



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

RE-INGENIERÍA EN EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL
SISTEMA ELECTRÓNICO DE AYUDA PARA LA DETECCIÓN DE
OBSTÁCULOS SITUADOS A LA ALTURA DE LA CABEZA Y
TRONCO DE LAS PERSONAS NO VIDENTES

Trabajo de titulación previo a la obtención
del título de Ingeniero Electrónico

AUTOR: LINO BOLÍVAR ARÉVALO ARPI

TUTOR: ING. EDUARDO GUILLERMO PINOS VÉLEZ, Ph.D.

Cuenca - Ecuador

2022

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL
TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Lino Bolívar Arévalo Arpi con documento de identificación N° 0105213623, manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 27 de septiembre del 2022

Atentamente,



Lino Bolívar Arévalo Arpi

0105213623

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL
TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA**

Yo, Lino Bolívar Arévalo Arpi con documento de identificación N° 0105213623, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto Técnico: “Re-ingeniería en el diseño e implementación del sistema electrónico de ayuda para la detección de obstáculos situados a la altura de la cabeza y tronco de las personas no videntes”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 27 de septiembre del 2022

Atentamente,



Lino Bolívar Arévalo Arpi

0105213623

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Eduardo Guillermo Pinos Vélez con documento de identificación N° 0102942190, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: RE-INGENIERÍA EN EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELECTRÓNICO DE AYUDA PARA LA DETECCIÓN DE OBSTÁCULOS SITUADOS A LA ALTURA DE LA CABEZA Y TRONCO DE LAS PERSONAS NO VIDENTES, realizado por Lino Bolívar Arévalo Arpi con documento de identificación N° 0105213623, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 27 de septiembre del 2022

Atentamente,



Ing. Eduardo Guillermo Pinos Vélez, Ph.D.

0102942190

ÍNDICE

ÍNDICE	7
ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
ÍNDICE DE TABLAS.....	9
AGRADECIMIENTOS.....	I
DEDICATORIA.....	II
GLOSARIO	III
RESUMEN.....	IV
INTRODUCCIÓN	V
ANTECEDENTES DEL PROBLEMA DE ESTUDIO	VI
JUSTIFICACIÓN	VIII
OBJETIVOS.....	IX
OBJETIVO GENERAL	IX
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	IX
1. Fundamentación Teórica o Estado del Arte	1
2. Marco Metodológico e Implementación del Dispositivo	11
3. Análisis de Resultados	24
4. Conclusiones, Recomendaciones y Trabajos Futuros	29
APÉNDICES	32
APÉNDICE A	32
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales causas que producen ceguera según la OMS. [8]	2
Figura 2. Distribución porcentual del total de personas por grado de discapacidad visual en el Ecuador [1].	3
Figura 3. Distribución de grupos etarios relacionados con la discapacidad visual en el Ecuador [1].	4
Figura 4. Bastón inteligente (WeWalk) para personas no videntes [16].	6
Figura 5. Gafa inteligente (Eyesynth) para personas no videntes [17].	6
Figura 6. Prototipo inteligente (OrCam MyEye) para ayudar a las personas no videntes [18].	7
Figura 7. Gafas especiales para detección de obstáculos [3].	7
Figura 8. Arquitectura del sistema	11
Figura 9. Técnica de desplazamiento Hoover [23].	13
Figura 10. Diseño del sistema electrónico del prototipo de ayuda	15
Figura 11. Angulo de detección del sensor ultrasónico HC-SR04	17
Figura 12. Método de triangulación que usa el sensor por infrarrojo Sharp GP2Y0A02YK. [27]	18
Figura 13. Gráfico de distancia-voltaje del sensor infrarrojo Sharp GP2Y0A02YK.[27]	18
Figura 14. Grafica obtenido de la entrada analógica del sensor Sharp GP2Y0A02YK.	20
Figura 15. Caja de plástico adecuado para la implementación del prototipo de ayuda	22
Figura 16. Prototipo de ayuda adaptado a las gafas	22
Figura 17. Comportamiento del motor de vibración a una distancia de 30cm	24
Figura 18. Comportamiento del motor de vibración a una distancia de 250cm	25
Figura 19. Comportamiento del motor de vibración a una distancia de 130cm	26

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Principales causas que producen ceguera según la OMS. [8]	2
Tabla II. Presupuesto del dispositivo de referencia. [3]	8
Tabla III. Dimensiones de la caja de sensores. [3]	9
Tabla IV. Dimensiones de la carcasa del dispositivo de referencia. [3]	9
Tabla V. Especificaciones técnicas del Arduino Micro Pro. [25]	16
Tabla VI. Especificaciones técnicas del sensor de proximidad HC-SR04. [26]....	17
Tabla VII. Datos obtenidos de la entrada analógica del sensor por infrarrojo Sharp GP2Y0A02YK.....	20
Tabla VIII. Especificaciones técnicas del sensor de infrarrojo GP2Y0A02YK. [27]	21
Tabla IX. Presupuesto del prototipo de ayuda realizado	28

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento de manera especial a mi tutor de trabajo final previo a la obtención del título al Ing. Eduardo Pinos Vélez, por guiarme y ayudarme a cumplir todos los objetivos planteados, ya que, con su paciencia y responsabilidad, ha permitido que este trabajo tenga un buen resultado, sin dejar de reconocer que fuera de ser un docente o un tutor, es un amigo, que busca el bienestar de los jóvenes que luchamos para cumplir nuestras metas y nos motiva a que seamos excelentes profesionales.

Un agradecimiento a todos los docentes de la Universidad Politécnica Salesiana, que gracias a su paciencia y comprensión siguen formando grandes profesionales y lo más importante, es que forman grandes personas. Ya que todos nos ayudaron a luchar por nuestros sueños aportando con su granito de arena en temas de conocimiento.

Como no agradecer a mis padres, mi principal fortaleza para conseguir mis objetivos, gracias por el apoyo incondicional, gracias mamá por apoyarme incansablemente, tú me diste ánimos en todo momento, todo se lo debo a ti, gracias a ti por ser mi mamá. Y como olvidar a mi papá, aunque partiste de este mundo sé que me dabas fuerzas a pesar de tu ausencia, sé que desde el cielo siempre estabas dando me fuerzas en todo momento, gracias papá. A mis hermanos y hermanas, les agradezco por todo, ustedes también son el apoyo fundamental en mi vida. Gracias a todos.

Un agradecimiento especial para mi esposa, por la paciencia, por la sabiduría y por la motivación, que fueron incansables, gracias por ayudarme a conseguir mis sueños y a cumplir una meta más. Gracias a Uds. que son mi familia. Los amo.

Lino Arévalo Arpi

DEDICATORIA

Dios misericordioso, todo lo dedico a ti, porque tu más que nadie sabe que el esfuerzo dado por mi parte siempre es gracias a ti, gracias por darme fuerzas, sabiduría, y no dejarme rendir en los momentos más duros de la vida. Gracias por todo Dios Santo. También va dedicado a mi mamá querida, por estar conmigo siempre en todo momento, tus palabras de apoyo y consejo siempre ayudaron infinitamente, gracias por todo el aliento del mundo, esta meta cumplida es gracias a ti. A ti papá, aunque estes ya en cielo, gracias por ayudarme en todo, fuiste quien me enseñó a luchar por lo que se quiere, a no rendirme, gracias a ti por cuidarme y protegerme desde el cielo, te lo dedico a ti papá. A mis hermanos, ustedes son mi apoyo incondicional, todo lo conseguido también es gracias a ustedes. A mi esposa, Naty, me enseñaste a levantarme y me brindaste todo tu apoyo incondicional, tus palabras de aliento fueron los que me ayudaron a sobresalir en momentos más críticos de la vida, gracias a ti. A mi hijo, Ismael, tú eres mi principal motivación por lo que luche para que esto se haga realidad. A mi hija Ángeles, sé que partiste, pero todos los triunfos te la dedico a ti amor mío. A toda mi familia y familia de mi esposa, gracias por su paciencia y comprensión, por apoyarme en todo momento, se los dedico a todos ustedes.

Lino Arévalo Arpi

GLOSARIO

OMS: Organización Mundial de la Salud.

CONADIS: Consejo Nacional de Igualdad de Discapacidades.

FENCE: Federación Nacional de Ciegos del Ecuador.

No vidente: Persona que no ve por estar privado del sentido de la vista.

UPS: Universidad Politécnica Salesiana.

GIATA: Grupo De Investigación En Inteligencia Artificial Y Tecnología De Asistencia

UNICEF: El Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia

UNESCO: La Organización de las Naciones Unidas para la Cultura, las Ciencias y la Educación

ADC: Conversor Analógico Digital

RESUMEN

La discapacidad visual se considera a la disminución visual parcial o total y es producida por una condición congénita o que se adquiere en el transcurso de la vida debido a múltiples factores. El campo de estudio relacionado a este tema es muy amplio, ya que, sea del tipo congénito o por las enfermedades que lo causan, se necesita estudios para la prevención como para la ayuda en sí, y para esto, los métodos o herramientas de ayuda son muy importantes para que la persona que lo padece. Para lanzar un producto o realizar un prototipo de ayuda, es importante realizar un análisis al grupo beneficiario, en la cantidad de personas y su estatus económico, y a partir de esos análisis, proponer herramientas o prototipos de ayuda alcanzables para el grupo beneficiario. En este trabajo, se realiza una reingeniería del prototipo de referencia, el cual permite detectar obstáculos situados a la altura de la cabeza y el tronco de la persona no vidente, en este caso, la reingeniería es en el diseño e implementación del prototipo, teniendo en cuenta que este a su vez, sea un complemento al bastón blanco, permitiendo a la persona que se desplace de forma autónoma, de manera más segura, más confiable y con relativa libertad. Para cumplir con los objetivos planteados se aplicó la metodología estructurada, ya que los procedimientos que se realizó se establecen por etapas y de forma secuencial, en donde, se inició con un análisis del campo aplicativo y de las debilidades de los dispositivos que existen y el de referencia, luego se procede a diseñar y optimizar el prototipo que complementa al bastón blanco para la persona no vidente. Por último, para obtener el resultado final se procede a instalar o acoplar el prototipo en las gafas, bajo consideraciones de usabilidad y ergonomía para la persona no vidente, teniendo resultados satisfactorios, además se realiza una verificación en el costo de producción del prototipo y se obtiene un producto accesible.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de estos dispositivos es muy importante para facilitar el desempeño humano, más aún cuando se trata de las personas más vulnerables que padecen de discapacidades y enfermedades catastróficas. La discapacidad visual es uno de los temas más importantes, ya que, sin la visión, no podemos orientarnos ni trasladarnos de manera libre, por este motivo, los instrumentos o prototipos de ayuda se vuelven indispensables ya que sirven como apoyo para que la persona no vidente se pueda desenvolver de la mejor manera.

