



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN TELEINFORMÁTICA**

ÁREA

ROBÓTICA

TEMA

**“DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE LAS GAFAS
“AS” CON SENSORES ULTRASÓNICOS Y MOTORES
VIBRADORES, PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD
VISUAL”.**

AUTOR

SAVERIO REYES ABNER STALIN

**DIRECTORA DEL TRABAJO
ING. GALLEGOS ZURITA DIANA ERCILIA, MG**

GUAYAQUIL, JULIO 2020

**ANEXO XI.- FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO
DE TITULACIÓN**



**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN			
TÍTULO Y SUBTÍTULO:			
Desarrollo de un prototipo de las gafas “AS” con sensores ultrasónicos y motores vibradores, para personas con discapacidad visual.			
AUTOR(ES) (apellidos/nombres):		Saverio Reyes Abner Stalin	
REVISOR(ES)/TUTOR(ES) (apellidos/nombres):		Parra López Rodolfo Antonio / Gallegos Zurita Diana Ercilia	
INSTITUCIÓN:		Universidad de Guayaquil	
UNIDAD/FACULTAD:		Facultad de ingeniería Industrial	
MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:			
GRADO OBTENIDO:		Ingeniería en Teleinformática	
FECHA DE PUBLICACIÓN:	19 Octubre 2020	No. DE PÁGINAS:	78
ÁREAS TEMÁTICAS:		Robótica	
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:		Microcontrolador, sensor ultrasónico, discapacidad visual, obstáculo, prototipo // Microcontroller, ultrasonic sensor, visual impairment, obstacle, prototype.	
RESUMEN/ABSTRACT: <p>En la actualidad resulta muy común ser testigos de cómo las personas con discapacidad visual deben enfrentar ciertos accidentes o vicisitudes, debido a que sus herramientas cotidianas no son suficiente para realizar funciones de detección de objetos, se propone un prototipo de gafas, las gafas “AS” cuya función específica es la detección de obstáculos aéreos, logrando enviar una alerta al individuo, evitando de esta manera un impacto o colisión entre el individuo portador de las gafas y el obstáculo. La metodología que ayuda en la explicación de este proyecto es la PMI, a través de pruebas de funcionalidad y sometido a diferentes tipos de escenarios, se constata que el prototipo realizado a base de tecnología Arduino, sensores ultrasónicos y motores vibradores, permite la detección de obstáculos, enviando una alerta previa ante situaciones de riesgo, logrando evitar accidentes alcanzando el objetivo propuesto.</p>			
ABSTRACT <p>Nowadays, it is very common to witness how people with visual disabilities have to face certain accidents or vicissitudes, because their daily tools aren't enough to perform object detection functions, a glasses' prototype is proposed, the "AS" glasses whose specific function is the detection of aerial obstacles, achieving to send an alert to the individual, thus avoiding an impact or collision between the individual wearing the glasses and the obstacle. The methodology that helps in the explanation of this project is the PMI, through</p>			

functionality tests and subjected to different stage types, the prototype made with Arduino technology, ultrasonic sensors and vibrator motors, allows the detection of obstacles, sending a prior alert to risk situations, achieving to avoid accidents, reaching the proposed objective.

ADJUNTO PDF:	SI	X	NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 0985195794		E-mail: abner.saverio@hotmail.com
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Ing. Ramón Maquilón Nicola, MG.		
	Teléfono: 593-2658128		
	E-mail: direccionTi@ug.edu.ec		

**ANEXO XII.- DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y DE
AUTORIZACIÓN DE LICENCIA GRATUITA
INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO NO COMERCIAL DE LA
OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO COMERCIAL DE LA OBRA
CON FINES NO ACADÉMICOS

Yo, **SAVERIO REYES ABNER STALIN**, con C.C. No. **0706615101**, certifico que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es “**DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE LAS GAFAS “AS” CON SENSORES ULTRASÓNICOS Y MOTORES VIBRADORES, PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL**” son de mi absoluta propiedad y responsabilidad, en conformidad al Artículo 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN*, autorizo la utilización de una licencia gratuita intransferible, para el uso no comercial de la presente obra a favor de la Universidad de Guayaquil.

SAVERIO REYES ABNER STALIN
C.C.No. 0706615101

ANEXO VII.- CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD



FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA



Habiendo sido nombrada *ING. GALLEGOS ZURITA DIANA ERCILIA*, tutor del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por *SAVERIO REYES ABNER STALIN*, C.C.: 0706615101, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de INGENIERO EN TELEINFORMÁTICA.

Se informa que el trabajo de titulación: **“DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE LAS GAFAS “AS” CON SENSORES ULTRASÓNICOS Y MOTORES VIBRADORES, PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL”**, ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa Antiplagio (URKUND) quedando el 4% de coincidencia.

URKUND

Documento	Abner Saverio Reyes- Documento Urkund.docx (D80446953)
Presentado	2020-10-01 16:01 (-05:00)
Presentado por	abner.saverior@ug.edu.ec
Recibido	diana.gallegosz.ug@analysis.arkund.com
Mensaje	Documento Urkund Mostrar el mensaje completo

4% de estas 19 páginas, se componen de texto presente en 6 fuentes.

Lista de fuentes	Bloques
Categoría	Enlace/nombre de archivo
	CARLOS SOLIS - TESIS - Diseño del prototipo de un guante controlado con arduino qu... -
	https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/27259/19-CD560%20-%20ICE-06-19... ✓
	PF_Criollo_F_Once_B.doc -
	BRYAN-PROYECTO-FINAL - copia.docx ✓
	906-015-2015-09-30-MEMORIA.docx ✓

1 Advertencias. Reiniciar Exportar Compartir ?

<https://secure.arkund.com/view/76968931-417805-230965>

Ing. Diana Gallegos Zurita, Mg.
TUTORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN
C.C. 1204926313

FECHA: 6 de octubre del 2020

**ANEXO VI. - CERTIFICADO DEL DOCENTE-TUTOR DEL
TRABAJO DE TITULACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



Guayaquil, 6 de octubre del 2020

Sr (a).

Ing. Annabelle Lizarzaburu Mora, Mg.

Director (a) de Carrera Ingeniería en Teleinformática / Telemática

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD DE
GUAYAQUIL**

Ciudad. -

De mi consideración:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de Titulación **“DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE LAS GAFAS “AS” CON SENSORES ULTRASÓNICOS Y MOTORES VIBRADORES, PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL”**, del estudiante **SAVERIO REYES ABNER STALIN**, indicando que ha cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud y la valoración del trabajo de titulación con la respectiva calificación.

Dando por concluida esta tutoría de trabajo de titulación, **CERTIFICO**, para los fines pertinentes, que el (los) estudiante (s) está (n) apto (s) para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,

Ing. Diana Gallegos Zurita, Mg.
TUTORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN
C.C. 1204926313



**ANEXO VIII.- INFORME DEL DOCENTE REVISOR
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



Guayaquil, .

Sr (a).

Ing. Annabelle Lizarzaburu Mora, MG.

Director (a) de Carrera Ingeniería en Teleinformática / Telemática

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

Ciudad. -

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el informe correspondiente a la REVISIÓN FINAL del Trabajo de Titulación “DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE LAS GAFAS “AS” CON SENSORES ULTRASONICOS Y MOTORES VIBRADORES, PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL” del (la) estudiante Saverio Reyes Abner Stalin. Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando todos los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en el cumplimiento de los siguientes aspectos:

Cumplimiento de requisitos de forma:

- El título tiene un máximo de 19 palabras.
- La memoria escrita se ajusta a la estructura establecida.
- El documento se ajusta a las normas de escritura científica seleccionadas por la Facultad.
- La investigación es pertinente con la línea y sublíneas de investigación de la carrera.
- Los soportes teóricos son de máximo 5 años.
- La propuesta presentada es pertinente.

Cumplimiento con el Reglamento de Régimen Académico:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se indica que fue revisado, el certificado de porcentaje de similitud, la valoración del tutor, así como de las páginas preliminares solicitadas, lo cual indica el que el trabajo de investigación cumple con los requisitos exigidos.

Una vez concluida esta revisión, considero que el estudiante está apto para continuar el proceso de titulación. Particular que comunicamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,

Ing. Rodolfo Parra López, Mg.
Docente Revisor
C.C.: 0909770448

FECHA:15 de octubre de 2020

Dedicatoria

A Dios, mi familia por su amor y apoyo incondicional desde el inicio de esta travesía, mis padres inculcando desde pequeño la semilla del esfuerzo, regandola con perseverancia y consistencia a pesar de las adversidades que se puedan presentar en el camino. A mis hermanos Keyla, Kianny, Milcka y Adriel, por el sacrificio para lograr mi meta. A mi abuelo Guillermo Zambrano, por sus consejos y palabras de aliento. A mi abuelita Olga Alcivar, cuyo ejemplo de lucha sirve de inspiración.

Agradecimiento

A Dios, por brindarme sabiduría, salud y fuerzas para culminar mi carrera.

A mi familia, por su sacrificio y confianza puesta en mí.

A los hermanos que me regaló la vida universitaria.

A cada uno de los que aportaron su granito de arena para cumplir este objetivo.

¡GRACIAS!

