su manejabilidad permite que este se aloje en la Raspberry Pi 3. Para las notificaciones, se diseñó y construyó un auricular que no obstruirá el oído y un mejor micrófono para la recepción de la voz, en el uso del modo “Guía”.

Diseño Técnico

Tomando como referencia los aspectos mencionados dentro del primer diseño y construcción del dispositivo, en la figura 6.5 se muestra el primer diseño técnico, que conjunta todos los componentes antes mencionados.

Figura 6.5 Diseño físico de prototipo 1



Fuente: Elaboración Propia

Programación y Pruebas

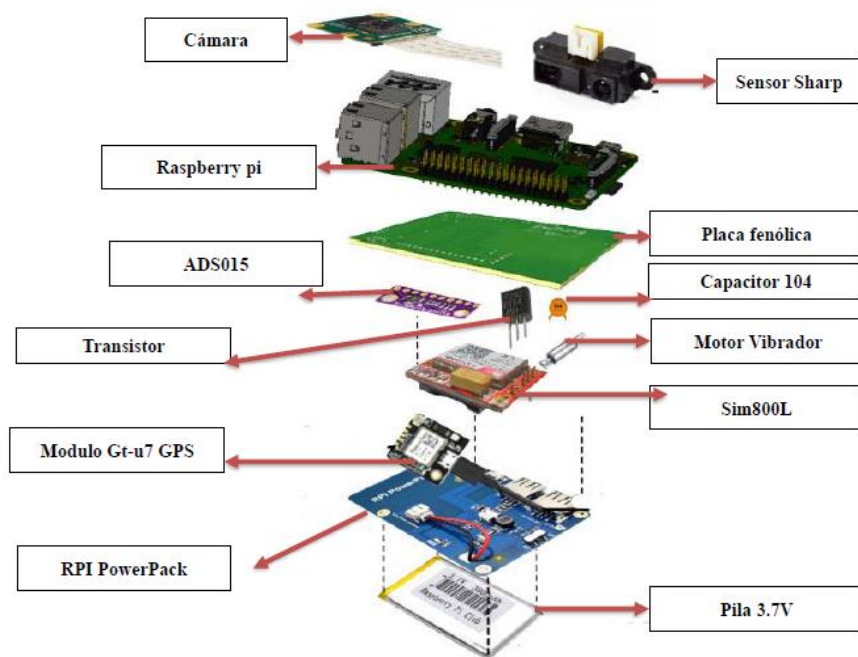
De acuerdo al primer diseño técnico del dispositivo, y considerando que este cuenta con los modos Detección y Reconocimiento, se realizó el software que controla todas las funciones.

Operación y Mantenimiento

Para el funcionamiento correcto del dispositivo, el usuario debe asegurarse de que la pila portátil que está sujeta a su brazo derecho, este en todo momento conectada al dispositivo. Además, debe tomar en cuenta que, si durante el tiempo que el dispositivo está en uso, el clima se torna lluvioso, debe guardarlo.

Con el diseño e impresión de circuitos electrónicos propios, se eliminaron las tarjetas Arduino y Raspberry, se diseñaron audífonos con diseño no convencional debido a que una persona con esta discapacidad afina el sentido auditivo más de lo normal, y tener un artefacto que bloquee la entrada limpia de sonidos, puede causar problemas de equilibrio y falta de sentido de ubicación y con ello, accidentes. Se realizaron dos prototipos más, figura 6.6 con la intención de optimizar el dispositivo y mejorando la funcionalidad con la ayuda y asesoría de los usuarios finales.

Figura 6.6 Diseño físico de prototipo 2



Fuente: Elaboración Propia

Prototipo Final

Definición de los requerimientos del sistema:

- El sistema debe ayudar en el desplazamiento por calles y avenidas, detectando obstáculos que impidan su paso libre.
- El dispositivo debe contar con un instructivo que las personas con discapacidad visual puedan leer.
- El sistema debe ser capaz de guiar a la persona a cualquier destino.
- El dispositivo deberá compartir la ubicación del usuario con cualquier persona.
- El dispositivo será capaz de cancelar la última acción.

Análisis de requerimientos

Requerimientos funcionales:

- El sistema ofrece tres modos (Detección, Reconocimiento y Guía).