En el Ecuador, según registros obtenidos en el mes de enero del 2022 de la página del Consejo Nacional de Igualdad de Discapacidades (CONADIS), a nivel nacional existen 471205 personas con alguna discapacidad, de los cuales 54397 personas padecen de alguna discapacidad visual, y de este grupo, 4928 personas tienen su visión crítica o ya padecen de ceguera a nivel del Ecuador, y a nivel local, en la ciudad de Cuenca, existen 420 no videntes (Figura 2-3) [1]. En el mundo, alrededor de 2200 millones de personas tienen una deficiencia visual, es decir, alrededor de un 27% de la población humana. En donde, según el informe de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Banco Mundial indican que las tres cuartas partes de la población de ciegos pudiesen haber sido tratados y que el 90% de los ciegos están en países en vías de desarrollo, y debido a que ellos tienen ingresos bajos, tienen tasas de ceguera ocho veces superiores en comparación a los de los países con ingresos altos. [2]

Por esta razón, sabiendo que el bastón es la herramienta principal de las personas no videntes debido a su economía y su fácil manejo, pero con la desventaja de la imposibilidad de reconocer objetos que estén a la altura de la cabeza y tronco de la persona, se realizará la reingeniería del prototipo gafas especiales para detección de objetos, adecuando el sistema de detección de obstáculos estrictamente en las gafas, reduciendo los costos y que el dispositivo esté al alcance económico de las personas no videntes.

El prototipo está compuesto de dos sensores para la detección de los objetos u obstáculos, un sensor ultrasónico y otro infrarrojo, estos envían señales de alerta mediante los motores de vibración dependiendo de la distancia en la que se encuentren, a mayor distancia las vibraciones serán más largas y a menor distancia las vibraciones serán más cortas. Este prototipo estará ubicado en la parte central de las gafas. El desarrollo del proyecto tiene como enfoque principal, la ayuda social a las personas con discapacidad visual, siendo un prototipo que esté al alcance económico, sea cómodo para la persona que lo utiliza, y lo más importante es que sea un buen complemento al bastón blanco.

ANTECEDENTES DEL PROBLEMA DE ESTUDIO

En la actualidad, existen diversos estudios enfocados al desarrollo de prototipos que permitan ayudar de una u otra manera a las personas no videntes. Entre los más conocidos están el bastón blanco, el perro guía y los lentes especiales [3]. El bastón blanco fue uno de los primeros dispositivos que aparecieron para la ayuda de mencionadas personas, este objeto permite desplazarse de un lugar a otro por medio de tanteo detectando obstáculos[3]–[5]. Luego apareció el perro guía, que son entrenados especialmente para guiar a las personas no videntes y actualmente están los lentes especiales que, a su vez, permiten detectar obstáculos mediante cámaras, sensores y otros dispositivos, pero su precio incrementa con cada dispositivo que se le adjunte y la aplicación que posea [3], [6].

Según los datos obtenidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) publicado en octubre del 2019 menciona que al menos 2200 millones de personas tienen discapacidad visual en el mundo, de los cuales, 217 millones tienen una deficiencia visual de moderada a grave y 65 millones son ciegos, y las tres causas principales son: los errores refractivos no corregidos, las cataratas, glaucoma, todos estos se pueden tratar a tiempo, estos tipos de deficiencia provoca daños severos a medida que la visión se deteriora y en su gran mayoría afecta a personas que están sobre los 50 años de edad. [7], [8]. El deterioro de la visión también es un impacto económico a considerar, por ejemplo, se calcula que, con las personas con miopía en el mundo, las pérdidas de productividad anuales son alrededor de \$ 25400 millones de dólares. [8]

En el Ecuador, las enfermedades visuales tienen un alto porcentaje de ser contraídas debido a la luz solar y al clima, ya que es un país que está ubicado más cerca al sol y los cambios climáticos son muy variantes. La radiación ultravioleta afecta más que en un país que no esté en la línea ecuatorial, y los principales problemas de visión son: pterigión, la degeneración macular relacionada con la edad, queratocono, desprendimiento de la retina, ojo seco y blefaritis, miopía y malposición de párpados relacionados con la edad.[9] Además de la ubicación regional del país, existen otras posibles causas que producen degeneración de la salud visual y es el uso desmedido de la tecnología, y la causa principal es la alteración del estado refractario de la visión, esto afecta a toda la población independientemente de la edad en que se encuentre la persona. [10]

En distintos países existen organismos dedicados a ayudar a personas con algún tipo de discapacidad y en nuestro país está la Federación Nacional de Ciegos del Ecuador (FENCE) que se dedica a ayudar a las personas con problema visual [11]. En la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca también se ha realizado trabajos dirigidos a la ayuda a las personas no videntes, y uno de ellos es el prototipo realizado en el cual se basará (Figura 7) para realizar una reingeniería del mismo ya que tanto el dispositivo es muy grande y el costo muy elevado [3].

Entonces, analizando el campo de estudio verificamos que existe un porcentaje considerable de personas no videntes y de los cuales la mayoría es ellos se considera que son de bajos recursos, por lo cual la propuesta es viable ya que este prototipo es un complemento del bastón blanco.

JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, hay un índice elevado de personas que padecen distintos tipos de discapacidades, y entre ellas está la discapacidad visual. Sabemos que la vista es una parte fundamental de nuestras vidas, nos permite desenvolver de la mejor manera y las personas que padecen de esta discapacidad tienen muchas dificultades de distinta índole, esto conlleva a que estén más expuestos a accidentes, ya sean estas leves o graves; debido a esto, nosotros como estudiantes de ingeniería tenemos la obligación de proponer herramientas que permitan a ellos a desenvolver fácilmente en su entorno y puedan prevenir o reducir accidentes.

Existen varios proyectos o prototipos direccionados a este ámbito, unos están en desarrollo y otros ya están en el mercado a nivel mundial, pero existe un gran problema y estos son los costos ya que son muy elevados. A nivel nacional han desarrollado varios dispositivos, pero por falta de financiamiento público o privado se ha quedado bloqueado ya que el costo va dependiendo de sus aplicaciones en mencionado prototipo.

En la Universidad también se ha trabajado para ayudar a las personas no videntes y se tiene un dispositivo de ayuda, el mismo que servirá como un dispositivo de referencia (Figura 7) [3]. Este dispositivo permite detectar objetos que estén a nivel de tronco y cabeza, además permite la localización de la persona que posea el prototipo; este dispositivo usa sensores ultrasónicos que permiten detectar los obstáculos, pero tiene algunas desventajas y las principales son: el tamaño del prototipo, su ubicación ya que este sistema está sujeto en el cuello y la conexión entre los sensores ultrasónicos y el sistema es mediante cables por ende estos están expuestos en el aire; y el costo del dispositivo es alrededor de 1400 dólares. Entonces, se plantea dar solución a estas principales desventajas, además acogiendo las recomendaciones de los mismos autores para trabajos futuros sobre el dispositivo, se pretende realizar la reingeniería correspondiente, para que el dispositivo sea alcanzable para los usuarios que son de bajos recursos.

Entonces, como se verifica en el problema de estudio, existe un campo grande de aplicabilidad ya que el mayor porcentaje de personas no videntes proviene de países subdesarrollados y zonas rurales con extrema pobreza, es decir, el prototipo a realizar es viable debido a los costos, ya que se pretende realizar un sistema que se adhiera a las gafas y sea un complemento del bastón blanco, y para aquello debe ser lo más pequeño posible para que sea cómodo, y permita detectar objetos situados a nivel de la cabeza y tronco de la persona no vidente.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Realizar la reingeniería en el diseño e implementación en el dispositivo de referencia electrónico que permita detectar obstáculos situados a la altura del cabeza y tronco de la persona no vidente y sea un complemento al bastón blanco.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar los costos y el tamaño del hardware del dispositivo de referencia.
- Analizar las debilidades del dispositivo de referencia para realizar la reingeniería respectiva.
- Diseñar y optimizar el sistema embebido que complemente al bastón blanco para la detección de obstáculos ubicados a la altura del tronco y cabeza de la persona no vidente.
- Adecuar el circuito electrónico diseñado bajo consideraciones de usabilidad y ergonomía para la persona no vidente.
- Verificar el funcionamiento y los resultados que brinda el prototipo realizado.

CAPÍTULO 1

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA O ESTADO DEL ARTE

En este capítulo se documenta la información relacionada con la discapacidad visual, el cual permite la mejor captación de ideas para contextualizar de mejor manera el proyecto realizado.

1.1. Discapacidad Visual

Es la deficiencia del sentido de la vista que afecta de forma parcial o total en la percepción de imágenes, y en el deterioro visual tenemos el deterioro visual distante y el deterioro visual cercano, y según la Organización Mundial de la Salud (OMS) el deterioro visual distante se clasifica en [3], [5], [6], [12], [13]

- **Discapacidad Visual Leve**

Una persona con agudeza visual entre 6/12 a 6/18, es decir, son aquellas personas que pueden corregir su visión por medio de lentes ópticos y pueden realizar todas las actividades sin restricción alguna.

- **Discapacidad Visual Moderada**

Una persona con agudeza visual entre 6/18 a 6/60, es decir, son aquellas personas que para poder mejorar su visión deben usar lentes oculares, aún así ya no pueden realizar todas las actividades.

- **Discapacidad Visual Severa**

Una persona con agudeza visual entre 6/60 a 3/60, es decir, una persona que regularmente percibe la luz, pero no se sabe de dónde proviene, y no se puede mejorar la visión con lentes oculares, y su principal sentido es el tacto.

- **Ceguera**

Una persona con agudeza visual inferior a 3/60, es decir, una persona que carece de visión o puede percibir mínimo destello de luz y necesita de ayuda para desplazarse.

1.2. Discapacidad Visual Global

La discapacidad visual es uno de los temas que se han venido tratando tanto a nivel mundial, América Latina y en nuestro país, de cómo reducir, ante todo como intentar prevenir que los números de los mencionados sea elevado.

1.2.1. Personas con discapacidad visual en el mundo.

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

La discapacidad visual en el mundo, según el informe de la Organización Mundial de la Salud (OMS) indica que, alrededor del 27% de la población humana tienen una deficiencia visual y que alrededor de 1000 millones de estos se podrían haberse prevenido o tratado a tiempo afirmó el Dr. Tedros Adhanom Ghebreyesus, Director General de la OMS, además, mencionó que es inaceptable que la cifra de 65 millones de personas tengan ceguera o tengan problemas de visión cuando se pudo haber evitado o corregido, o que 800 millones de personas con discapacidad visual no tengan acceso a lentes y no puedan realizar sus actividades diarias. [8] A nivel mundial, en la Tabla I se indican las causas principales de ceguera.