Índice general

Introducción.....	1
Capítulo I.....	3
1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2. Delimitación del problema.....	4
1.3. Formulación del problema	4
1.4. Justificación e importancia	4
1.5. Objetivos	5
1.5.1 Objetivo general.....	5
1.5.2 Objetivos específicos.	5
1.6. Hipótesis prospectiva	5
1.6.1 Variables e indicadores	5
1.6.2 Conceptualización y operacionalización de las variables.....	6
1.7. Preguntas de investigación.....	7
1.8. Alcance del proyecto	7
Capítulo II.....	8
2.1. Antecedentes del estudio	8
2.1.1 Tecnología asistencial.....	8
2.1.2 Gafas electrónicas.	9
2.1.3 Gpsglass.	9
2.1.4 Eyesynth.....	9
2.1.5 OrCam MyEye.....	11
2.1.6 Hand Eyes.	12
2.1.7 Software diseñado para personas con discapacidad visual.....	13
2.2. Fundamentación teórica	14
2.2.1 Discapacidad visual	14
2.2.2 Agudeza visual.....	14
2.2.3 Ceguera.	15

2.2.4 Arduino.....	15
2.3. Definiciones conceptuales	22
2.3.1 Microcontrolador	22
2.3.2 Sensor.....	22
2.3.3 Ultrasónico.....	23
2.3.4 Software	23
2.3.5 Discapacidad.....	23
2.4. Fundamentación legal	23
Capítulo III	24
3.1. Propuesta.....	24
3.2. Metodología del proyecto	26
3.2.1 Fases del PMI.....	26
3.2.2 Descripción	27
3.3. Esquema general del proyecto	41
3.4. Procedimiento	42
3.4.1 Prueba de funcionalidad.....	44
3.4.2 Prueba experimental de detección de obstáculos, objetos y alertas de proximidad.....	44
3.5. Conclusiones y Recomendaciones	47
3.5.1 Conclusiones	47
3.5.2 Recomendaciones	48
Anexos	49
Anexo 1	49
Anexo 2.....	55
Bibliografía.....	58

Índice de Tablas

Tabla 1. Conceptualización y operacionalización de las variables.....	6
Tabla 2. Indicadores.	6
Tabla 3. Criterios del diseño del prototipo.	28
Tabla 4. Datos del sensor ultrasónico HC-SR04.	32
Tabla 5. Características del Arduino Uno.	34
Tabla 6. Características del Mini Motor Vibrador de Disco.	36
Tabla 7. Especificación del prototipo del prototipo de gafas AS.	37
Tabla 8. Recursos técnicos	39
Tabla 9. Recursos Humanos	39
Tabla 10. Presupuesto total de recursos empleados.....	39

Índice de Figuras

Figura 1. Tipo de discapacidad.....	3
Figura 2. Prototipo de gafas GPSGLASS..	9
Figura 3. Gafas Eyesynth..	11
Figura 4. Un probador realizando una prueba con un prototipo.....	11
Figura 5. OrCam MyEyes.....	12
Figura 6. OrCam MyEyes realizando pruebas..	12
Figura 7. Hand Eyes.	13
Figura 8. Persona con discapacidad visual usando Lazzus.	13
Figura 9. Interfaz de la aplicación KNFB Reader.	14
Figura 10. Placas de microcontroladores Arduino.	17
Figura 11. Placa del microcontrolador a utilizar en el prototipo (Arduino Uno).....	17
Figura 12. Software de descarga Arduino IDE.	18
Figura 13. Interfaz del software que utiliza Arduino y la disponibilidad que posee para ser utilizado en diferentes sistemas operativos.	18
Figura 14. Diferentes tipos de sensores.....	19
Figura 15. Ejemplos de ultrasonido.....	20
Figura 16. Sensor Ultrasónico HC-SR04.	21
Figura 17. Mini motor vibrador.....	22
Figura 18. Esquema del hardware del prototipo.....	24
Figura 19. Esquema del hardware del prototipo.....	25
Figura 20. Proyección de uso de las gafas “AS” en la calle.....	25
Figura 21. Proyección de uso de las gafas “AS” en casa.	26
Figura 22. Sensor Ultrasónico HC-SR04 utilizado en el prototipo.....	29
Figura 23. Sensor Ultrasónico HC-SR04 emitiendo eco de sonido contra un objeto sólido..	29
Figura 24. Resonancia de tiempo y distancia en el rebote de señales de ultrasonido.	30
Figura 25. Errores comunes en el uso de sensores de ultrasonido.	31
Figura 26. Rangos de medición.....	31
Figura 27. Placa del microcontrolador a utilizar en el prototipo (Arduino Uno).....	33
Figura 28. Partes del Arduino Uno. I	33
Figura 29. Software Arduino. Elaboración por el autor.	35
Figura 30. Mini motor vibrador utilizado en prototipo..	35

Figura 31. Cables utilizados en prototipo.....	37
Figura 32. Batería utilizada en prototipo.....	37
Figura 33. Simulación de conexión.....	38
Figura 34. Diagrama de bloque.....	41
Figura 35. Conexión de los sensores ultrasónicos.....	42
Figura 36. Conexión de los vibradores.....	42
Figura 37. Conexiones entre los componentes.....	43
Figura 38. Distancia mostrada en el monitor serial.....	44
Figura 39. Prototipo de las gafas “AS”.....	44
Figura 40. Prototipo de las gafas “AS”.....	45
Figura 41. Prototipo de las gafas “AS”.....	46
Figura 42. Prototipo de las gafas “AS”.....	46
Figura 43. Prototipo de las gafas “AS”.....	47



**ANEXO XIII.- RESUMEN DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN (ESPAÑOL)
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



**“DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE LAS GAFAS “AS” CON SENSORES
ULTRASÓNICOS Y MOTORES VIBRADORES, PARA PERSONAS CON
DISCAPACIDAD VISUAL”**

Autor: Saverio Reyes Abner Stalin

Tutor: Ing. Gallegos Zurita Diana Ercilia, Mg.

Resumen

En la actualidad resulta muy común ser testigos de cómo las personas con discapacidad visual deben enfrentar ciertos accidentes o vicisitudes, debido a que sus herramientas cotidianas no son suficiente para realizar funciones de detección de objetos, se propone un prototipo de gafas, las gafas “AS” cuya función específica es la detección de obstáculos aéreos, logrando enviar una alerta al individuo, evitando de esta manera un impacto o colisión entre el individuo portador de las gafas y el obstáculo. La metodología que ayuda en la explicación de este proyecto es la PMI, a través de pruebas de funcionalidad y sometido a diferentes tipos de escenarios, se constata que el prototipo realizado a base de tecnología Arduino, sensores ultrasónicos y motores vibradores, permite la detección de obstáculos, enviando una alerta previa ante situaciones de riesgo, logrando evitar accidentes alcanzando el objetivo propuesto.

Palabras Claves: microcontrolador, sensor ultrasónico, discapacidad visual, obstáculo, prototipo.



**ANEXO XIV.- RESUMEN DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN (INGLÉS)**



**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**

**“DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE OF “AS” GLASSES WITH ULTRASONIC
SENSORS AND VIBRATING MOTORS, FOR PEOPLE WITH VISUAL
IMPAIRMENT”**

Autor: Saverio Reyes Abner Stalin

Tutor: Ing. Gallegos Zurita Diana Ercilia, Mg.

Abstract

Nowadays, it is very common to witness how people with visual disabilities have to face certain accidents or vicissitudes, because their daily tools aren't enough to perform object detection functions, a glasses' prototype is proposed, the "AS" glasses whose specific function is the detection of aerial obstacles, achieving to send an alert to the individual, thus avoiding an impact or collision between the individual wearing the glasses and the obstacle. The methodology that helps in the explanation of this project is the PMI, through functionality tests and subjected to different stage types, the prototype made with Arduino technology, ultrasonic sensors and vibrator motors, allows the detection of obstacles, sending a prior alert to risk situations, achieving to avoid accidents, reaching the proposed objective.

Keywords: Microcontroller, ultrasonic sensor, visual impairment, obstacle, prototype.

Acrónimos

FENCE= Federación Nacional de Ciegos del Ecuador

GPS =Sistema de Posicionamiento Global

GND = Ground – Tierra

VCC = Voltaje de Corriente Continua

OMS = Organización Mundial de la Salud

PMI = Instituto de gestión de proyectos

IDE= Integrated Development Environment - Ambiente de Desarrollo Integrado

LED = Light Emitting Diode – Diodo Emisor de Luz

PWM = Pulse Width Modulation - Modulación por Ancho de Pulsos

DIY = Do It Yourself – Hazlo tu mismo

CONADIS = Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades

BAN = Body Area Network - Red de Area Corporal

AREF = Analog Reference - Referencia Analógica

PH = Potencial de Hidrogenios

RAM = Random Access Memory - Memoria de acceso aleatorio

Glosario de términos

Visión sensorial. Capacidad de detectar o discernir una señal.

Ultrasonido. Vibración mecánica de frecuencia superior a la de las que puede percibir el oído. Las frecuencias que superan las 20000 vibraciones por segundo son los ultrasonidos.

Arduino. Plataforma de prototipos de código abierto basado en hardware fácil de usar y el software.

Código libre. Los usuarios pueden hacer su propia versión del módulo, ampliándolo y mejorándolo.

Sensor. Dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas.

Proximidad. Circunstancia de estar a poca distancia de un punto que se toma como referencia en el espacio o en el tiempo.

Discapacidad. Discapacidad es un término general que abarca las deficiencias, las limitaciones de la actividad y las restricciones de la participación.

Software. Conjunto de programas y rutinas que permiten a la computadora realizar determinadas tareas.

Microcontrolador. Es un circuito integrado que es el componente principal de una aplicación embebida. Es como una pequeña computadora que incluye sistemas para controlar elementos de entrada/salida.

Hardware. Conjunto de elementos físicos o materiales que constituyen una computadora o un sistema informático.

Eco. Fenómeno acústico en que se produce la repetición de un sonido al chocar las ondas sonoras contra un obstáculo y reflejarse hasta llegar al lugar donde se ha emitido.

Prototipo. Un prototipo es un modelo fácilmente ampliable y modificable de un sistema planificado, probablemente incluyendo su interfaz y su funcionalidad de entradas y salidas.

Introducción

Gracias al avance que ha tenido la tecnología, hoy en día es posible crear nuevos dispositivos electrónicos para facilitar y ofrecer una mejor calidad de vida a las personas, así como ayudar a resolver problemas que enfrentamos cotidianamente en nuestro día a día. Las personas que poseen algún tipo de discapacidad también se han visto beneficiadas con este avance tecnológico, ya que ahora ellos pueden contar con una gran variedad de dispositivos orientados a cada una de sus necesidades, pudiendo ser esta algo pequeño o una prótesis completa de un brazo o una pierna hecha a la perfección para que replique movimientos, se podría casi afirmar que en un futuro los seres humanos buscarán mejorar por medio de la tecnología.

Para las personas con discapacidad visual y que poseen recursos, tienen a su disposición múltiples dispositivos que le facilitan un poco su día a día. En el mercado electrónico se pueden encontrar dispositivos que ayudan a la detección e identificación de dinero, otros que poseen GPS en caso de extravío o desorientación, bastones que envían mensajes de alertas con sonidos pregrabados, aplicaciones móviles creadas para ayudar a la orientación y movilización gracias a su conexión a internet.