- El modo “Detección” notifica de la presencia de algún obstáculo que este a 1 metro de distancia del usuario. La notificación será por medio de una vibración.
- El modo “Reconocimiento” permite por medio de una foto y a través de Inteligencia Artificial; hacer un reconocimiento de los objetos y notificarle por medio de audio, cuales son.
- El modo “Guía”, mediante un GPS, permite al usuario trazar rutas a diferentes destinos (categorías) como: hospitales, parques, restaurantes, supermercados, farmacias, cafés y biblioteca.
- El sistema permite compartir la ubicación del usuario, a través de un mensaje de texto a cualquier número celular.
- El sistema cuenta con tres botones, cada uno controlará una modalidad, extra a ellos se integra un botón de funciones extras y el de encendido/apagado.

Requerimientos no funcionales:

- La duración de la pila se estima en 3 horas aproximadamente.
- Si la tarjeta SIM no tiene saldo, el usuario no tendrá la posibilidad de utilizar el modo “Guía”.

Análisis Grueso y Especificación

Considerando las modificaciones hechas en la evaluación previa a este prototipo, se determinó que el modo “Guía” se van a extraer las coordenadas del usuario en el momento en que decida utilizar la aplicación, para ello se sustituye el módulo NEO6M por el Módulo Gt-u7 GPS el cual contiene un chip GPS Ublox 7ª generación que trabaja con Motores de GLONASS, QZSS, SBAS, que le permiten funcionar en cualquier parte del mundo proporcionando máxima sensibilidad al tiempo que mantiene baja potencia en el sistema ver figura 6.7. Una de las ventajas es que tiene una comunicación más directa con la Raspberry Pi 3, ya que trae integrado una conexión micro-USB para su comunicación con terceros.

Figura 6.7 Módulo Gt-u7 GPS



Fuente: Recuperado de (CNXSOFT, 2016)

Evaluación

El usuario tomó como referencia las modificaciones anteriores, y al probar la nueva propuesta del modo “Guía” con el Modulo gt-u7 GPS considero que el cambio mejoró la rapidez y precisión en el trazado, además de que la incorporación de categorías hace más ligera la comunicación usuario-sistema, permitiendo que el usuario se sienta más cómodo. Considerando los requerimientos que debe cumplir el modo “Guía”, se determinó que cumple con la totalidad de ellos por lo que queda aprobado. De la misma manera se validaron y aprobaron los modos “Detección” y “Reconocimiento”, el usuario determinó que el dispositivo es más ligero y práctico. En el modo Guía se le programó una ruta de zócalo central de la ciudad de Oaxaca hasta el parque el llano. La batería no se descargó y la aplicación respondió de manera exacta, guiando al usuario por las calles, detectando obstáculos y apoyando en todo momento al individuo.

En este último diseño; el dispositivo se puso a prueba con 6 empleados de la biblioteca para débiles visuales “José Luis Borges” de la cd de Oaxaca mejorando en cada una de ellas las opciones y funcionalidades del prototipo y se integró un manual de usuario elaborado en código morse para consulta posterior. Con lo anterior, el último prototipo del dispositivo queda aprobado en su totalidad.

Término Con la aprobación del último diseño del dispositivo por parte del usuario, se definieron conjuntamente los siguientes aspectos de calidad y representación del dispositivo final.

- El dispositivo tendrá una carcasa que proteja los componentes internos y garantice el buen funcionamiento cuenta con 5 botones, y debajo de cada botón, se incluirá una etiqueta identificadora en lenguaje Braille. Ver figura 6.8
- Todos los componentes y herramientas utilizadas en el dispositivo serán de buena calidad y estado, que garantice la durabilidad del mismo.
- El dispositivo será entregado junto con un manual de usuario, un cargador y un auricular. Este manual de usuario estará en lenguaje Braille y en español.