Tabla I. Principales causas que producen ceguera según la OMS. [8]

Causas principales de ceguera en el Mundo	Millones de personas
Presbiopía tratada y no tratada	1800
Ametropías (Errores Refractivos no abordado)	123,7
Catarata	65,2
Degeneración macular asociada a la edad	10,4
Glaucoma	6,9
Opacidades Corneales	4,2
Retinopatía Diabética	3
Tracoma	2
Otras causas	37,1

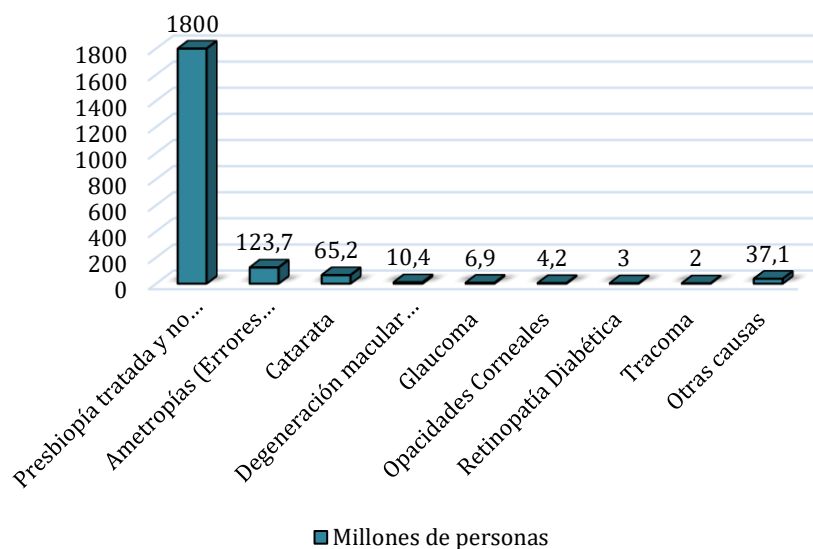


Figura 1. Principales causas que producen ceguera según la OMS. [8]

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

La discapacidad visual es un trastorno producido por diferentes causas, algunos se pueden prevenir o tratar, las principales causas de la discapacidad visual provienen de tipo congénito, tipo hereditario, adquirida en accidentes y los tumores [3]. Además, según el informe sobre la visión de la Organización Mundial de la Salud (OMS) menciona que 188,5 millones de personas con discapacidad visual son leves y se desconocen las causas, también se indicó las principales causas de ceguera crónica y se indica en la Figura 1 [8].

1.2.2. Personas con discapacidad visual en el Ecuador.

La discapacidad visual está presente en cada uno de los países del mundo y Ecuador no es la excepción. Los registros que nos entrega el Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades (CONADIS) en su plataforma nos indica que existen 54.397 personas con discapacidad visual ya sean estos leves o severos y los registros están hasta enero del 2022 [1].

Según los registros del CONADIS 22.519 personas que sufren de esta discapacidad son mujeres, 31.876 son hombres y 2 son personas LGBTI. El total de las personas con discapacidad visual, están separadas por el grado de discapacidad y se muestran a continuación en la Figura 2 [1].

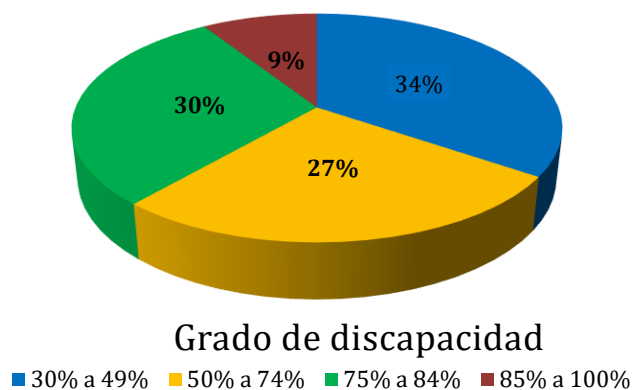


Figura 2. Distribución porcentual del total de personas por grado de discapacidad visual en el Ecuador [1].

- Con el grado de discapacidad visual de 30% a 49%, es decir, discapacidad leve, existen 18797 personas.
- Con el grado de discapacidad visual de 50% a 74%, es decir discapacidad moderada, existen 14590 personas.
- Con el grado de discapacidad visual de 75% a 84%, es decir discapacidad grave, existen 16082 personas.

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

- Con el grado de discapacidad visual de 85% a 100%, es decir discapacidad grave o permanente, existen 4928 personas.

En la provincia del Azuay existen 3641 personas que sufren de esta discapacidad con un porcentaje de 6,69% a nivel del país [1].

La distribución de grupos etarios en relación a la discapacidad visual se indica en la Figura 3 según la plataforma del CONADIS [1].

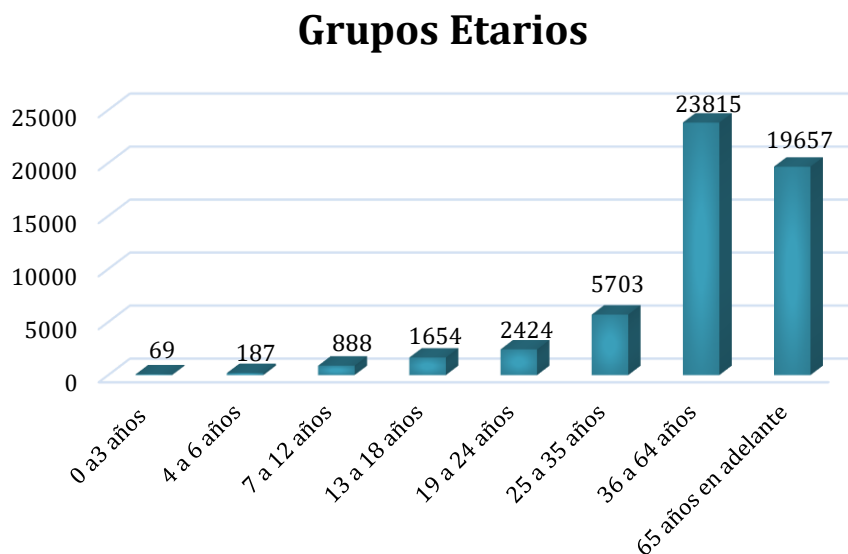


Figura 3. Distribución de grupos etarios relacionados con la discapacidad visual en el Ecuador [1].

1.3. Relación entre la Discapacidad Visual y la Pobreza

La pobreza es uno de los problemas que existe a nivel global, estos son más visibles en los países llamados subdesarrollados y en países en vías de desarrollo. Otra de las partes afectadas son las zonas rurales de distintas ciudades ya que en estos lugares carecen de ayuda por parte del gobierno de cada país.

Las discapacidades de cada una de las personas por lo general se dan porque no han podido ser tratadas o no se han detectado a tiempo por lo que las discapacidades se han incrementado y la discapacidad visual es uno de ellos. Según el informe de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Banco Mundial menciona que las tres cuartas partes de la población de ciegos pudieran haber sido tratados y que el 90% de los ciegos están en países en vías de desarrollo de los cuales las dos terceras partes

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

del total de los ciegos que se encuentran en África Subsahariana Occidental y Oriental y también del Asia Meridional ya que ellos tienen ingresos bajos e indican que tienen tasas de ceguera ocho veces superiores en comparación a los de los países con ingresos altos. [2].

La pobreza y las discapacidades afectan los suburbios de cada continente o país, y eso indica la OMS en su informe sobre la visión, que la mayoría de las personas ciegas se encuentran en los países en vías de desarrollo los cuales viven en zonas rurales, mientras que la mayoría de los servicios oftalmológicos y hospitales se encuentran en las grandes ciudades, además menciona que 90% de las personas ciegas en los países en vías de desarrollo no pueden trabajar, lo que causa una reducción del estatus social [2]. Además, según la (UNESCO), el 90% de los niños con discapacidad no asiste a la escuela, de los cuales incluyen los que tengan discapacidad visual, entonces, esto indica que la discapacidad genera pobreza en las familias, es decir, si en una familia existe una persona con discapacidad y no puede trabajar o no hay oportunidades de trabajo para aquella persona, entonces eso genera que la persona al no tener un sustento económico pues se verá afectado por la pobreza y por falta de recursos también afectara a la familia, es por aquello que es vital que exista una inclusión social y económica para las mencionadas personas [15].

1.4. Prototipos de ayuda que están en el mercado para que se puedan desplazar las personas con Discapacidad Visual.

En el mundo se han creado varios prototipos de ayuda para las personas con discapacidad visual, pero el costo para la adquisición de estos es muy elevado por lo cual es poco probable que pueda adquirir una persona de bajos recursos a menos que exista financiamiento de las empresas públicas o privadas o por parte de entidades de ayuda que exista en el mundo, caso contrario, los prototipos solo serán alcanzables para personas que posean altos ingresos económicos. A continuación, se indica algunos prototipos realizados y su precio en el mercado.

1.4.1. Bastón Blanco con ultrasonido

- **We Walk**

WeWalk (Figura 4) Es un bastón inteligente que permite detectar obstáculos que están a la altura del pecho o la cabeza, el precio del dispositivo es de alrededor de \$400 dólares [16].

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA



Figura 4. Bastón inteligente (WeWalk) para personas no videntes [16].

1.4.2. Gafas de ayuda para personas no videntes

- **Gafas Eyesynth**

Las gafas Gafas Eyesynth (Figura 5) Poseen Inteligencia Artificial y por ello permite identificar objetos con precisión, tiene una durabilidad de la batería de 8 horas, y los sonidos transmiten por los huesos de la cabeza y su costo esta alrededor de \$ 2057,10 dólares[17].



Figura 5. Gafa inteligente (Eyesynth) para personas no videntes [17].

- **OrCam MyEye**

OrCam MyEye (Figura 6) es un dispositivo que está de venta al público y se puede adherir a cualquier gafa. Las características de este dispositivo es que puede indicar por la voz todo lo que capta con la cámara, lee textos, reconoce rostros, no necesita Wifi, su precio ronda alrededor de \$ 5461,34 dólares [18].

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA



Figura 6. Prototipo inteligente (OrCam MyEye) para ayudar a las personas no videntes [18].

1.5. Prototipos de ayuda que se han realizado para que se puedan desplazar las personas con Discapacidad Visual.

Existen varios prototipos realizados por los estudiantes en cada Universidad o en Institutos Superiores, ya sea estos como tema de investigación o proyectos finales. Los trabajos realizados han permitido de una u otra manera ayudar a dichas personas y los familiares indican que les motiva que un centro educativo trate de ayudar a sus allegados y que por la situación económica no han tratado conseguir estos prototipos.



Figura 7. Gafas especiales para detección de obstáculos [3].

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca (UPS-Cuenca) ya se ha realizado este prototipo (Figura 7), pero posee debilidades y se puede realizar una versión mejorada o realizar una reestructuración, y se vio que se podría aportar en algo con el mencionado prototipo, por lo que este prototipo será el prototipo de referencia para la reingeniería.

1.6. Costos y tamaño del hardware del dispositivo de referencia

En la Tabla II. se verifica el costo final del dispositivo de referencia realizado en la Universidad Politécnica Salesiana (UPS) sede Cuenca, así como los precios de los componentes utilizados, costo de mano de obra, etc. Entonces, analizando cada uno de los parámetros se puede realizar la reducción del costo, en el desarrollo de la aplicación, ya que este tiene un costo elevado.