Sin embargo, en el Ecuador este campo es poco explotado, debido a que son dispositivos de muy alto costo. No obstante, el propósito de las gafas “AS” es elaborar un prototipo accesible a las minorías, obteniendo una solución económica. Poniendo en práctica los conocimientos adquiridos, y buscando materiales electrónicos de bajo costo, pero de gran funcionalidad, se busca brindar a personas con discapacidad visual una herramienta que use sensores ultrasónicos, que brinde alertas por medio de motores vibradores, dando a conocer a la persona que se acerca a un objeto, el cual podría causarle daños severos o desorientación, en caso de no ser detectado a tiempo. Utilizando tres sensores ultrasónicos, adaptándolos en ángulos determinados y específicos para así lograr conseguir un mayor rango de captación, y dos motores vibradores encargados de convertir la alerta emitida por los sensores en pequeñas vibraciones.

Este prototipo busca ser un complemento del bastón blanco, ya que su función principal es la detección de obstáculos aéreos. Otro punto a favor es tratar de que las personas con discapacidad visual busquen un poco más la independencia al realizar sus actividades diarias y buscar una mayor integración a la sociedad.

Las gafas “AS” tienen la particularidad de ser DIY, que en inglés es “Do It Yourself”, esto significa que mediante un listado de componentes, códigos que se han programado y

unas instrucciones de ensamblaje, cualquier persona que no tenga necesariamente un conocimiento avanzado en la materia, pueda fabricarse esta solución por un precio económico, para algún familiar, amigo, labor social, etc.

Además, este tipo de proyectos, dota a la solución de un futuro prometedor, gracias a la gran comunidad de internet, que facilita una realimentación, tanto por parte de la gente que lo pruebe, como por parte de posibles programadores experimentados o que tengan un amplio conocimiento en la materia, para mejorar en cualquier ámbito el proyecto.

Para el desarrollo de esta tesis se ha dividido en tres capítulos, de la siguiente forma:

Capítulo I.- En este capítulo se hace referencia al problema actual con el que se enfrentan las personas con discapacidad visual, examinando causas y consecuencias provenientes de los riesgos a los que se enfrentan, se plantean los objetivos que serán la pieza clave para el desarrollo de la tesis.

Capítulo II.- Se exhiben los antecedentes, previo a una amplia búsqueda e investigación con temas en similitud a la problemática, junto al respaldo de fundamentación teórica ayudados con referencias bibliográficas, logrando tener una idea más amplia para el desarrollo del prototipo.

Capítulo III.- En esta etapa se considera la factibilidad tanto en la parte económica, como en la operativa y técnica. Con el fin de tener una aceptación del prototipo por parte de la muestra elegida, obteniendo conclusiones y recomendaciones, tomando en cuenta las opiniones para mejorar el prototipo.

Capítulo I

El Problema

1.1. Planteamiento del problema

Hablar de discapacidad no es otra cosa que la carencia o disminución de una capacidad. Se puede hacer referencia al menos de tres tipos de discapacidades: física, mental y sensorial; la discapacidad visual se encuentra dentro del tipo de discapacidad sensorial. La ceguera, por su parte es la ausencia total de la visión, misma que no puede ser corregida con ningún tipo de lentes.

En el Ecuador, según las estadísticas de personas que constan en el registro nacional de discapacidad del año 2020, se obtiene que las personas con discapacidad visual representan un 11.66% del total de personas con algún tipo de discapacidad, lo que equivale a 56.570 personas; analizando la provincia del Guayas se obtiene un índice del 10.40% o su equivalente a 12.700 personas con discapacidad visual. (Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades - CONADIS, 2020).

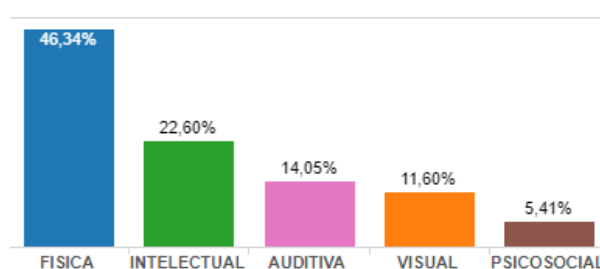


Figura 1. Tipo de discapacidad. Información adaptada de la página del CONADIS. Elaborada por el autor.

Existen instituciones y organismos consagrados en proporcionar ayuda a personas que poseen algún tipo de discapacidad, una de ellas es la FENCE (Federación Nacional de Ciegos del Ecuador), una organización sin fines de lucro, creada con el propósito de impulsar en las personas con discapacidad visual el progreso y desarrollo, así como la integración social y cultural a través de programas y proyectos.

En el diario transitar de una persona con discapacidad visual, existen demasiados obstáculos que podrían atentar contra su integridad física, tal es el caso de los obstáculos aéreos, aquellos que se encuentran de la cintura hacia arriba del individuo, que no están proyectados sobre el suelo, se considera los mayores causantes de daños físicos y

desorientación, ya que no son detectados por la herramienta cotidiana de mayor uso que es el bastón blanco o bastón guía, usando la técnica de barrido por el suelo, o a su vez el acompañamiento de un perro guía, por lo que el perro es incapaz de distinguir obstáculos que se encuentren a la altura de su amo.

Hoy en día, dentro de lo que abarca el mercado comercial y tecnológico, podemos encontrar una variedad de gafas para personas que padecen discapacidad visual, dichas gafas se avalúan con costos muy elevados, que van desde los \$700 hasta los \$2.500, llegándose a considerar el uso de estas como un lujo, lo cual hace que su adquisición sea casi imposible para personas de bajos recursos económicos.

El propósito de este estudio es contribuir en la prevención de accidentes en personas no videntes a través del desarrollo de un prototipo asequible y de fácil uso como lo son las gafas “AS” dado que tienen la función de enviar alertas al individuo cuando un obstáculo esté cerca mejorando así su estilo de vida.

1.2. Delimitación del problema

Se tiene como finalidad en el presente proyecto, mostrar la función del prototipo de las gafas “AS”, detallando como principal característica el uso de un microcontrolador, a su vez con el algoritmo que se ajuste mejor al prototipo, se logrará detectar los cambios que se producen a magnitud física frente al usuario, mediante la ayuda de los sensores ultrasónicos, esta valoración emitida accionará a los motores vibradores enviando a la parte occipital del cráneo vibraciones de baja frecuencia alertando así de una posible colisión al usuario portador de las gafas a una distancia considerable de hasta dos metros.

1.3. Formulación del problema

¿Qué características técnicas se deben de tomar en cuenta para que el dispositivo detecte obstáculos a una distancia de 2 m?

1.4. Justificación e importancia

El presente proyecto de tesis surge ante la necesidad de prevención de accidentes y a su vez que genere mayor seguridad y tranquilidad en una población determinada, en el presente caso las personas con discapacidad visual. Se busca desarrollar un prototipo que desempeñe funciones específicas, y sea de gran aporte en el ámbito social y laboral.

Gracias al avance de nuevas tecnologías digitales, tanto en hardware como en software que nos facilitan la obtención y transmisión de datos, dándonos una variedad de sensores ultrasónicos capaces de detectar obstáculos a distancias largas o cortas según nuestra programación. Con el uso de estos componentes electrónicos se puede obtener un panorama más amplio de los objetos que rodean la persona, logrando proporcionar un ambiente de comodidad, seguridad, orientación, mejor desenvolvimiento y mayor exactitud.

1.5. Objetivos

1.5.1 Objetivo general.

Contribuir en la prevención de accidentes físicos ocasionados a personas que poseen discapacidad visual a través del desarrollo de un prototipo de gafas “AS”, asequible y de fácil uso, que envíe alertas al individuo cuando un obstáculo aéreo se encuentre cerca.

1.5.2 Objetivos específicos.

- Identificar las necesidades que presentan las personas con discapacidad visual en la detección de obstáculos aéreos.
- Revisar los fundamentos teóricos sobre las particularidades técnicas existentes en el mercado a base de sensores ultrasónicos para el diseño del prototipo de las gafas “AS”.
- Explicar la metodología empleada para el desarrollo del prototipo de las gafas “AS” que cumple con los requerimientos técnicos ajustados a las necesidades de las personas discapacidad visual.
- Realizar las pruebas de funcionalidad del prototipo de las gafas “AS” con sensores ultrasónicos en una muestra, con el fin de confirmar el correcto funcionamiento en varios escenarios.

1.6. Hipótesis prospectiva

Si se construye un dispositivo que detecte obstáculos, por ende, se reduce el riesgo de accidentes aportando una mayor seguridad y movilidad a las personas con discapacidad visual, teniendo de esta manera una visión sensorial más amplia.

1.6.1 Variables e indicadores

1.6.1.1 Variable independiente

Desarrollo de un prototipo de gafas que detecte obstáculos.

Causa: desarrollar un prototipo de gafas para personas con discapacidad visual, ayudándoles a detectar obstáculos y de esta manera prevenir accidentes, evitando lesiones físicas o desorientación.

1.6.1.2 Variable dependiente

Tipo de obstáculos que detecta.

Consecuencia: ayuda en la percepción sensorial de obstáculos a una distancia máxima de 2m, logrando tener una idea aproximada de la posición en la que se encuentra el impedimento, consiguiendo así evitar una posible colisión.

1.6.2 Conceptualización y operacionalización de las variables

Tabla 1. Conceptualización y operacionalización de las variables.

Variable	“Desarrollo de un prototipo de gafas que detecte obstáculos”	“Características del obstáculo que detecta”
Definiciones conceptuales	El desarrollo de un prototipo es una etapa previa a la obtención de un producto final, es decir un modelo de trabajo o una versión no pulida de un producto, en este caso las gafas que detecten obstáculos.	Al referirnos a obstáculos, hablamos de objetos físicos que pueden ser parte de un entorno o naturaleza, así como creados por el hombre, los cuales impiden que las personas con discapacidad visual puedan tener una movilidad libre y segura.
Definiciones operacionales	El desarrollo de este prototipo engloba aspectos específicos que puntualizan su correcto funcionamiento. Es así como el radio de cobertura refiriéndose al espacio en el cual se va a detectar los obstáculos propone una media de 30° grados, para detectar la proximidad de un obstáculo en una distancia máxima de 2 m.	Para el desarrollo del prototipo se utiliza el microcontrolador Arduino Uno, con sensores ultrasónicos HC-SR04, encargados de medir la distancia y el ángulo de cobertura de los objetos que se encuentren cerca del usuario, brindando señales de alerta mediante motores vibradores.