Figura 6.8 Representación del Dispositivo Guía

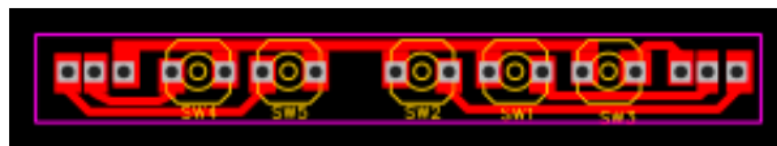


Fuente: Elaboración Propia

Diseño Técnico

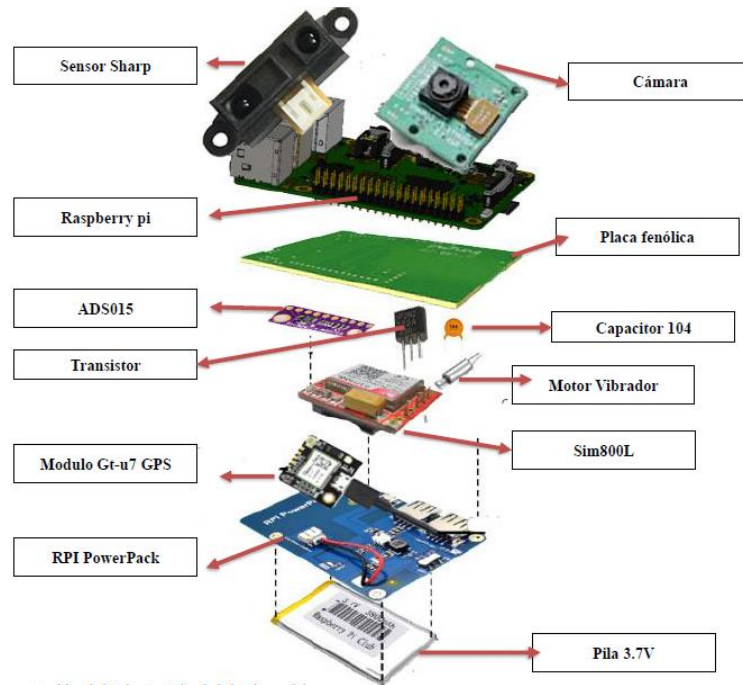
Se analizaron todas las posibilidades de mejora en cualquier aspecto, se diseñó un circuito impreso para los botones, garantizando su buen funcionamiento dentro del dispositivo para la comunicación con el usuario, en la figura 6.9, se presenta el diseño del circuito impreso de los botones.

Figura 6.9 Diseño del circuito impreso de los botones



Fuente: Elaboración Propia

La placa de los botones, estará colocada a la parte lateral izquierda de la carcasa del dispositivo de arriba a abajo, permitiendo que tenga más soporte al momento de que el usuario haga uso de alguno de ellos. Con los cambios anteriormente mencionados, el circuito impreso principal se rediseñó, permitiendo un mejor acomodo de los componentes, así como una nueva disposición de todos los componentes del dispositivo como se muestra en la figura 6.10 diseño final del mismo.

Figura 6.10 Representación del Diseño Final del Dispositivo

Fuente: Elaboración Propia

El software que controla todas las operaciones dentro del dispositivo, cuenta con una estructura definida de acuerdo a los modos y funciones. El software fue modificado.

Operación y Mantenimiento

Una vez que el prototipo ha sido terminado y probado en las diferentes iteraciones por los usuarios, el dispositivo está listo para su entrega y uso, como se muestra en la figura 6.11.

Figura 6.11 Dispositivo y Empaque

Fuente: Elaboración Propia

Conclusiones

En México no existe ningún sistema o dispositivo electrónico capaz de ayudar a las personas con discapacidad visual de forma autónoma; normalmente se apoyan de bastones y/o perros lazarillo. “Guíame” es una herramienta electrónica que sirve como apoyo al desplazamiento autónomo, es decir sin una persona extra que le indique como hacer ese recorrido. Al prototipo final se aplicaron pruebas de usabilidad de tipo “guerrilla” (norma ISO 9241-11) y métricas de usabilidad enfocados principalmente para medir la facilidad de uso, mediante la asignación de tareas e instrucciones que se hace llegar a través de audio grabado; el usuario presiona un botón para comenzar la prueba para las cuales fue diseñada.

Una de las características que hacen particularmente diferente a Guíame, de otros dispositivos en el mercado es el modo “reconocimiento” de objetos que el usuario tiene alrededor de él. Se aplicaron pruebas para medir el tiempo de respuesta y el reconocimiento exacto del objeto. Los resultados fueron contundentes y positivos, ya que el tiempo de respuesta en el envío de datos e imágenes de los objetos obtenidos por la cámara fueron los esperados (señal de telefónica celular y tiempo aire) y se realizaron sin complicaciones al igual el monitoreo del comportamiento del servidor habilitado para la recepción de los resultados y almacenamiento de las imágenes, que no mostró retrasos relacionados al tráfico en la red o sobrecarga del servidor. Estas dos últimas características también requeridas para el modo “Guía”.