El método para la evaluación del costo de mano de obra por el desarrollo de la aplicación es basándose en las normas que regulan la aplicación y procedimiento de autorización de horarios por parte del ministerio de relaciones laborales en donde indica que la jornada laboral diaria es de 8 horas y al mes es de 30 días, y como el salario básico unificado que anunció el presidente de la república es de \$425,00, entonces se procede a calcular el costo de hora de trabajo. [19]

Tabla II. Presupuesto del dispositivo de referencia. [3]

Lista de Materiales	Cantidad	Precio Unitario	Precio final
Polymer Lithium-ion battery	1	\$ 14.95	\$ 14.95
Maxbotix Ultrasonic Rangerfinder-LV-EZ-LV-EZ1	2	\$ 40.00	\$ 80.00
Vibrating Mini Motor Disc	2	\$ 5.00	\$ 10.00
Arduino Pro Mini	1	\$ 10.00	\$ 10.00
Modulo Bluetooth	1	\$ 15.00	\$ 15.00
Cargador micro USB Jack-USB LiIon/LiPoly	1	\$ 6.95	\$ 6.95
Caja de Sensores	2	\$ 5.00	\$ 10.00
Caja Sistema	1	\$ 10.00	\$ 10.00
Estuches para caja Sistema	1	\$ 34.25	\$ 34.25
Componentes Varios		\$ 10.00	\$ 10.00
Desarrollo de Aplicación	240 horas	\$ 5.00	\$ 1200
		TOTAL	\$1401.15

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

$$\text{Costo de hora de trabajo} = \frac{\left(\frac{\text{Salario mensual}}{30 \text{ días}}\right)}{8 \text{ horas diarias}} \quad (1)$$

$$\text{Costo de hora de trabajo} = \$ 1.77$$

El valor que nos entrega la ecuación (1) es de \$1.77 dólares, y este valor es poniendo base de un salario básico ya que el dispositivo que es de ayuda y por aquello se pretende que los costos no sean exagerados, entonces verificamos el costo total del desarrollo de la aplicación con las 240 horas utilizadas por los desarrolladores del dispositivo de referencia es la siguiente.

$$\text{Costo del desarrollo de aplicacion} = 240 * 1.77 \quad (2)$$

$$\text{Costo del desarrollo de aplicacion} = \$424.80$$

Como podemos observar, el costo del desarrollo de la aplicación se redujo a más de la mitad, es más, es un salario básico que se obtiene. A demás se podría reducir costos en otros dispositivos, pero eso ya dependería exclusivamente del costo de cómo está en el mercado ya que estos no se pueden indicar si se reduce o se incrementa.

En cuanto al tamaño del dispositivo, existe dos cajas o carcasas como se indican en la Tabla III y la Tabla IV. En la Tabla III, se indica las dimensiones de caja en la cual están ubicadas los sensores y este no se puede hacer modificaciones ya que están exclusivamente solo los sensores. En cuanto en la Tabla IV. Están las dimensiones del dispositivo de referencia, en donde se verifica que el tamaño es relativamente grande, entonces con estos datos se pretende realizar una reingeniería en el dispositivo para adecuar de la mejor manera el mencionado sistema.

Tabla III. Dimensiones de la caja de sensores. [3]

Ancho	Alto	Largo
31 mm	31 mm	31 mm

Tabla IV. Dimensiones de la carcasa del dispositivo de referencia. [3]

Ancho	Alto	Largo
55 mm	28 mm	68 mm

1.7. Debilidades del dispositivo de referencia.

Las principales debilidades del dispositivo de referencia son: [3]

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1. Tamaño

El tamaño del dispositivo depende mucho de las aplicaciones que tenga el dispositivo en si, por aquello se ve que es un poco grande el dispositivo, aunque depende mucho de la perspectiva que observe cada usuario.

2. Precio

El costo de producción de este dispositivo esta sobre los 1400 dólares y como se ha analizado anteriormente en el tema; relación entre la discapacidad visual y con la pobreza, se plantea que cuando se realiza prototipos de ayuda es idóneo realizar prototipos que sean accesibles para mencionadas personas, ya que la mayoría de personas que necesitan de estos dispositivos son de bajos recursos económicos.

3. Acceso a una Smartphone

El sistema presentado tiene varias funciones y una de ellas es que la persona no vidente posea un Smartphone para el uso de la aplicación realizada con el fin de reconocimiento de billetes. Con relación a lo mencionado, la persona que usa este sistema tiene deficiencia visual o son personas no videntes, entonces si poseen un Smartphone van a estar más expuestos a un robo, y la idea principal es ayudar a la persona y no a exponer a un peligro adicional.

4. Uso de datos

Para usar el sistema de ubicación la aplicación necesita tener acceso a una red wi-fi o tener acceso a datos móviles, entonces para ello es necesario realizar un contrato de megas o agregar saldo a la red móvil, y esto conlleva un gasto para la persona no vidente, y como se indicaba en el tema relación discapacidad visual con la pobreza, sería ideal encontrar otros métodos para ayudar mediante esta aplicación de ubicación.

CAPÍTULO 2

2. MARCO METODOLÓGICO E IMPLEMENTACIÓN DEL DISPOSITIVO

Hoy en día el mundo vive un caos, en esta ocasión es un virus, que ha evidenciado que las personas estamos expuestos frente a cualquier enfermedad y los que más sufren son los adultos mayores y las personas más vulnerables con enfermedades catastróficas. Además, entre diversas enfermedades, también tenemos la discapacidad visual, que es uno de los campos de estudio que necesitan ser atendidos con la tecnología actual para el bienestar de los no videntes.

En este capítulo se indicará la arquitectura del sistema, indicando que es el principal complemento de la herramienta que usan las personas no videntes.

2.1. Arquitectura del sistema

La arquitectura del sistema se divide en dos principales partes, como se indica en la Figura 8. Se divide en bloques para la persona no vidente, el bloque 1 es el bastón blanco, que se convierte en su herramienta principal para el desplazamiento y el bloque 2 es el prototipo en sí, que llega a ser el complemento al bastón blanco.

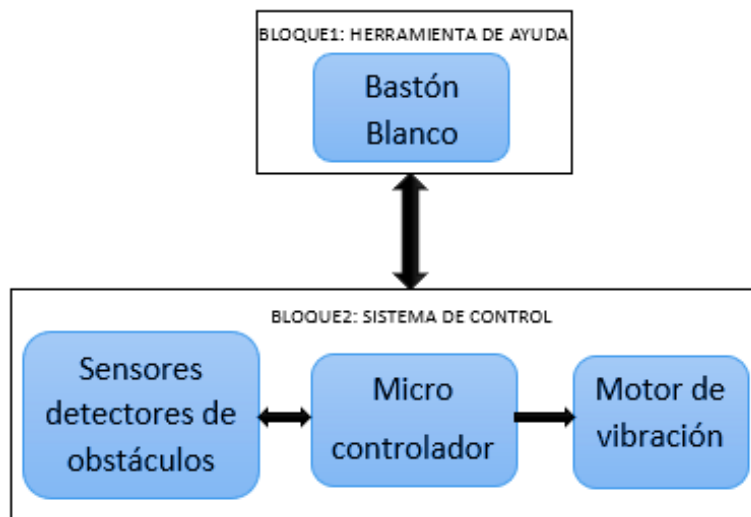


Figura 8. Arquitectura del sistema

Fuente: El Autor

CAPÍTULO 2. MARCO METODOLÓGICO

2.1.1. Bloque1: Herramienta de ayuda

En el bloque1 se encuentra la herramienta principal de la persona no vidente, ya que el dispositivo desarrollado es el complemento de la herramienta de desplazamiento como es el bastón blanco.

2.1.1.1. Bastón Blanco

El bastón blanco o también conocido como bastón guía, es uno de los instrumentos de movilidad que permiten que la persona no vidente se pueda desplazar de un lugar a otro de manera autónoma con el método de tanteo, ya que las características del mismo permiten percibir los obstáculos situados sobre el suelo[20]. Existen diferentes tipos de bastones blancos, los cuales nos permitirán identificar el grado de discapacidad de la persona.

2.1.1.2. Bastón Largo

Existen bastones largos pagables y rígidos, también conocido como bastón largo de Hoover o de movilidad, por lo general son fabricados de tipo tubo de aluminio recubierto con material plástico. Este tipo de bastones tiene un rango de medida que va desde 1.05 cm a 1.20 cm., la dimensión depende de la estatura de la persona que va a utilizar, ya que el bastón blanco debe estar acorde a la persona porque esto permitirá el correcto uso, posturas adecuadas y que pueda anticipar los obstáculos adecuadamente. [21], [22]

2.1.1.3. Bastón Kiddie

Este tipo de bastones son similares al bastón largo, la única diferencia es que son de uso exclusivo para niños. [22]

2.1.1.4. Bastón de identificación

También conocido como bastón símbolo, este tipo de bastones permite identificar a las personas con deficiencia visual y el grado de la ceguera, entre los cuales tenemos los siguientes: [20]–[22].

- 4.1. Blanco:** este tipo de bastón permite identificar personas con discapacidad visual grave o ceguera completa.

CAPÍTULO 2. MARCO METODOLÓGICO

- 4.2. Blanco y rojo:** este tipo de bastón permite identificar a las personas que presentan sordo-ceguera.
- 4.3. Blanco y verde:** este tipo de bastón permite identificar a las personas que padecen de baja visión.
- 4.4. Amarillo:** este tipo de bastón es usado como sustituto del bastón blanco o verde.

2.1.2.1. Técnicas para el uso del bastón blanco

EL uso del bastón se puede realizar con la mano más hábil o con la que más cómodo se sienta la persona con discapacidad visual, ya que no tiene restricción para su uso. A continuación, se menciona las técnicas más relevantes:

2.1.2.2. Técnica de Hoover



Figura 9. Técnica de desplazamiento Hoover [23].

Esta técnica es la más utilizada, ya que es mucho más cómoda para el desplazamiento de la mencionada persona y la manera de usar esta técnica es de la siguiente forma: la mano debe sujetar el bastón con todos sus dedos excepto el dedo índice que deberá estar prolongado por la parte plana del mango del bastón. El brazo debe estar doblado, cerca y centrado del obliquo de la persona para evitar desvíos o que la persona camine no en línea recta. El bastón se desplazará en forma semicircular de izquierda a derecha y viceversa (Figura 9), tocando el piso solo con el movimiento de la muñeca, este movimiento permitirá evitar obstáculos en el piso como son bordillos, gradas, huecos, etc. [21], [22]

CAPÍTULO 2. MARCO METODOLÓGICO

2.1.2.3. Técnica de deslizamiento

Se puede combinar con la técnica Hoover, con la diferencia de que la punta del bastón se desplace tocando la pared y el suelo. Esta técnica es usada para sitios cerrados como centros comerciales, edificios, etc. [21], [22]

2.1.2.4. Técnica de toque

Esta técnica es más para las partes o lugares de suelo dispares, es decir, el campo, vías rurales de tierra, etc., ya que con esta técnica se recomienda usar un bastón rígido, que permita el desplazamiento mediante dos o tres toques repetitivos en el suelo en forma de picado, y a su vez pueda servir de apoyo en algún momento determinado, ya que brinda mayor seguridad a la persona que lo usa. [21], [22]

2.1.2.5. Técnica de rastreo

Esta técnica permite a la persona no vidente reconocer espacios, para ubicarse en un sitio deseado, y la forma de saberlo es extender el brazo a la altura de la cadera y buscar un soporte fijo, es decir, puede ser la pared o algún objeto fijo, y lo reconoce mediante el roce con la mano al objeto a reconocer. [21], [22]

2.1.2.6. Técnica de subir y bajar escaleras

Para que la persona no vidente se desplace de un lugar a otro es recomendable que se ubique a su derecha y de la misma forma para subir y bajar por las escaleras. El modo de usar las escaleras es tomando el bastón en modo agarre de pinza, este modo permitirá a la persona saber la altura y el ancho del escalón y el bastón deberá estar siempre un escalón delante para que el usuario tenga la información necesaria para saber si está próximo a más escalones o a su vez donde termina los escalones ya sea de cuando sube o baja. [21], [22]

2.1.3. Bloque2: Sistema de Control

En el bloque2 se encuentra el sistema de control, en donde, el principal elemento es el microcontrolador, ya que este se encarga de la adquisición de datos que envía el sensor ultrasónico, posterior a esto, el microcontrolador envía instrucciones al motor de vibración. A continuación, se detallará el elemento más importante del sistema construido.