Información tomada de PC-Abner. Elaborado por el autor.

1.6.2.1 Indicadores

Tabla 2. Indicadores.

Variables	Indicadores
-----------	-------------

“Desarrollo de un prototipo de gafas que detecte obstáculos”	- Presupuesto
	- Diseño
	- Objetos que no detecta
“Características del obstáculo que detecta”	- Altura del obstáculo
	- Distancia hasta el obstáculo
	- Posición del obstáculo
	- Dimensiones del obstáculo
	- Ángulo de cobertura

Información tomada de PC-Abner. Elaborado por el autor.

1.7. Preguntas de investigación

- ¿Qué tipo de obstáculo debería detectar el no vidente para evitar los accidentes?
- ¿Cuáles son los obstáculos que puede detectar el no vidente con el uso del bastón?
- ¿Qué tipo de alertas se le proveerán al no vidente para que identifique la ubicación del obstáculo?
- ¿El estímulo vibratorio se determinará por el lugar en el que se encuentre el obstáculo?
- ¿Cuán asequible sería el prototipo si surgiera en el mercado?

1.8. Alcance del proyecto

Los objetivos específicos que rigen el adecuado proceso de esta investigación se complementan con técnicas que permitan acceder a información que conformarán el marco teórico, así mismo dichas técnicas permiten la descripción de las metodologías usadas. El método empleado en este proceso responde al tipo hipotético deductivo, facilitando la realización de las pruebas de correcta funcionabilidad.

El esquema de proyecto propone brindar seguridad y confianza al momento de movilizarse, garantizando la prevención de accidentes y salvaguardando así la integridad física de las personas con discapacidad visual.

Capítulo II

Marco Teórico

2.1. Antecedentes del estudio

“El objetivo de esta investigación es diseñar un dispositivo para las personas con discapacidad visual que le ayude a mejorar su vida cotidiana. Tal dispositivo les permitirá desplazarse sin ningún inconveniente sin la necesidad de ser asistido por otra persona. Según la organización mundial de la salud en el mundo hay unas 285 millones de personas con discapacidad visual y alrededor del 80% de casos de ceguera se presenta en personas mayores de 50 años según los resultados arrojados por las evaluaciones rápidas de la ceguera evitable (RAAB, por sus siglas en ingles) de las cuales un 50% no tienen un círculo de familiar al cual acudir en búsqueda de apoyo del cual obtener ayuda con las dificultades biológicas y sociales que se le presente durante el transcurso de este padecimiento”. (Ramos Almonte, Peña Lugo, Tavarez Mateo, Lora Hernández, & Zalzueta Alvarado, 2016)

“Este proyecto tiene como objetivo principal elaborar un diseño e implementar un prototipo de gafas electrónicas que ayude dando una alerta a las personas no videntes, indicando la distancia a la que se encuentre un obstáculo mediante un celular, de tal manera que este pueda evadirlo al momento de movilizarse”. (Espinoza Moncayo & Peña Mendoza, 2015)

“En el presente proyecto se han creado dos módulos para uso de la persona con deficiencia visual, un maestro y un esclavo, que juntos conforman una red BAN y por medio de sensores ultrasónicos adquieran información de los obstáculos cercanos e inmediatamente informen al usuario mediante alertas de voz y movimiento. El módulo maestro se ubica en la parte frontal del usuario, al encenderse reproduce un mensaje de saludo con las instrucciones de uso y es el encargado de censar obstáculos en la parte superior y reproducir las alertas de voz.” (Yanchatuña Aguayo, 2016)

2.1.1 Tecnología asistencial.

Al referirnos a tecnología asistencial no es más que un término simple que agrupa todos los equipos, dispositivos, instrumentos o programas utilizados para ayudar a mejorar la calidad de vida y brindarles mayor autonomía e independencia a las personas que tienen alguna discapacidad. (Facultad de Informática de Barcelona, 2018)

Los dispositivos o servicios asistenciales llegarían a crear un entorno de mayor confort y más inclusivo, ya sea en lo educacional como en lo laboral, aumentando el acceso y

disminuyendo o eliminando las barreras con las que por años han tenido que tratar las personas que poseen algún tipo de discapacidad. (Technology Safety, 2019)

2.1.2 Gafas electrónicas.

Hoy en día existe una gran variedad de gafas electrónicas con distintas características que ayudan de muchas maneras a las personas con discapacidad visual, estas gafas se encuentran en un mercado de libre compra, sin embargo, sus costos hacen que no sean muy accesibles para todos, a continuación, veremos algunas de estas gafas y sus características.

2.1.3 Gpsglass.

Este modelo de gafas posee tres cámaras, así como sensores de movimientos, detectando objetos próximos al individuo, en la parte terminal tiene un auricular alambrado. Posee un mando de voz para facilitar al usuario su funcionamiento, logrando de esta manera ubicar el destino al cual se va a trasladar. Una de las funciones que brinda el GPS es la localización, para esto utiliza la aplicación de Google Maps, también se logra conseguir la ubicación geográfica del dispositivo, gracias a las antenas de telefonía, estas son algunas de las funciones que ofrece el módulo GPS integrado en el dispositivo. También posee un software para detectar cada uno de los billetes mediante un reconocimiento de rostros (Ramos Almonte , Jaris Peña Lugo, Lora Hernández, Zalzueta Alvarado, & Tavaréz Mateo, 2016).



Figura 2. Prototipo de gafas GPSGLASS. Información adaptada de “gafas especiales para detección de obstáculos con sistema de ubicación en caso de emergencia y ayuda de reconocimiento de billetes para personas con discapacidad visual”. Elaborado por el autor.

2.1.4 Eyesynth.

“Eyesynth es un sistema de comprensión visual para invidentes. Se compone de unas gafas que registran el espacio que nos rodea en 3 dimensiones. Un microordenador procesa

la información y la convierte en audio comprensible para el invidente.” (Quesada, y otros, 2016)

Características fundamentales de Eyesynth:

- **Funciona en 3D:** la persona que las usa no solo va a poder identificar la forma y espacio de las cosas, también podrá medir la profundidad y localizar objetos con mucha más precisión.
- **El sonido es abstracto:** no utiliza palabras, sino un nuevo lenguaje que el cerebro puede automatizar para aprender de manera muy fácil.
- **Audio coclear:** evita la fatiga del oído enviando el sonido a través del hueso de la cabeza, quedando estos de manera libre.

Las gafas envían imágenes al microordenador y las procesa en tiempo real, obteniendo de esta manera una respuesta instantánea. El entorno que rodea a la persona es capturado y procesado en 3D. Acto seguido, el ordenador cambia toda esa información en una serie de sonidos que permiten dar a conocer de espacios abiertos, formas y obstáculos. (Quesada, y otros)

Especificaciones técnicas:

- Montura: ABS, Zamak
- Lentes: f1.8, FOV 76°
- 2 sensores de alta velocidad y luminosidad (60 fps)
- Sistema piezoeléctrico integrado de audio coclear.
- Procesador Dual Core ARM
- Chip de procesado FPGA de alto rendimiento
- Batería: 5000 mAh
- Funcionamiento continuo :8 horas
- Costo aproximado de € 2.420



Figura 3. Gafas Eyesynth. Información adaptada de la página web de los creadores, eyesynth.com. Elaborado por el autor.



Figura 4. Un probador realizando una prueba con un prototipo. Información adaptada de la página web de los creadores, eyesynth.com. Elaborado por el autor.

2.1.5 OrCam MyEye.

OrCam MyEyes es un dispositivo que ha causado asombro entre los usuarios, siendo activado por voz y adaptable prácticamente sobre cualquier tipo de gafa, es capaz de leer al momento el texto de un libro, la pantalla de un teléfono celular o cualquier otra superficie, reconociendo también rostros, trabajar con mayor independencia y eficiencia. OrCam MyEyesn es idóneo no tan solo para todos los niveles de pérdida de visión, sino también para las personas que poseen fátiga y/o dificultad para leer. No mejora la visión de las personas que utilizan este dispositivo, pero les da otra alternativa práctica para enfrentarse al mundo en el que vivimos, aunque con personas que tienen discapacidad auditiva no podrían verse beneficiados.

Es un dispositivo de fácil uso, se activa por comandos de voz o con el gesto de apuntar con el dedo, enviando la respuesta por medio de un altavoz incorporado en el mismo

dispositivo a la altura del oído del usuario. Aunque su precio aproximado es de € 4.500. (Shashua & Aviram, 2018)



Figura 5. OrCam MyEyes. Información adaptada de la revista digital Forbes México. Elaborado por el autor.

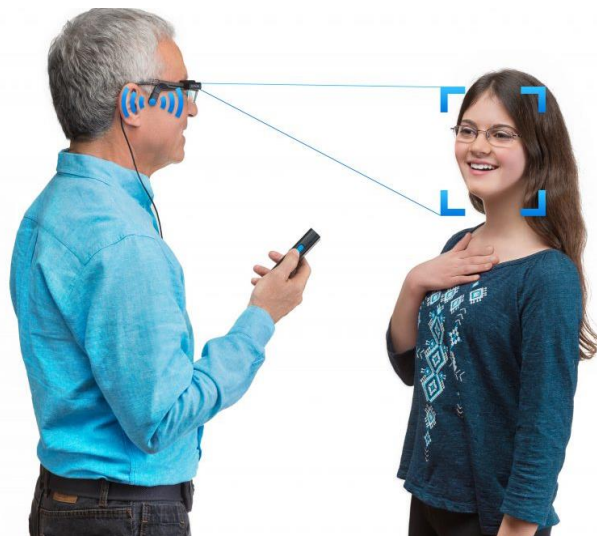


Figura 6. OrCam MyEyes realizando pruebas. Información adaptada de la revista digital Forbes México. Elaborado por el autor.

2.1.6 Hand Eyes.

Es un proyecto ecuatoriano que ganó el primer lugar en el concurso “Una idea para cambiar la historia”, que fue organizado por The History Channel. Se trata de un pequeño dispositivo muy novedoso y útil que puede sujetarse al bastón de una persona con discapacidad visual o a alguna parte de su cuerpo en específico que ella elija, utilizando ecolocalización, emitiendo ondas ultrasónicas, al recibir dicha señal el aparato vibra y emite sonidos creando un mapa mental en el entorno del individuo, brindando una mejor orientación y ubicación. (El Comercio, 2016)



Figura 7. Hand Eyes. Información adaptada de la página del diario El Telégrafo. Elaborado por el autor.