Al evaluar el prototipo con los cuatro usuarios finales, se concluye que “Guíame” cumple con todos los requerimientos de manera satisfactoria para ser utilizado con éxito y con ello cubrir las necesidades de los usuarios finales mayores de 18 años. Se construyeron 8 dispositivos los cuales se donaron a la biblioteca para débiles visuales quienes a fecha de esta publicación, reportan que Guíame responden a sus expectativas y manifiestan que la mejora que disfrutaban más es la autonomía de sus desplazamientos por la ciudad. Con el desarrollo de este proyecto, se busca fomentar una cultura de inclusión en la entidad y el país.

Agradecimientos

Agradecemos al Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico de Oaxaca e Instituto Tecnológico de Tlaxiaco, el apoyo brindado para llevar a cabo el prototipo y a los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales del TecNM: Barranco Canseco Paulina, López Yescas Juvenal y Espinoza Bautista Isnardo quienes participaron en diversos eventos de Ciencia y Tecnología demostrando la funcionalidad del dispositivo.

Referencias

- Abarca, G., Corona, L., Marres, J.(2014). Sensores y actuadores. México: grupo editorial patria. Disponible en <https://www.adata.com/cl/feature/312>
- Álvarez, M.(2003). Desarrollo Web. Disponible en <https://desarrolloweb.com/articulos/1325.php>.
- Castro, A. (2014). ¿qué es raspberry pi, dónde comprarla y cómo usarla? Disponible en <http://computerhoy.com/noticias/hardware/que-es-raspberry-pidonde-comprarla-como-usarla-8614>. Disponible en https://aspace.org/assets/uploads/publicaciones/e74e4-cif_2001.pdf
- CNXSOFT (2016). cnxsoft-noticias de sistemas embebidos. Disponible en <https://www.cnx-software.com/2016/05/26/enclosure-battery-kit-forraspberry-pi-boards-sells-for-22/>
- Cobo, J. (2014). Disponible en <https://www.hwlibre.com/que-es-una-placa-sbc/>
- Cohen, M. (2010). Ingeniería Electrónica (Electrosoft). Disponible en <http://www.pcb.electrosoft.cl/04-articulos-circuitos-impresos-desarrollo-sistemas/01-conceptos-circuitos-impresos/conceptos-circuitos-impresos-pcb.html>
- GOOGLE (2019). google maps platform. Disponible en <https://cloud.google.com/maps-platform/routes/?hl=es-419>
- INEGI (2017). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Encuesta Intercensal. Principales resultados de la Encuesta Intercensal 2017: Oaxaca /. Disponible en http://internet.contenidos.Inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvInegi/productos/nueva_estruc/inter_censal/estados2015/702825079857.pdf
- Ingenieria Mecafenix. (2017). La enciclopedia de la ingeniería. Disponible en <http://www.ingmecafenix.com/electronica/capacitorcondensador-electrico/>
- Julius (2014). Disponible en http://julius.osdn.jp/en_index.php
- Letham, L. (2001). GPS fácil: uso del sistema de posicionamiento global. Disponible en <https://naylampmechatronics.com/sensores-proximidad/203-sensor-infrarrojo-dedistancia-sharp-gp2y0a21.html>

National Federation of the Blind. Disponible en <https://www.nfb.org/resources/blindness-statistics>
 OPENCV. (s.f.). Disponible en <https://opencv.org/about.html>

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2018). Tesouro de la UNESCO. Disponible en <http://vocabularies.unesco.org/browser/thesaurus/en/page/concept6707?clang=es>

Organización Mundial de la Salud (2013) . Memoria de la 66.^a asamblea mundial de la salud. Disponible en http://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/wha66/a66_11-sp.pdf

PYTHON. (2018). Python Software Foundation. Disponible en <https://www.python.org/community/logos/> 78

RAE (2017). Real Academia Española. Diccionario de la lengua española. Disponible en de <http://dle.rae.es/?id=dxo9gvr>

Rambal. (s.f.). Automatizacion y Robotica. Disponible en <http://rambal.com/componentes/484-transistor-2n2222a-npn-to-92.html>

Raspberry Pi. (2016). Disponible en <https://www.raspberrypi.org/products/camera-module-v2/>

TecNM, (2018). Programa Institucional de Innovación y Desarrollo 2013-2018. Tecnológico Nacional de México. Disponible en http://www.tecnm.mx/images/areas/planeacion/2014/PIID_2013-2018_TECNM_Final.pdf.

US Forest Service(2018). Utah CC Inclusion Toolkit: A Guide to Including People with Disabilities in Service and Conservation. Disponible en https://www.fs.fed.us/recreation/programs/accessibility/UCC_Toolkit_-_Final.pdf