CAPÍTULO 2. MARCO METODOLÓGICO

2.1.3.1. Microcontrolador

Los microcontroladores son circuitos integrados que permite grabar instrucciones, los cuales interactuaran con los circuitos externos que son diseñados para determinado trabajo o proyecto, en este caso se usó la placa de Arduino basado en el microcontrolador de Atmel. Arduino es una plataforma de hardware y software libre, dispone de diversas placas que se pueden adaptar según las necesidades tengamos en la construcción de los proyectos. En este caso, se usó el Arduino micro Pro, ya que los requerimientos de el proyecto realizado tenía que ser lo más pequeño y cómodo posible, los cuales más adelante se indicara las características y los detalles correspondientes. [24]

2.2. Implementación del hardware del dispositivo.

La implementación del dispositivo electrónico se procedió a realizar a partir del diagrama de bloques indicado en la Figura 8. En donde, a partir del diagrama de bloques se procede a realizar el esquema y se obtiene el diseño indicado en la Figura 10. Cabe indicar que el dispositivo desarrollado es un complemento del bastón blanco, y para optimizar el producto se redujo de tamaño para que sea cómodo para la persona que lo usa, además de esto y lo más importante es que sea económico y esté al alcance de los que más lo necesitan, ya que este proyecto está dirigido a las personas de bajos recursos económicos.

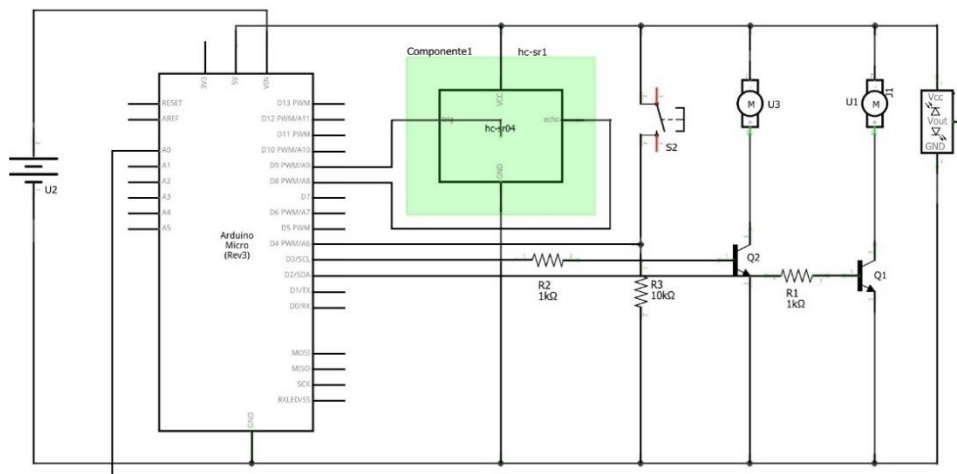


Figura 10. Diseño del sistema electrónico del prototipo de ayuda

Fuente: El Autor

A continuación, se indica los elementos principales que se utilizaron en el dispositivo con sus respectivas especificaciones técnicas.

CAPÍTULO 2. MARCO METODOLÓGICO

2.2.1. Arduino Micro Pro

El hardware de Arduino se puede encontrar en cualquier parte del mundo, debido a su disponibilidad en el mercado, debido a esto, para implementar el sistema electrónico se utiliza el Arduino micro Pro, ya que es una pequeña tarjeta electrónica de dimensiones de 18x35 mm basado en un microcontrolador Atmel Atmega32A, consta de 18 pines entrada/salidas digitales (9 pueden actuar como entradas análogas y 5 como canales PWM) y la corriente que cada pin puede proporcionar o recibir un máximo de 40mA. [25] En la Tabla V se indica las especificaciones técnicas del dispositivo Arduino micro Pro.

El software de Arduino es de código abierto, es decir de software libre, esto permite que se pueda programar con el software Arduino, ya que ATmega 32A en el Arduino micro Pro viene pregrabado con un gestor de arranque que le permite cargar el código nuevo sin ninguna necesidad de un programador de hardware externo. [24], [25]

Tabla V. Especificaciones técnicas del Arduino Micro Pro. [25]

Especificaciones técnicas	
Microcontrolador ATmega328	5 v/16 MHZ
Voltaje de entrada	6-12 V
Interfaz de programación	Conector micro B
pines entrada/salidas digitales	18(9Analog, 5PWM)
Corriente CC por pin de E/S	40mA
Dimensiones	18 x 35 mm

2.2.2. Sensor de proximidad HC-SR04

El sensor HC-RS04 es el más utilizada para medir la distancia para evitar obstáculos, dispone de 4 pines, dos son de alimentación y los otros son para la detección de obstáculos, y estos son: un emisor y un receptor de ultrasonidos, es decir, tiene un pin de disparo por el cual se emite un tren de pulsos de ondas ultrasónicas y el otro pin es por el cual nos devuelve dicho pulso. El tiempo transcurrido desde el disparo hasta la vuelta del disco pulso nos permite obtener la distancia del objeto que se encuentre en frente. [26] A continuación se indica en la

Tabla VI se indica las especificaciones técnicas correspondientes al sensor HC-SR04.

CAPÍTULO 2. MARCO METODOLÓGICO

Tabla VI. Especificaciones técnicas del sensor de proximidad HC-SR04. [26]

Especificaciones técnicas	
Voltaje de trabajo	5V
Corriente de trabajo	15mA
Frecuencia de trabajo	40KHz
Rango de funcionamiento	2 a 400 cm
Angulo de detección	15° a 20°

La onda ultrasónica tiene un ángulo de detección (ancho de haz) de aproximadamente 30 grados, pero para mayor efectividad del dispositivo se recomienda que este dentro de un ángulo de 15 grados y todo objeto que este dentro de ese ángulo será detectado hasta una distancia entre 2cm a 400cm. [26] A continuación, en la Figura 11 se indica el ángulo de detección del sensor.

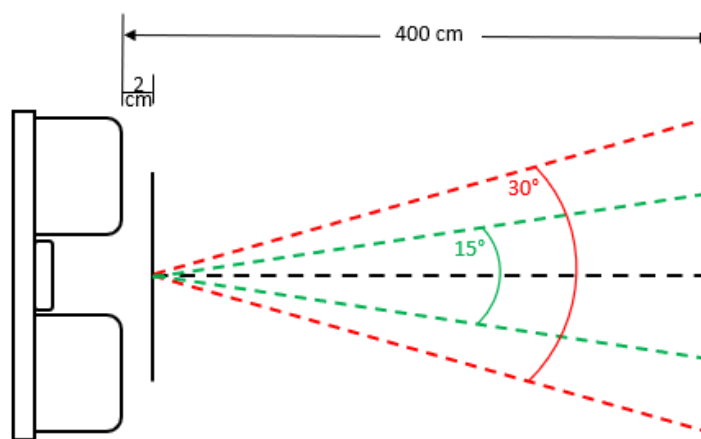


Figura 11. Angulo de detección del sensor ultrasónico HC-SR04

Fuente: El Autor

2.2.3. Sensor por infrarrojo GP2Y0A02YK

Los sensores Sharp son una familia de sensores que se caracterizan por ser muy exactos debido a su forma de trabajo, existen varios tipos, pero el que se usa es el sensor GP2Y0A02YK; este es un sensor de distancia por infrarrojo que permite obtener la distancia entre rango de 20cm a 150cm entre el sensor y el objeto, este rango depende de la geometría sensor y de su óptica. El método usado para medir la distancia entre el sensor y el objeto es la triangulación, es decir, el sensor con la ayuda de un emisor infrarrojo y un receptor miden la distancia usando triangulación,

CAPÍTULO 2. MARCO METODOLÓGICO

este método consiste en medir uno de los ángulos que forma el triángulo emisor-objeto-receptor como se muestra en la Figura 12, el receptor detecta el punto de incidencia y este a su vez depende del ángulo que se genera dependiendo la distancia que se encuentra el objeto. [27]

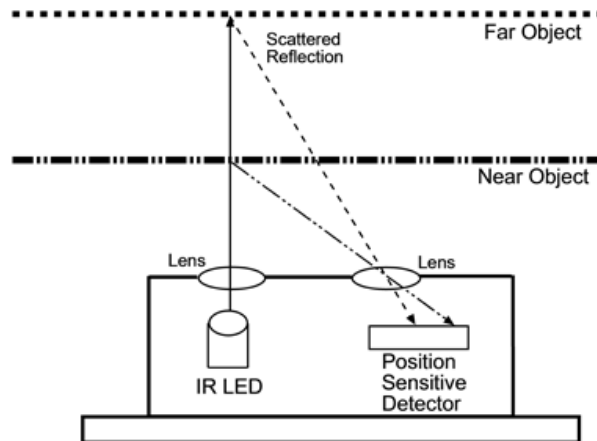


Figura 12. Método de triangulación que usa el sensor por infrarrojo Sharp GP2Y0A02YK. [27]

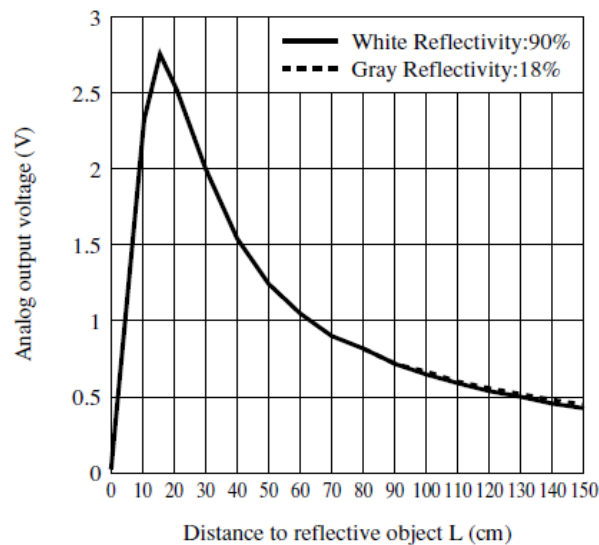


Figura 13. Gráfico de distancia-voltaje del sensor infrarrojo Sharp GP2Y0A02YK.[27]