2.1.7 Software diseñado para personas con discapacidad visual.

En un mundo donde el desarrollo de aplicaciones nos ha facilitado a todos de una u otra manera realizar procesos o actividades, no podía pasar desapercibido el aporte a las personas con algún tipo de discapacidad, en este caso para las personas con discapacidad visual, tenemos una gran variedad, pero hablaremos de algunas consideradas principales por su gran contribución:

- **Lazzus:** es un asistente que brinda información al usuario sobre cruces peatonales, cruce entre calles, escaleras, establecimientos, etc. Ayudando y agilitando el traslado de las personas con discapacidad visual, explorando nuevos lugares y las cosas que allí se encuentran, sin ayuda de otra persona, dándoles mayor independencia. (Lazzus, s.f.)



Figura 8. Persona con discapacidad visual usando Lazzus. Información tomada de la página strapp. Elaborado por el autor.

- **KNFB Reader:** una aplicación de fácil uso, para personas ciegas, con visión baja, disléxicos e incluso otros usuarios con problemas de lectura, convirtiendo textos

a voz o a braille de una manera eficaz y rápida, siendo muy precisa. (KNFBReader, 2018)

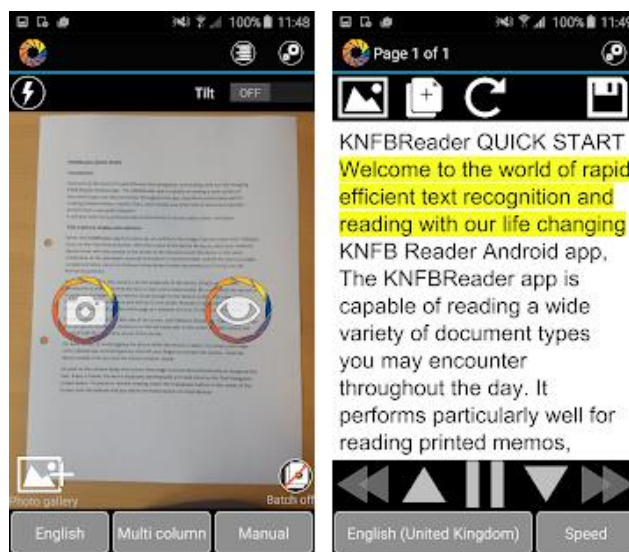


Figura 9. Interfaz de la aplicación KNFB Reader. Información adaptada de la página apkmonk. Elaborado por el autor.

2.2. Fundamentación teórica

2.2.1 Discapacidad visual

La vista es el sentido que nos permite conectarnos con lo que se está suscitando a nuestro alrededor, el que permite detectar que objeto se encuentra frente a nosotros, así mismo como a que distancia está. Para poder percibir el mundo a su alrededor, las personas con discapacidad visual logran llevar a otro nivel el resto de sus sentidos, para poder identificar ciertas personas y objetos. Según la “Organización Mundial de la Salud” la discapacidad visual, “puede limitar a las personas en la realización de tareas cotidianas y afectar su calidad de vida, así como sus posibilidades de interacción con el mundo circundante.

También se afirma que “deficiencia o discapacidad es toda pérdida o anomalía en una estructura a nivel fisiológico, anatómico o psicológico. En este sentido se puede hablar de discapacidad visual como la pérdida total o parcial del sentido de la vista” (Organización Mundial de la Salud, 2015), lo que se puede definir también como la pérdida del correcto funcionamiento del sentido de la vista, lo cual es un impedimento para el individuo cuando debe realizar alguna actividad o el simple acto de moverse.

2.2.2 Agudeza visual.

Según **Fuente especificada no válida**. “La agudeza visual es el parámetro que evalúa la capacidad del sistema visual para detectar y discriminar detalles de un objeto. Esta capacidad

se mide mediante un test específico con unos parámetros determinados (tamaño, contraste, iluminación y distancia). Es una medida de la salud ocular, dado que numerosas patologías pueden causar un déficit o incluso una pérdida total de visión”.

La agudeza visual es tan importante para realizar tareas tan cotidianas e importantes como lo es la conducción de algún tipo de vehículo, en donde el tiempo de reacción desde que se divisa el obstáculo hasta que se reacciona y emite un actuar para lograr evitar impactar, debe ser muy corto. así también como aspectos importantes tal como; la educación o aprendizaje, actividades físicas o relaciones sociales. (Baviera, 2018)

2.2.3 Ceguera.

“La función visual se divide en cuatro niveles: visión normal, discapacidad visual moderada, discapacidad visual grave, y ceguera. Cuando la función visual se ve afectada por completo se refiere a ceguera total, y cuando es discapacidad visual moderada o grave, se habla de baja visión.” (Zurdo Sánchez, 2015)

Entendemos a la ceguera como la pérdida total o parcial del sentido de la vista, provocado por diferentes motivos o causas; accidentes, enfermedades, congénita, etc.

2.2.3.1 Personas con ceguera total.

Son aquellas personas que poseen una ausencia total del sentido de la vista, siendo incapaces de identificar la procedencia de la luz.

2.2.3.2 Personas con ceguera parcial:

Se define así al grupo de personas que presentan ausencia parcial del sentido de la vista, catalogándolos en diferentes grados de severidad; visión borrosa, visión periférica, visión tubular, visión con manchas y visión borrosa con manchas. (Christopher J. Brady, 2018)

2.2.4 Arduino.

Los microcontroladores son circuitos en los que se puede dejar registrado algún tipo de configuración en particular, utilizando el lenguaje de programación de Arduino llamado IDE. La placa cuenta con conexiones para periféricos de entrada y de salida, pudiendo ser programado tanto en Windows como en macOS/LINUX. (Xataka, Xataka, s.f.)

Según (Xataka, Xataka, s.f.) “Arduino es una plataforma de creación de electrónica de código abierto”, lo que significa que su hardware y software son de uso libre y fácil para los desarrolladores y creadores. Pudiendo darle así diferentes tipos de usos, brinda a su vez su plataforma Arduino IDE (Entorno de Desarrollo Integrado), que es el sitio de programación en el que cualquiera puede crear diferentes tipos de aplicaciones y usos, dependiendo de la necesidad.

2.2.4.1 Especificaciones:

Las placas de Arduino poseen diferentes tipos de pines, cada uno de ellos está identificado y se utiliza para diferentes funciones.

2.2.4.2 GND:

Abreviatura de “GROUND”, indica conexión a tierra y se puede encontrar varios de ellos en las placas.

2.2.4.3 5V y 3.3V:

5V como lo indica, posee 5 voltios de energía, así el pin 3.3 voltios. Ya que la mayoría de los elementos con los que trabaja Arduino se encuentran en el rango de los 3.3 y 5 voltios.

2.2.4.4 Analógico:

Son los pines del A0 al A5 que se encuentran debajo de la etiqueta “Entrada analógica” (Analog in), estos pines interpretan la representación de un sensor analógico y lo convierte a digital, de manera que lo podamos leer.

2.2.4.5 Digital:

los pines del 0 al 13 son pines digitales, estos pines se pueden utilizar como puerta digital (para tener en cuenta si se presionara un botón) y la salida digital (para encender un LED).

2.2.4.6 PWM:

la virgulilla (~) junto a los pines digitales 3, 5, 6, 9, 10 y 11 se comportan como pines digitales normales, pero a su vez pueden ser utilizados para algo llamado Modulación de Ancho de Pulso (PWM), siendo capaces de simular una salida analógica.

2.2.4.7 AREF:

Significa semejanza analógica y la en la mayoría de las ocasiones se puede permitir que este pin permanezca aislado, algunas ocasiones se lo utiliza para crear una tensión de relación externa entre 0 y 5 V.

En la figura 10 se puede observar los tipos de placa de Arduino que existen.



Figura 10. Placas de microcontroladores Arduino. Información adaptada de la página Xataka. Elaborado por el autor.

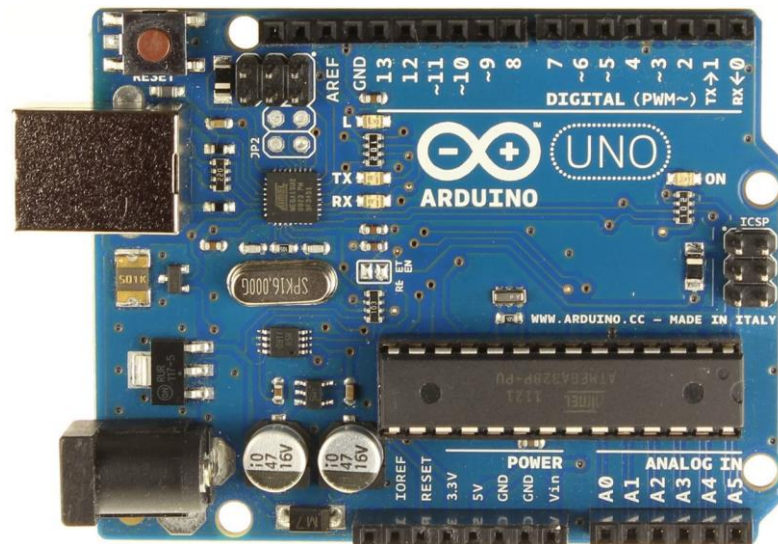


Figura 11. Placa del microcontrolador a utilizar en el prototipo (Arduino Uno). Información adaptada de la página tynalber. Elaborado por el autor.

2.2.4.8 Software Arduino IDE.

Entorno de desarrollo integrado, es un software de programación informático que tiene la facilidad de dedicarse en exclusiva a un solo lenguaje de programación o a varios, es decir; consiste en un editor de código, un compilador, un depurador y un constructor de interfaz gráfica (GUI). Además, puede cargar herramientas o programas ya compilados en la memoria de la tarjeta de arduino. (Arendiendoarduino, s.f.)



Figura 12. Software de descarga Arduino IDE. Información tomada de la página Arduino. Elaborado por el autor.

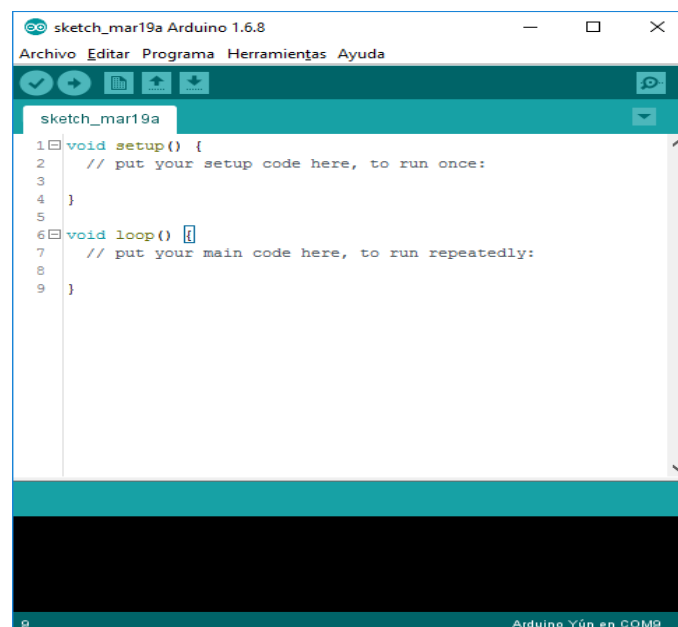


Figura 13. Interfaz del software que utiliza Arduino y la disponibilidad que posee para ser utilizado en diferentes sistemas operativos. Información adaptada de la página aprendiendoarduino. Elaborado por el autor.

2.2.4.9 Sensores.

Son dispositivos electrónicos que poseen la capacidad de detectar variaciones como: temperatura, iluminación, movimiento, presión, pH, entre otras. Estos sensores están controlados por un sistema, obedeciendo a una previa programación que determina su funcionamiento. Son llamados elementos primarios debido a que son los encargados de dar una respuesta requerida sobre la variable que se está censando. (Nicolás Avellaneda, s.f.)

“El sensor traduce la información que le llega del exterior en un impulso eléctrico, normalmente digital (pasa o no pasa corriente), que puede ser analizado y procesado por la unidad de control del sistema.” (Quimis & Cantos, 2018)

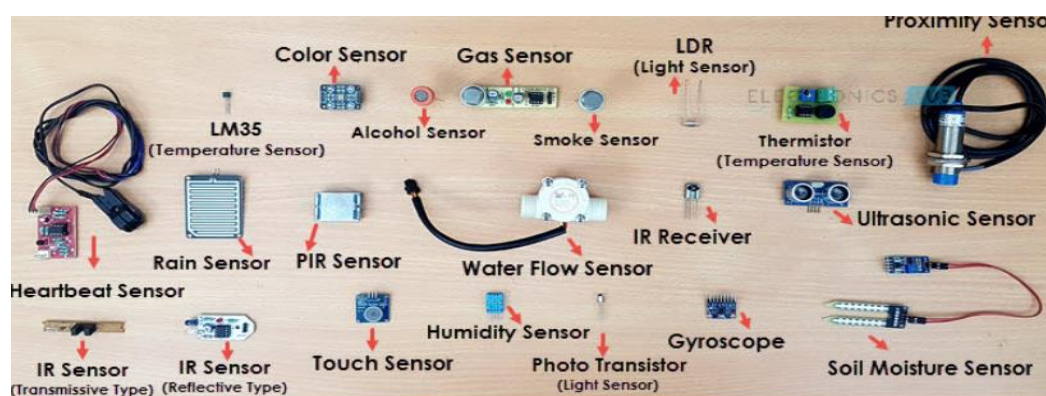


Figura 14. Diferentes tipos de sensores. Información tomada de la página paolaguimerans. Elaborado por el autor.

2.2.4.10 Ultrasonido:

“Los ultrasonidos son ondas sonoras con una frecuencia superior a 20.000 Hz, que no son percibidas por el oído humano; sin embargo, tienen muchas aplicaciones en campos como la Medicina, La biología, la Física, la Química o a la industria.” (Guioteca, 2015)

El sonar es una de las prácticas más antiguas en la detección de objetos, la reflexión de un ultrasonido en un obstáculo es lo que se convierte en una señal visible, este tipo de mecanismo lo utilizan animales como los murciélagos o los delfines para poder orientarse y poder cazar. En la navegación es una de las bases para poder localizar cardúmenes de peses, establecer la profundidad del mar o descubrir objetos que se encuentran en él. (Guioteca, 2015)

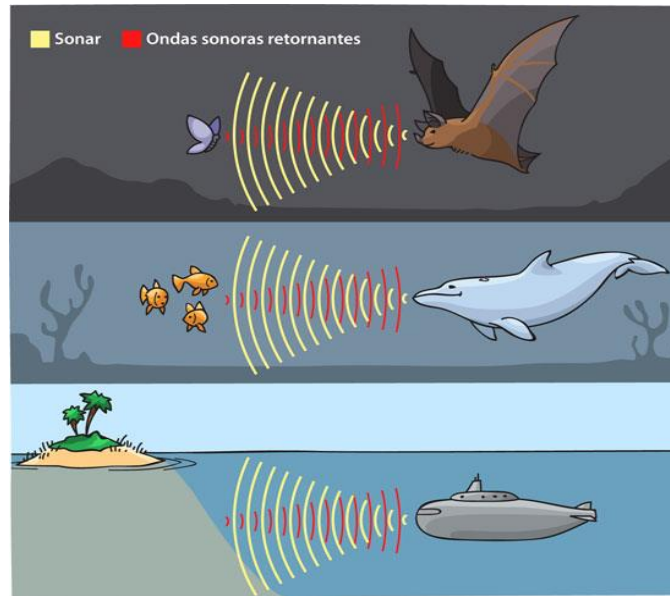


Figura 15. Ejemplos de ultrasonido. Información tomada de la página guioteca. Elaborado por el autor.

2.2.4.11 Sensor Ultrasónico HC-SR04

Como su nombre lo indica, es un sensor de distancia por sonido, el sensor es compatible con la mayoría de los microcontroladores, incluyendo a Arduino. Su función es enviar ondas de sonido en fracciones de segundo dependiendo la necesidad del programador, y dependiendo del tiempo de respuesta se tiene la distancia en la que se encuentra algún tipo de objeto u obstáculo.

Debido a su costo y calidad lo hace uno de los sensores más utilizados, óptimo para una gran variedad de aplicaciones.

Según indica (Geekfactory, s.f.) las características de este sensor son:

- Alimentación de 5 volts
- Interfaz sencilla: Solamente 4 hilos Vcc, Trigger, Echo, GND
- Rango de medición: 2 cm a 400 cm
- Corriente de alimentación: 15 mA
- Frecuencia del pulso: 40 Khz
- Apertura del pulso ultrasónico: 15°
- Señal de disparo: 10uS
- Dimensiones del módulo: 45x20x15 mm.

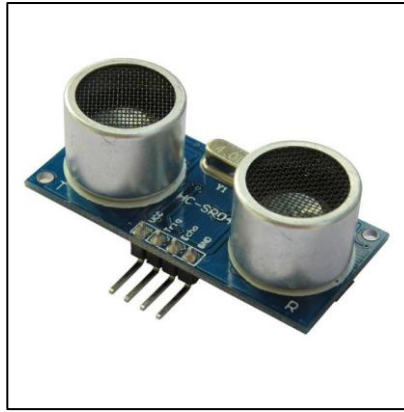


Figura 16. Sensor Ultrasónico HC-SR04. Información tomada de la página Geekfactory. Elaborado por el autor.

2.2.4.12 Mini motor vibrador.

Es un pequeño componente electrónico que al momento de ser activado emite vibraciones, siendo un sistema de alerta no audible, más bien sensorial. Gracias a su pequeño costo y gran utilidad es muy fácil de usar en muchos prototipos.

Especificación:

- Tipo: Motor vibrador.
- Voltaje de alimentación mínimo: 2 V.
- Voltaje de alimentación máxima: 5 V.
- Consumo a 2 V: 40 mA.
- Corriente a 3 V: 60 mA.
- Consumo a 4 V: 80 mA.
- Consumo a 5 V: 100 mA.
- Velocidad nominal del rotor: 11,000 RPM.
- Dirección de rotación: Sentido horario y antihorario.
- Posición del motor: Cualquier posición disponible.
- Temperatura de operación mínima: -20 °C..
- Temperatura de operación máxima: 70 °C.
- Peso: 1 g.
- Largo del cable: 20 mm.
- Dimensiones motor:
 - Diámetro: 10 mm.
 - Grosor: 2.7 mm.

- Forma de motor: Plano redondo.
- Material: Metálico..
- Color: Plateado con negro
- Número de cables: 2.
- Modelo: V14.

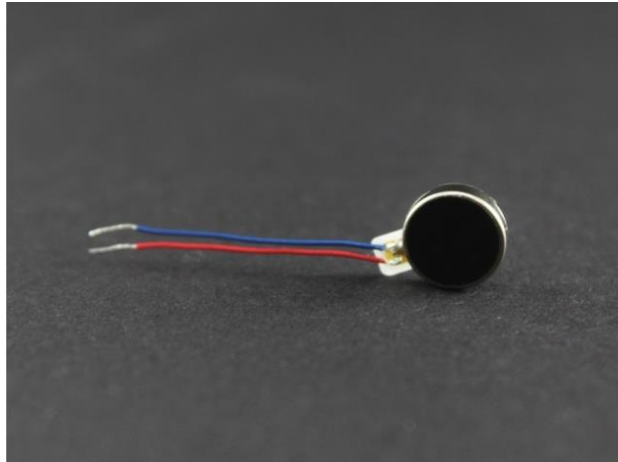


Figura 17. Mini motor vibrador. Información tomada de la página teslabem. Elaborado por el autor.

2.3. Definiciones conceptuales

El presente prototipo busca suplir la necesidad que tienen las personas con discapacidad visual en saber que obstáculos se encuentran de su cintura hacia arriba, ya que es cierto que la utilización del bastón blanco es de gran ayuda, mas no supe todas las necesidad o no le da una perspectiva sensorial completa de los obstáculos que se encuentran frente de él, con el prototipo de las gafas AS como complemento del bastón se trata de evitar la mayor cantidad posible de obstáculos, así como la mayor cantidad de accidentes posibles, recibiendo alertas de vibración como alerta.