La salida según el datasheet del dispositivo nos indica que la salida analógica en 20cm tiene el voltaje de 2.5V y a 150cm tiene un voltaje de 0.4V, pero la salida no

CAPÍTULO 2. MARCO METODOLÓGICO

es lineal, el dispositivo entrega una señal de voltaje correspondiente a la distancia de detección, en el cual para la mejor interpretación en la Figura 13 se indica la relación distancia-voltaje de este tipo de sensor. [27]

Para realizar medidas de distancia con el sensor Sharp, es necesario tener la relación del valor de ADC (Conversor Analógico Digital) vs distancia, pero en el datasheet tenemos la relación voltaje vs distancia, para esto tenemos dos métodos por el cual se puede realizar lo mencionado, el primero es aplicando regresión a dicha curva y posterior a ellos despejar el voltaje para remplazar por la ADC que nos entrega el Arduino y el otro método es tomar las muestras y hallar la ecuación del sensor en específico. Cabe indicar que, para encontrar la ecuación de la curva determinada en el datasheet del sensor Sharp, se la relaciona con la ecuación exponencial decreciente como se indica en la ecuación (3) y como no se tiene ningún desplazamiento, el parámetro b es cero, entonces la ecuación (4) es con la que se trabaja para relacionar la curva del sensor y el valor de ADC que se obtiene del Arduino, y como el valor del ADC y el voltaje son proporcionales entonces se puede remplazar los valores de $f(x)$ que es la distancia y a es el valor ADC.[27]

$$f(x) = k * a^x + b \quad (3)$$

$$f(x) = ka^x \quad (4)$$

Para obtener los valores se puede tomar dos puntos y estos puntos se remplaza en $f(x)$ y a y se procedería remplazar para tener un sistema de ecuaciones y encontrar el valor de la distancia, ya que la entrada analógica nos da el valor de $f(x)$, pero cabe indicar que para más exactitud es recomendable tomar varias muestras y realizar un proceso de obtención de la ecuación exacta. [27] Entonces para obtener la ecuación que nos da la distancia se procedió a realizar lo siguiente:

Primero se procede a tomar muestras de la entrada analógica en varias puntos determinadas, esta distancia es medida con un flexómetro y se obtiene los puntos indicados en la Tabla VII, posterior a aquello se procede a realizar la gráfica, para ello insertamos la gráfica de dispersión y obtenemos la gráfica indicada en la Figura 14, luego se procede a obtener la ecuación y verificar la línea de tendencia y posterior a ello se adecua a que sea lo más proporcional posible y con ello se obtiene la ecuación (5) que es similar a la ecuación (4) dada, cabe indicar que cuando se realiza el registro de los puntos es preferible registrar varias muestras, ya que con cada uno de los puntos la ecuaciones son más exactos y la ecuación (5) es el que se usa en el programa para obtener la distancia en el que se encuentra el objeto. Pero como se indicó, cada sensor tiene sus características que podrían ser similares a las entregadas o caso contrario serán muy diferentes. [27] El análisis se realizó en Microsoft Excel, y la gráfica obtenida en comparación a la entregada por el datasheet sobre el

CAPÍTULO 2. MARCO METODOLÓGICO

comportamiento de la salida es similar, en la Figura 13 y Figura 14 se puede ver dicho comportamiento.

$$f(x) = 4293.5a^{-0.705} \quad (5)$$

Tabla VII. Datos obtenidos de la entrada analógica del sensor por infrarrojo Sharp GP2Y0A02YK.

Fuente: El Autor

Distancia(cm)	Salida(ADC)
150	135
140	139
130	143
120	148
110	156
100	161
90	173
80	183
70	204
60	230
50	264
40	320
30	406
20	547

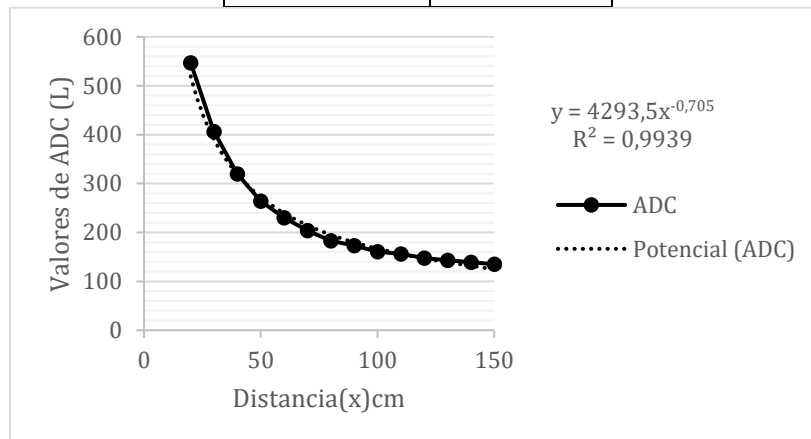


Figura 14. Grafica obtenido de la entrada analógica del sensor Sharp GP2Y0A02YK.

Fuente: El Autor

CAPÍTULO 2. MARCO METODOLÓGICO

Es importante indicar que, en el datasheet, el fabricante nos recomienda lo siguiente: debido a que el sensor consume corriente en ráfagas grandes y cortas, nos recomienda colocar un capacitor de 10 μ F o más a través de la alimentación y tierra cerca del sensor para estabilizar la línea de suministro de energía. En la Tabla VIII se puede visualizar las especificaciones técnicas eléctricas del sensor GP2Y0A02YK. [27]

Tabla VIII. Especificaciones técnicas del sensor de infrarrojo GP2Y0A02YK. [27]

Especificaciones técnicas	
Tensión de funcionamiento	4.5V a 5.5V
Corriente de trabajo	33mA
Periodo de actualización	38 \pm 10ms
Rango de medición del sensor	20 a 150 cm
Peso del sensor	0,18 oz (5g)

2.2.4.Motor de vibración

El Guangdong 3.7 V DC, es un motor eléctrico que tiene múltiples funciones y son adaptables para proyectos que requieran ser lo más pequeño posible. El funcionamiento del motor hace que se sienta una sensación de vibración, en este caso, esa sensación de vibración permite que la persona este en alerta, ya que más adelante se encuentra un obstáculo.[28] El objetivo del motor es ir indicando con las vibraciones a medida que se va acercando el obstáculo, si el obstáculo se encuentra a mayor distancia, la vibración del motor es por cierto tiempo y tendrá una pausa similar al tiempo que duró la vibración, pero a medida que se acerca al obstáculo, el motor vibrará más rápido y con pausas cortas similares al tiempo de vibración.

2.2.4.Batería de Litio

La batería que se utiliza es de Litio, en este caso se utiliza esta batería debido a las prestaciones y a su tamaño, ya que se adaptó de manera idónea al proyecto en sí. Este tipo de baterías son recargables, que permite que el usuario los recargue y si su tiempo de vida útil termina, es de fácil remplazo.

2.3. Implementación del prototipo en las gafas

En cuanto a la implementación del prototipo, este se ubicó en las gafas en la parte central, debido a que con los sensores que logra captar un ángulo adecuado y la distancia propicia para no tener problemas con los obstáculos. En la Figura 15 se puede observar la caja en el cual se adecuo el prototipo, las dimensiones del prototipo final son de 44mm alto, 68mm largo y 25mm ancho, el prototipo está sujeto a las gafas mediante mini tornillos. Cabe indicar que, no se realizó ningún diseño para el

CAPÍTULO 2. MARCO METODOLÓGICO

prototipo, debido a que el tamaño del mismo se adecuó los materiales que se disponen en el mercado y es replicable en todo aspecto, ya que desde la primera instancia era realizar el prototipo que esté al alcance de todos y todos sus componentes se encuentren disponibles en todas las regiones.



Figura 15. Caja de plástico adecuado para la implementación del prototipo de ayuda

Fuente: El Autor

El prototipo fue adecuado de manera que sea lo más pequeño posible, y se adapta a las gafas como se indica en la Figura 16.



Figura 16. Prototipo de ayuda adaptado a las gafas

Fuente: El Autor

CAPÍTULO 2. MARCO METODOLÓGICO

2.4. Funcionamiento del prototipo

El dispositivo dispone de un switch para la alimentación, este a su vez alimentará o desconectará la energía al circuito, posterior a estar alimentado el circuito, el prototipo tiene un botón de inicio para su funcionamiento, una vez presionado el circuito entra en funcionamiento y todo el sistema empieza a funcionar. Como el dispositivo se encuentra en las gafas los sensores ubicados en el sistema detectaran los objetos que se encuentren a nivel de la cabeza y tronco de la persona. El sistema consta de dos sensores, una es ultrasónico y el otro es infrarrojo y para indicar que un objeto está cerca, los motores vibrarán y mantendrán en alerta a la persona no vidente. El sensor ultrasónico detectará los objetos entre un rango de distancia de 10cm y 300cm y cuando el objeto este dentro de este rango, el motor virador funcionará, a medida de donde se encuentre el objeto detectado, este vibrará, es decir, si se encuentra a 250 cm habrá vibraciones en periodos largos y a medida que el objeto se encuentre más cerca a la persona, el motor vibrará con periodos de cortos, este cambio permitirá a la persona a darse en cuenta de que tan cerca o que tan lejos esta del objeto u obstáculo. De la misma manera funciona el sensor infrarrojo, solo que este sensor tiene un rango de detección de 20cm a 150 cm y el funcionamiento es similar, mientras más lejos esté el objeto detectado, los periodos de vibración serán más largos y si está cerca los periodos de vibración serán más rápidos. Cada sensor funciona con un motor independiente, y las vibraciones es de manera secuencial para evitar que exista confusiones.

CAPÍTULO 3

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se indicará las pruebas realizadas tanto del prototipo y del programa realizado y el comportamiento del motor ante la presencia de obstáculos.

3.1. Pruebas del sensor ultrasónico

El prototipo realizado está ubicado en las gafas, por lo cual, los objetos que están a la altura de la cabeza y tronco de la persona no vidente serán detectados por estos sensores, en este caso, la prueba realizada a una distancia de 30 cm, los sensores tanto el ultrasónico y el infrarrojo tienen el comportamiento indicado en la Figura 17, en donde, el motor vibra de forma secuencial siempre que se encuentre a la distancia indicada, si la distancia varía, las vibraciones irán en incremento o decremento dependiendo de la variación de la distancia. El sensor ultrasónico será el primero en mandar la señal y el comportamiento del motor será como se ha indicado en la Figura 17, y posterior a ello, el sensor infrarrojo con su motor tendrá los mismos comportamientos. El rango de trabajo del sensor ultrasónico es de 2cm a 400cm y el sensor infrarrojo tiene un rango de trabajo de 20cm a 150cm, y es por ello que el comportamiento es similar a la distancia indicada.