2.3.1 Microcontrolador

“El Microcontrolador es un circuito integrado que es el componente principal de una aplicación embebida. Es como una pequeña computadora que incluye sistemas para controlar elementos de entrada/salida. También incluye a un procesador y por supuesto memoria que puede guardar el programa y sus variables (flash y RAM). Funciona como una mini PC. Su función es la de automatizar procesos y procesar información”. (Heptro, 2017)

2.3.2 Sensor

“Se refiere a un elemento de medición que detecta la magnitud de un parámetro físico y lo cambia por una señal que puede procesar el sistema. Al elemento activo de un sensor se

le conoce comúnmente como transductor. El **diseño de sensores y transductores siempre involucra alguna ley o principio físico o químico** que relaciona la cantidad de interés con algún evento medible”. (LATAM, 2018)

2.3.3 Ultrasónico

“Cuya frecuencia está por encima del umbral de audición del oído humano. Algunos animales como los delfines y los murciélagos lo utilizan de forma parecida al radar en su orientación. A este fenómeno se lo conoce como ecolocalización. Se trata de que las ondas emitidas por estos animales son tan altas que “rebotan” fácilmente en todos los objetos alrededor de ellos, esto hace que creen una “imagen” y se orienten en donde se encuentran”. (Educalingo, 2020)

2.3.4 Software

“Estos son los programas informáticos que hacen posible la ejecución o realización de tareas específicas dentro de un computador. Por ejemplo, los sistemas operativos, aplicaciones, navegadores web, juegos o programas”. (gcfglobal, 2018)

2.3.5 Discapacidad

“Discapacidad es un término general que abarca las deficiencias, las limitaciones de la actividad y las restricciones de la participación. Las deficiencias son problemas que afectan a una estructura o función corporal; las limitaciones de la actividad son dificultades para ejecutar acciones o tareas, y las restricciones de la participación son problemas para participar en situaciones vitales.

- Por consiguiente, la discapacidad es un fenómeno complejo que refleja una interacción entre las características del organismo humano y las características de la sociedad en la que vive”. (OMS, 2020)

2.4. Fundamentación legal

En la Constitución de la República del Ecuador se estipula que se garantiza los derechos en educación, salud, alimentación, seguridad social y agua para sus habitantes sin que exista discriminación alguna. Que toda persona tiene el derecho a las tecnologías de información y comunicación uso, de todas las formas de comunicación visual, auditiva, sensorial y a otras que permitan la inclusión de personas con discapacidad. Ver anexo 1.

Capítulo III

3.1. Propuesta

Antes de realizar el análisis de las factibilidades técnicas y operacionales del prototipo de las gafas “AS”, se presenta el diseño técnico y esquemático por medio del cual se han realizado previas pruebas de funcionalidad, mediante software de simulación. Se utiliza el microcontrolador Arduino como parte fundamental del diseño final del prototipo, introduciendo en la programación condiciones y variables para así lograr que los datos obtenidos por el sensor ultrasónico al momento de emitir una señal contra un objeto activen los mini motores vibradores, dando así alerta de un obstáculo que se encuentre a una distancia hasta de 2 m, dentro del radio de cobertura de 30°.

A continuación, se detalla el esquema del hardware del prototipo, realizando simulaciones en software fritzing.

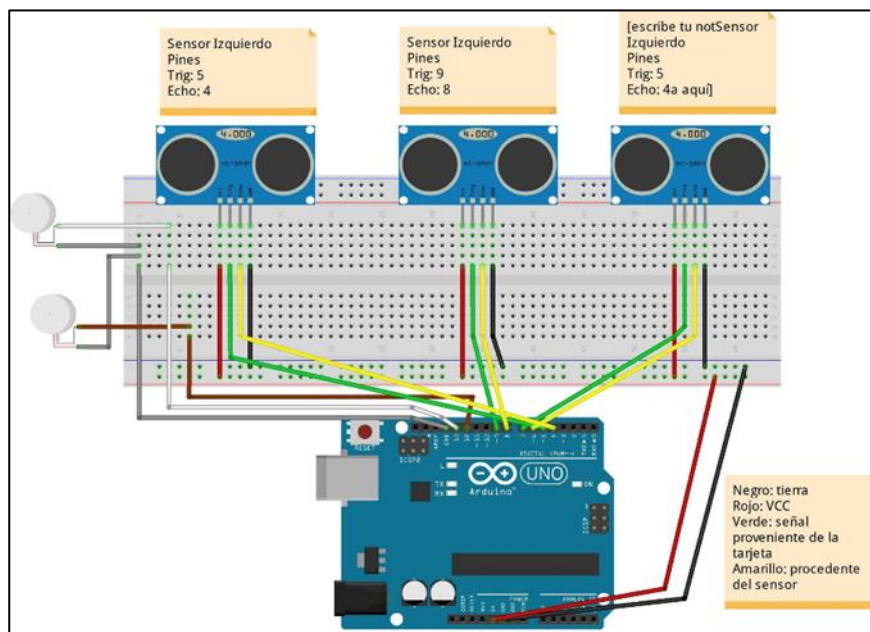


Figura 18. Esquema del hardware del prototipo. Información tomada de PC-Abner. Elaborado por el autor.

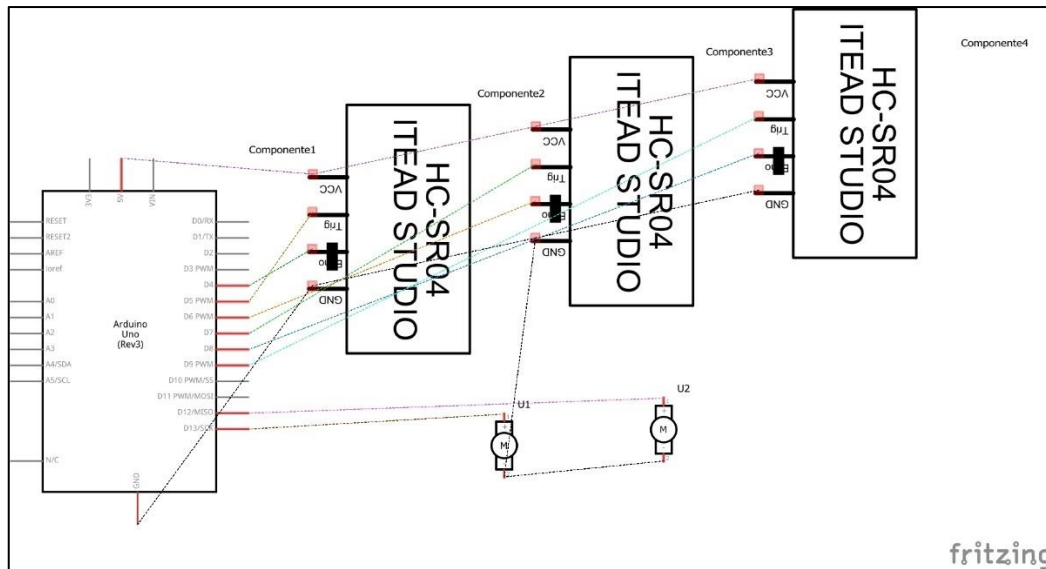


Figura 19. Esquema del hardware del prototipo. Información tomada de PC-Abner. Elaborado por el autor.



Figura 20. Proyección de uso de las gafas “AS” en la calle. Información tomada de PC-Abner. Elaborado por el autor.



Figura 21. Proyección de uso de las gafas “AS” en casa. Información tomada de PC-Abner. Elaborado por el autor.

3.2. Metodología del proyecto

El método utilizado en este estudio responde al PMI (Project Management Institute), “Es una de las asociaciones profesionales de miembros más grandes del mundo que cuenta con medio millón de miembros e individuos titulares de sus certificaciones en 180 países. Es una organización sin fines de lucro que avanza la profesión de la dirección de proyectos a través de estándares y certificaciones reconocidas mundialmente, a través de comunidades de colaboración, de un extenso programa de investigación y de oportunidades de desarrollo profesional”. (PMI, 2018)

3.2.1 Fases del PMI.

3.2.1.1 Fase de inicio

como se detalla en el capítulo uno de este proyecto, se define la ejecución y su posterior entrega, con el propósito de dejar claro una problemática y brindar una resolución específica.

3.2.1.2 Fase de planificación

en esta fase se deja claro la parte investigativa del proyecto, pudiendo de esta manera realizar el diseño del prototipo de las gafas AS. Se elabora un esquema del proceso que se efectúa según su actividad, como se ve a continuación.

3.2.1.3 Fase de ejecución

En esta tercera fase se realizan las configuraciones de cada uno de los dispositivos que conforman nuestro prototipo, las actividades que se ejecutaron son:

- Configurar las funciones que va a desempeñar el microcontrolador Arduino Uno mediante el software de uso libre que lleva el nombre de Arduino IDE.
- Condicionar en este mismo software la distancia de medición de cada uno de los sensores, a una distancia máxima de 2m.
- Ensamblar cada uno de los elementos hardware en las gafas, albergando cada dispositivo en su respectiva posición.

3.2.1.4 Fase de monitoreo y control

En esta etapa del proyecto se realizaron las pruebas necesarias y pertinentes para verificar y constatar el correcto funcionamiento de nuestro prototipo de gafas. El monitoreo y control se realizó en cada una de las pruebas tanto en hardware como en software en el prototipo.

3.2.1.5 Fase de cierre

Luego de llevar con éxito cada una de las fases, obteniendo resultados del prototipo de gafas “AS”, a continuación, se brinda el código fuente del proyecto:

3.2.2 Descripción

Desarrollo de un prototipo de las gafas “AS” con sensores ultrasónicos y motores vibradores, para personas con discapacidad visual como respuesta a la problemática que generan los obstáculos aéreos.

De acuerdo con las características del prototipo antes mencionadas, la presente tesis mostrará su funcionalidad de forma física, ya que en esta propuesta de diseño se pretende utilizar un microcontrolador de bajo coste como Arduino Uno, previo a especificaciones analizadas, sensores ultrasónicos HC-SR04 y motores de vibración, su fuente de poder será una batería recargable 5v, para que su estructura sea de mayor eficacia, se ofrecerá confort y total seguridad ante obstáculos en el diseño final al usuario, facilitando sus tareas cotidianas.