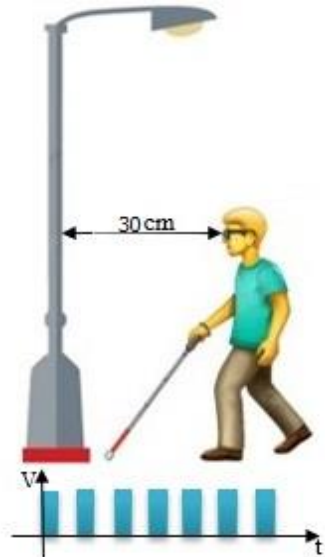


Figura 17. Comportamiento del motor de vibración a una distancia de 30cm

Fuente: El Autor

CAPÍTULO 3. IMPLEMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Debido al rango de trabajo del sensor ultrasónico, se procede realizar las pruebas a una distancia de 250cm, por lo cual, el comportamiento del motor de vibración es la indicada en la Figura 18, en donde, el motor permanecerá encendido y apagado por más tiempo, debido a que el objeto se encuentra a mayor distancia, de la misma manera, si hay variación en la distancia, el motor incrementará o decrementará el tren de pulsos ante cualquier variación. Cabe indicar que el rango de detección del sensor ultrasónico es hasta los 400cm, pero en el programa realizado se ha colocado un rango de 10cm a 300cm para no exceder en sus límites de detección.

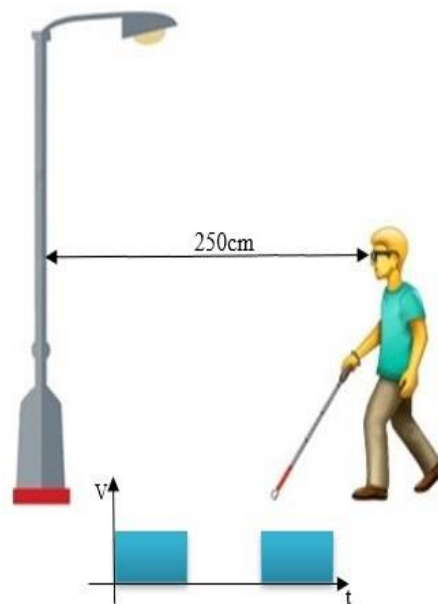


Figura 18. Comportamiento del motor de vibración a una distancia de 250cm

Fuente: El Autor

3.2. Prueba de sensor infrarrojo

El sensor infrarrojo utilizado trabaja en rangos de 20cm a 150cm de distancia por lo cual, no se puede exceder este rango, entonces, se procedió a realizar la prueba a una distancia de 130 cm por lo que se tiene el comportamiento indicado en la Figura 19, la vibración del motor es más lenta en comparación a la distancia de 30cm. A esta distancia el comportamiento del sensor infrarrojo y del sensor ultrasónico son similares. Cabe indicar, el sensor infrarrojo tiene una diferencia de ± 10 cm de error de detección a una distancia del máximo rango de detección que es de 150 cm, a esta distancia indica un valor menor al medido y este es de 140cm y a medida que decrece la distancia el error disminuye y en el rango mínimo de detección de medida de

CAPÍTULO 3. IMPLEMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

20cm, da un resultado de 18cm. Este error depende de la ecuación obtenida a partir de la toma de puntos indicada en el capítulo anterior.

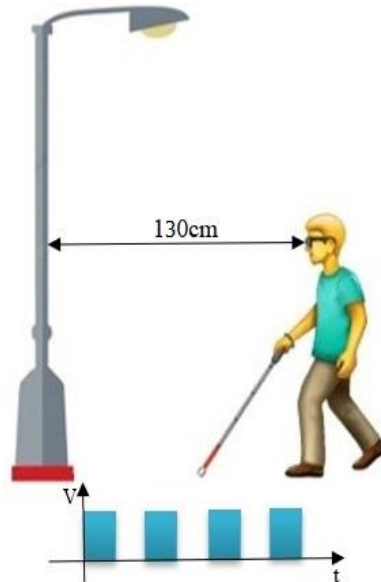


Figura 19. Comportamiento del motor de vibración a una distancia de 130cm

Fuente: El Autor

3.3. Análisis de resultados

Una vez concluida la fase de construcción, se obtuvo un prototipo pequeño, liviano y cómodo de usar, y como está colocado en las gafas no incomoda a la persona que lo utiliza, entonces, desde el punto de vista de la propuesta planteada, se ha logrado cumplir con los objetivos planteados, y lo indispensable era reducir el tamaño y costo del prototipo, ya que el prototipo base tiene un precio alrededor de ocho veces mayor al obtenido, y lo más importante es que cada uno de los elementos usados para el desarrollo del prototipo están al alcance de todos, ya que los elementos usados están a disposición en cualquier tienda electrónica.

Una vez realizadas las pruebas en laboratorio, se procede a realizar pruebas en el campo, en donde, el análisis se realiza a una persona de la tercera edad que tiene ceguera total, en el cual, los resultados son alentadores. Cabe indicar que la persona se guía solo con el bastón de madera y mediante tanteo, no usa el bastón blanco debido a que además de guía, el bastón lo usa de apoyo y por ello usa una de madera. Entonces se procede a colocarle las gafas, en primera instancia y hasta familiarizarse con el prototipo pero una vez ya familiarizado la persona se siente más seguro al momento de desplazarse; se colocó objetos que sirvan de obstáculos a la distancia indicada en la Figura 18 y el sensor ultrasónico lo detectó como se tenía programado,

CAPÍTULO 3. IMPLEMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

a la distancia indicada en la Figura 19, detectaron los dos sensores como debería responder el prototipo y a la distancia indicada en la Figura 17 de igual manera los sensores lo detectaron, posterior a ello se procedió a colocar objetos mientras se desplazaba y los sensores los detectó y la persona pudo evadirlos sin la ayuda de alguna persona. (Ver Apéndice A).

3.4. Comparación del nuevo prototipo y el prototipo base.

La propuesta del nuevo prototipo era realizar una reingeniería en el diseño e implementación sobre el prototipo anterior realizado para la ayuda de las personas no videntes, que permita evitar obstáculos que se encuentren a la altura de la cabeza, y que sea un complemento del bastón blanco. Entonces, se procedió a evaluar costos del prototipo y reducirlos, analizar las debilidades del prototipo de referencia, adecuar el circuito y el prototipo bajo consideraciones de usabilidad y ergonomía para persona no vidente. Y bajo estos parámetros se realiza la comparación entre los prototipos realizados.

- **Costos**

El nuevo prototipo realizado tiene un costo aproximado de \$175,00 dólares y el prototipo anterior tiene un valor de \$1401,15 dólares, cabe indicar que los costos podrían incrementar con la realización de otras aplicaciones, pero en sí el prototipo es accesible a todas las personas que lo necesitan. El nuevo prototipo diseñado consta de elementos electrónicos que están disponible en cualquier mercado y se tiene acceso a cada uno de ellos, en comparación al prototipo anterior, los sensores usados son de difícil acceso y los autores del prototipo anterior lo mencionan y su costo esta alrededor de \$50 dólares cada uno.

- **Debilidades**

Una de las debilidades del prototipo anterior es que los sensores que usa, no se puede ponerlo cerca, debido a que los dos son ultrasónicos y si se pone cerca uno del otro puede producir interferencias y dar lecturas falsas, ya que sus ondas podrían mezclarse e intercambiarse las lecturas, en el nuevo prototipo se usa dos sensores, uno es ultrasónico y el otro es infrarrojo, en este caso los dos están ubicados en la parte frontal de las gafas y entre ellos no existe interferencia, el único objetivo entre los dos sensores es que las lecturas sean seguras por algún motivo una de ellas deje de funcionar o no detecte el obstáculo.

CAPÍTULO 3. IMPLEMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

- **Usabilidad y ergonomía**

Uno de los parámetros a tener en cuenta al momento de realizar algún prototipo es que sea cómodo para el usuario, y para que cumpla los parámetros de usabilidad y ergonomía se procede a realizar el prototipo que este ubicado en las gafas y que no incomode al usuario. El prototipo es pequeño, pero aun así se considera grande, pero su peso es imperceptible, y todo el prototipo se encuentra en el mismo lugar, con lo cual se evita tener cables y otros accesorios por separado, ese es una de las ventajas que este prototipo, ya que el anterior prototipo solo los sensores están colocados en las gafas y lo demás se encuentra sujeto al cuello del usuario y los cables que conectan a los sensores están expuestos.

3.5. Presupuesto del prototipo

El costo de los materiales utilizados en el prototipo y su mano de obra se indica en la Tabla IX.

Tabla IX. Presupuesto del prototipo de ayuda realizado

Fuente: El Autor

Descripción	Cantidad	Precio	Precio final
Arduino micro Pro	1	\$10.00	\$10.00
Sensor Ultrasónico HC-SR04	1	\$8.00	\$8.00
Sensor infrarrojo GP2Y0A02YK	1	\$15.00	\$15.00
Polymer Lithium-ion battery	1	\$5.00	\$5.00
Caja del sistema	1	\$4.00	\$4.00
Cargador uUSB Jack-USB LiIon/LiPoly	1	\$10.00	\$10.00
Motor de vibración Micro DC	2	\$4.00	\$8.00
Gafas	1	\$5.00	\$5.00
Otros componentes electrónicos		\$10.00	\$10.00
Mano de obra		\$100.00	\$100.00
		TOTAL	\$175.00

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

CONCLUSIONES

La ceguera es uno de los problemas que sigue y seguirá afectando con el transcurrir el tiempo, no solo a nivel local, nacional sino a nivel mundial. En el Ecuador existe un gran número de personas que padecen de este tipo de discapacidad según los datos del CONADIS, pero también existen personas que no están registradas ya sea por descuido de los familiares o por los trámites a seguir, y sea cual sea el motivo, el número de personas que padecen esta discapacidad es un número considerable.

A nivel mundial, nacional o local, el tema de la economía es un tema a tener mucho en cuenta cuando se va a realizar prototipos o herramientas de ayuda para las personas que más lo necesitan, ya que de nada sirve realizar productos o prototipos a costos muy elevados y que sean inaccesibles para las personas, ya que como se indicaba en el capítulo 1, el 90% de las personas que padecen estos problemas son personas de escasos recursos y de sectores muy vulnerables.

La mayoría de las personas que padecen ceguera, desarrollan otros sentidos que les permiten desplazarse, como por ejemplo el sentido del tacto, el sentido auditivo, pero además de desarrollar estos sentidos, ellos necesitan de alguna herramienta para poder desplazarse y de ahí nace la herramienta principal y es el bastón blanco. Pero esta herramienta no puede prevenir que las personas no videntes sufran accidentes en la parte alta, ya que el bastón permite desplazarse mediante tanteo, pero solo a nivel del suelo, es por ello que se propone herramientas que permitan evitar estos accidentes, por ello, se realiza el prototipo para reducir accidentes a nivel de la cabeza y tronco de la persona, ya que este prototipo es un complemento al bastón blanco.

El prototipo no afecta a ningún sentido que desarrollan las personas no videntes, ya que los motores de vibración que sirven como alarma de prevención están ubicadas en las gafas, además como todo el prototipo se encuentra en conjunto adherido a las gafas, no existe ningún cable o dispositivo que corra riesgo de desconexión o algún desperfecto, y si la vida útil de los dispositivos usados llegasen a su etapa final, se puede reemplazar sin ningún contratiempo, ya que todos los elementos usados existen en el mercado.

CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las pruebas realizadas permiten indicar que el prototipo realizado es muy cómodo y fácil de usar, y que permite el desplazamiento independiente de la persona que lo utiliza, además de ser de gran ayuda para las personas que lo utilicen, ya que el riesgo de tener accidentes a nivel de tronco y cabeza se reduce en un porcentaje alto.

El prototipo realizado solo se enfoca en la detección de obstáculos, no se toca el tema de la ubicación y reconocimientos de billetes debido a múltiples desventajas y se indica a continuación. Cuando se trabaja con tarjeta Sim900 o de mensajería, se tiene estas desventajas, se requiere trabajar con corriente de 2 Amperios a 9 voltios, esto implica que las baterías para trabajar con este tipo de tarjetas sean más grandes, otra desventaja es que el módulo GPS solo funciona en campos abiertos, es decir, presenta fallas de detección cuando se encuentra bajo edificaciones o cuartos cerrados, y la otra desventaja es que para trabajar con mensajería y GPS es necesario que tenga datos o saldo tanto el Sim del prototipo como en el teléfono al que es incluido y como es conocimiento de todos, las señales prestadas por diferentes compañías telefónicas en el país no es el óptimo, es por ellos que se descarta este tema. Y en cuanto a la aplicación de reconocimiento de billetes, se cree que es innecesario debido a que las personas no videntes, desarrollan el sentido del tacto por el cual ellos ya pueden saber el valor del billete, otra desventaja es que a las personas no videntes se les dificulta el manejo de un teléfono inteligente y peor aún las aplicaciones. Ahora asumiendo que las personas no videntes puedan usar un teléfono inteligente, es ponerles en riesgo o exponerlos a robos tanto del teléfono y como del dinero, y por estas desventajas se descarta estos temas en el desarrollo de este proyecto, ya que la idea es ayudar y no a exponerlos o que estas personas tengan más dificultades que en un inicio.

Teniendo en cuenta el análisis comparativo entre los dispositivos realizados, este es un prototipo accesible para todas las personas que lo requieran debido a su costo, es cómodo ya que es imperceptible debido a que al estar adjunto a las gafas.

CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Cuando se va a realizar prototipos de ayuda, investigar el campo de aplicación, a quienes va dirigido y la situación económica del grupo a quienes va dirigido, ya que muchas de las veces se pretende realizar productos muy costosos, con aplicaciones que muchas de las veces no tienen sentido, y al final, el producto es inaccesible para las personas a quienes se dirigió.

Cuando se va a realizar prototipos de ayuda, verificar las ventajas y desventajas de la adquisición de los elementos que lo conforman antes de desarrollar el prototipo, debido a que es un problema cuando se realiza con elementos que no hay en el mercado local, ya que, si se utilizan elementos que solo se encuentran en grandes ciudades, la adquisición de los mismos va a tomar tiempo y el costo es más elevado, y si su prototipo necesita de reparación, no se podrá brindar asistencia inmediata.

El prototipo desarrollado funciona con batería recargable, es recomendable estar pendiente de realizar la recarga, ya que, si no se lo realiza, lo más probable es que puede quedar sin energía el dispositivo y para la respectiva recarga y conexión de la batería, es necesario que una tercera persona le ayude para evitar conexiones invertidas, ya que esto produciría que el prototipo se dañe.

Para trabajos futuros, es recomendable que analizar y verificar que herramientas o aplicaciones son más necesarias para las personas no videntes e incluirlos en un prototipo que se pueda usar sujeto a un cinturón del pantalón, o en algún otro lugar, y que sea un prototipo multiusos, ya que muchos de los comentarios de las personas no videntes mencionan que es incómodo y sienten temor de estar con varios prototipos por separado, en ese prototipo se puede incluir el botón de emergencia para saber la ubicación de la persona no vidente.

Otro trabajo futuro es que se pueda reemplazar elementos usados para detectar objetos, por unos más pequeños, siempre y cuando exista en el mercado para reducir más aun el tamaño del prototipo, o reemplazar por una mini cámara que haga el trabajo de detección de obstáculos y reconocimiento de que objeto se encuentra cercano a la persona no vidente.

APÉNDICES

APÉNDICE A

Nombres y Apellidos	Manuel Cruz Arpi Merchán
Edad	92
Fecha de evaluación	26 de enero
Comentario de la persona	<ul style="list-style-type: none"> •Hasta familiarizarse se tiene dudas, y luego ya no. •Se siente cómodo, y no le incomoda •Cree que su costo no es muy elevado si es a cuotas •Cree que le ayudaría mucho y ya no se golpearía la cabeza con cualquier objeto ya que con el bastón y mediante el tanteo no lo detecta.



APÉNDICES



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] “Estadísticas de Discapacidad – Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades.”
<https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/> (accessed Dec. 14, 2021).
- [2] “Resumen anual: El año 2018 en 14 gráficos.”
<https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2018/12/21/year-in-review-2018-in-14-charts> (accessed Dec. 14, 2021).
- [3] J. Paul, G. Peñarreta, C. Francisco, and V. Aguilar, “UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA CARRERA: INGENIERÍA ELECTRÓNICA,” 2016.
- [4] Ayala Cruz Leonardo, “DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL PROTOTIPO DE UN SISTEMA ELECTRONICO POR ULTRASONIDO PARA MEDIR DISTANCIAS APLICADA A UN BASTON BLANCO’ Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca,” 2011.
- [5] A. Cecilia, G. Saucedo, F. Javier, G. Heredia, and R. Ramírez Martínez, “Discapacidad visual,” 2013.
- [6] I. Electrónico, D. Alfredo, E. Moncayo, C. Daniel, and P. Mendoza, “Tesis previa a la obtención del Título de,” 2015.
- [7] R. R. A. Bourne *et al.*, “MAGNITUDE, TEMPORAL TRENDS, AND PROJECTIONS OF THE GLOBAL PREVALENCE OF BLINDNESS AND DISTANCE AND NEAR VISION IMPAIRMENT: A SYSTEMATIC REVIEW AND META-ANALYSIS,” *The Lancet Global Health*, vol. 5, no. 9, pp. e888–e897, Sep. 2017, doi: 10.1016/S2214-109X(17)30293-0.
- [8] Dr Tedros Adhanom Ghebreyesus, “WORLD REPORT ON VISION’ Health Organization World,” 2019.
- [9] “El Telégrafo - Los principales problemas de visión que tiene el país.”
<https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/punto-de->

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- vista/1/principales-problemas-vision-pais-oftalmogia (accessed Feb. 22, 2022).
- [10] Alcívar López Stalin, Aray Cedeño Michelle, Hidalgo Toasa Yamileth, Mero Santana Blanca, Pinargote Chávez Jailene, and Zambrani Roldán Melanie, “DETECCION DE PROBLEMAS VISUALES QUE PUEDEN INFLUIR EN LA NUEVA MODALIDAD DE CLASES VIRTUALES’ Universidad Técnica de Manabí,” 2021.
- [11] “Federación Nacional de Ciegos del Ecuador – ‘Nada sobre nosotros sin nosotros.’” <http://fencecuador.org/> (accessed Feb. 01, 2022).
- [12] J. Andrés and A. Pauta, “UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA CARRERA: INGENIERÍA ELECTRÓNICA PROTOTIPO ELECTRÓNICO DE ENSEÑANZA DEL SISTEMA BRAILLE TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO,” 2016.
- [13] R. R. A. Bourne *et al.*, “Causes of blindness and vision impairment in 2020 and trends over 30 years, and prevalence of avoidable blindness in relation to VISION 2020: The Right to Sight: An analysis for the Global Burden of Disease Study,” *The Lancet Global Health*, vol. 9, no. 2, pp. e144–e160, Feb. 2021, doi: 10.1016/S2214-109X(20)30489-7.
- [14] Suárez Juan Camilo, “DISCAPACIDAD VISUAL Y CEGUERA EN EL ADULTO’ Universidad Pontificia Bolivariana Colombia,” 2011.
- [15] Naciones Unidas, “ALGUNOS DATOS SOBRE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD’ Personas con Discapacidad,” 2015. <https://www.un.org/development/desa/disabilities-es/algunos-datos-sobre-las-personas-con-discapacidad.html> (accessed Dec. 14, 2021).
- [16] “WeWALK | Smart Cane for Visually Impaired and Blind People - WeWALK Smart Cane.” <https://wewalk.io/en/> (accessed Dec. 14, 2021).
- [17] “Home - Eyesynth.” <https://eyesynth.com/?lang=en> (accessed Dec. 14, 2021).
- [18] “Help People who are Blind or Partially Sighted - OrCam.” <https://www.orcam.com/en/> (accessed Dec. 14, 2021).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [19] “CONSULTA LABORAL: HORARIOS DE TRABAJO.”
- [20] U. Antonio Nariño, “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE ACCESORIO SENSORIAL POR ULTRASONIDO PARA BASTONES GUÍA YILMER EDUARDO VERANO TELLEZ.”
- [21] Rojas Icabcalteta José and López Gutiérrez Esdras, “INTEGRACION DE MODULO ELECTRONICO EN BASTON BLANCO PARA MEJORAR LA DETECCION DE OBSTACULOS EN EL DESPLAZAMIENTO DE LAS PERSONAS CIEGAS’ Universidad Nacional de Ingeniería,” 2017.
- [22] Gonzáles Busto Pedro Miguel and Armas Aburto Carlos Josué, “DISPOSITIVO ELECTRONICO ADAPTABLE A BASTON BLANCO QUE FACILITE LA DETECCION DE OBSTACULOS PARA LOS NIÑOS INVIDENTES DEL CENTRO ESPECIAL MELANIA MORALES’ Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua,” 2020.
- [23] “Pin on EL COS HUMÀ, CUERPO HUMANO, HUMAN BODY.” <https://www.pinterest.com/pin/572942383840864745/> (accessed Feb. 22, 2022).
- [24] “Arduino - Home.” <https://www.arduino.cc/> (accessed Jan. 14, 2022).
- [25] “ProMicro16MHzv1”.
- [26] “Datasheet HC-SR04.” [Online]. Available: www.leantec.es
- [27] “China Fábrica personalizada de Guangdong 3.7 V DC de alta potencia de proveedores de motores eléctricos&Fabricantes&- Hecho en China - Ineed Electronics.” <http://www.ineed-motor.com/vibration-motor/powerful-vibrating/guangdong-3-7-v-dc-high-powerful-electric.html> (accessed Jan. 10, 2022).
- [28] “Motor micro del diámetro 1.5v 3v 3.7v Coreless DC del motor 7m m de la vibración de DC.” <http://spanish.mini-dcmotor.com/sale-10959939-micro-dc-vibration-motor-7mm-diameter-1-5v-3v-3-7v-coreless-dc-motor.html> (accessed Feb. 01, 2022).