3.2.2.1 Factibilidad técnica

Cumple con la factibilidad técnica porque el hardware reúne los requisitos necesarios para poder cumplir con el propósito de las gafas “AS”, como lo es la detección de obstáculos aéreos en determinado ángulo de apertura, los dispositivos electrónicos de hardware

propuestos para la elaboración de las gafas “AS”, son económicos y asequibles en el mercado local, por lo tanto se llega a la conclusión de que se considera factible el proyecto técnicamente, el software que se utiliza al ser de Arduino es de código libre lo que facilita la descarga de librerías y la utilización de guía para poder desarrollar a cabalidad nuestra propia programación.

Tabla 3. Criterios del diseño del prototipo.

Criterios de diseño del prototipo	
Criterio	Objetivo
Ángulo de apertura para la detección de obstáculos	Ser capaz de detectar obstáculos con un ángulo de apertura de 30°
Distancia de detección de obstáculos	Detectar obstáculos a una distancia máxima de 200 centímetros
Envío de mensajes de alerta	Activado mediante vibraciones de los mini motores vibradores.
Autonomía de funcionamiento	Uso de batería de Litio recargable de duración media (5 horas)

Información tomada de PC-Abner. Elaborado por el autor.

Hardware para utilizar

A continuación, se detalla cada uno de los elementos a utilizar para el desarrollo del prototipo de las gafas “AS”:

3.2.2.1.1 Sensor Ultrasónico

Es muy común hoy en día visualizar la utilización de este sensor para varios tipos de automatización dentro del ámbito industrial, esta tecnología se ha hecho tan usual en nuestra vida diaria, llegando a adaptarse y así poder brindar una mejor calidad de vida.

“Los sensores ultrasónicos miden la distancia mediante el uso de ondas ultrasónicas. El cabezal emite una onda ultrasónica y recibe la onda reflejada que retorna desde el objeto. Los sensores ultrasónicos miden la distancia al objeto contando el tiempo entre la emisión y la recepción.” (Keyence, s.f.)

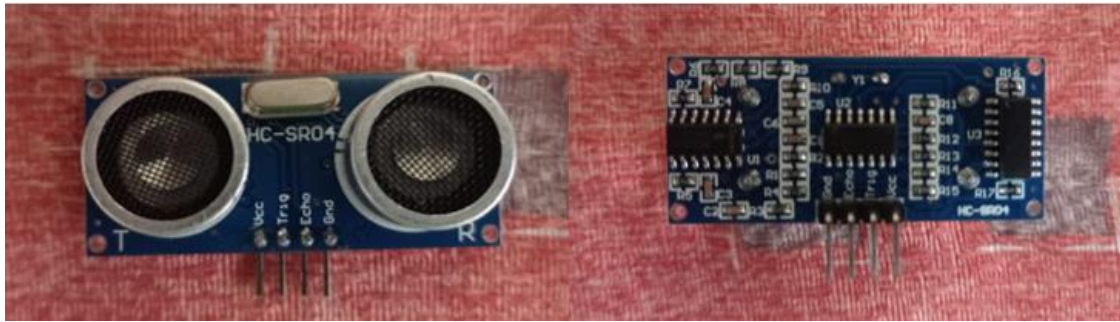


Figura 22. Sensor Ultrasónico HC-SR04 utilizado en el prototipo. Elaborado por el autor.

“El sensor de ultrasonido nos permite obtener la distancia a partir de la medición del tiempo de ida y vuelta del pulso de ultrasonido (medición del tiempo del eco). Este principio es el que utilizaremos para poder medir la distancia; midiendo el tiempo entre la ida y la vuelta y sabiendo la velocidad de propagación del sonido en el aire”.

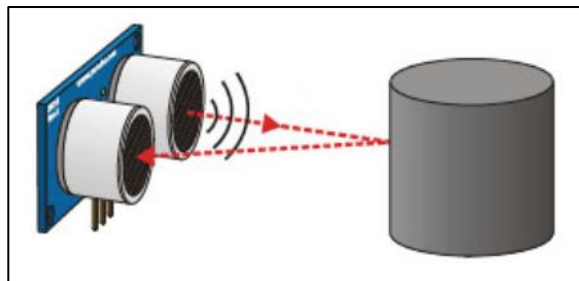


Figura 23. Sensor Ultrasónico HC-SR04 emitiendo eco de sonido contra un objeto sólido. Información adaptada de la página proyecto Arduino. Elaborado por el autor.

Función del sensor ultrasónico Hc-Sr04

El funcionamiento base de un sensor ultrasónico es medir distancias, enviando un pulso de alta frecuencia que no es audible por el ser humano, dicho impulso rebota en objeto que se encuentren cerca y sea reflejado hacia el sensor que cuenta con un micrófono idóneo para receptar dicha frecuencia.

Un sensor de ultrasonido es un dispositivo para medir distancias. Su funcionamiento se base en el envío de un pulso de alta frecuencia, no audible por el ser humano. Este pulso rebota en los objetos cercanos y es reflejado hacia el sensor, que dispone de un micrófono adecuado para esa frecuencia. (Llamas, 2015)

¿Cómo se calcula la distancia con un sensor de ultrasónico?

La base en la que se fundamenta este tipo de señal sensora para poder operar de manera optima es la fisica del sonido, teniendo en cuenta que las señales sonoras viaja a traves del aire a una velocidad aproximada de 344 m/s. (Antonio, 2018).

Para poder calcular la distancia de un obstaculo u objeto, hay que saber que la velocidad del sonido en una condicion “normal” es de 3.44 m/s, lo que equivale a 1cm/29.2 us, es decir

que en 29.2 microsegundos el sonido recorre 1cm. Al hablar de condiciones normales, hacemos referencia a una temperatura de 20°, con 50% de humedad y al nivel del mar, en otras condiciones la velocidad puede variar, pero no tanto como para afectar el calculo. Teniendo en cuenta que el sonido viaja y retorna al sensor, de modo que está recorriendo una distancia entre él y el objeto dos veces, por tal motivo debe ser dividido entre dos. (Koalab, 2017)

Dandonos como resultado la siguiente ecuación:

$$Distancia (cm) = \frac{tiempo (us) * 1cm}{29.2us * 2}$$

$$Distancia (cm) = \frac{tiempo (us) * 1cm}{58.4us}$$

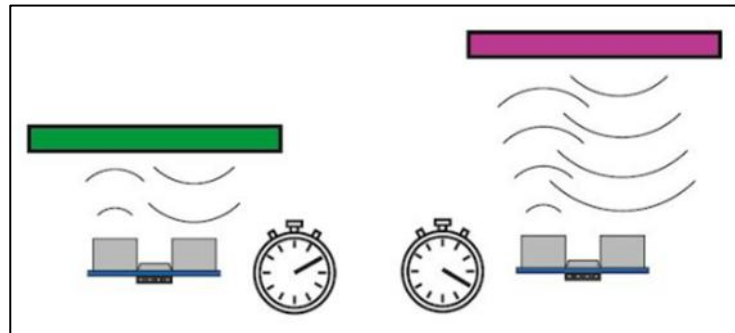


Figura 24. Resonancia de tiempo y distancia en el rebote de señales de ultrasonido. Información adaptada de la página proyecto Arduino. Elaborado por el autor.

Es importante tener en cuenta que existen ciertos tipos de objetos que no podrán ser detectados por los sensores ultrasónicos, esto se debe a que ciertos objetos son de algún material específico o poseen alguna forma o posición por lo cual la onda de sonido es absorbida y/o rebota en el objeto y el eco de retorno no llega con la energía necesaria o simplemente no llega, rebotando hacia una dirección que no es la del sensor. Es posible también que el objeto sea demasiado pequeño para que pueda reflejar una cantidad necesaria de la onda de sonido para que pueda ser detectado por el sensor. (Antonio, 2018)

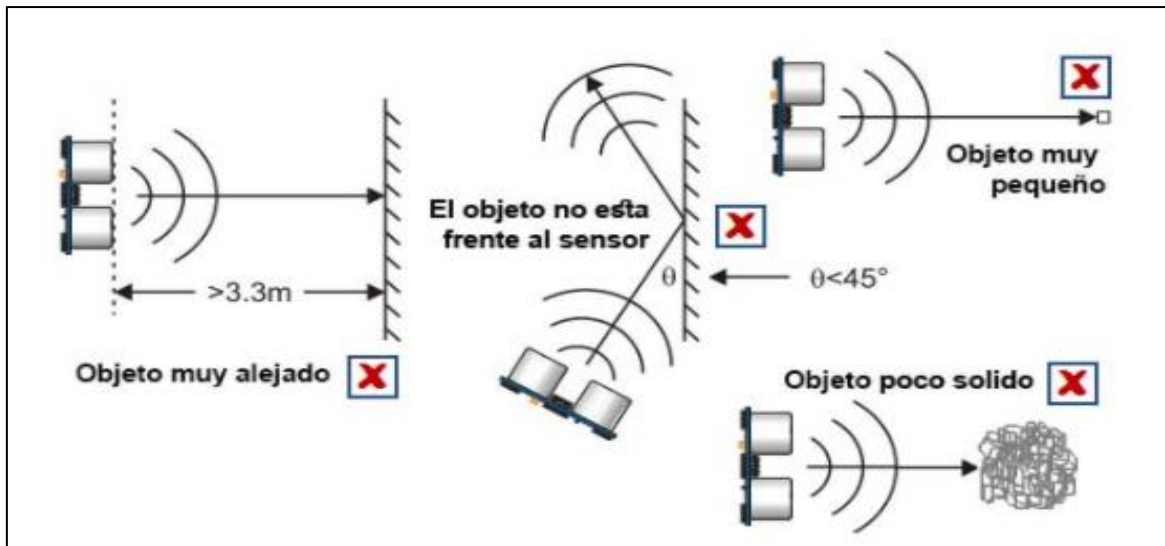


Figura 25. Errores comunes en el uso de sensores de ultrasonido. Información adaptada de la página [proyectoarduino](#). Elaborado por el autor.

El ángulo de detención del sensor ultrasónico es de 30° , aunque es recomendable utilizarlo dentro de los 15° , a su vez el rango de medición va desde los 2cm a los 400cm, con una resolución de 0.3cm.

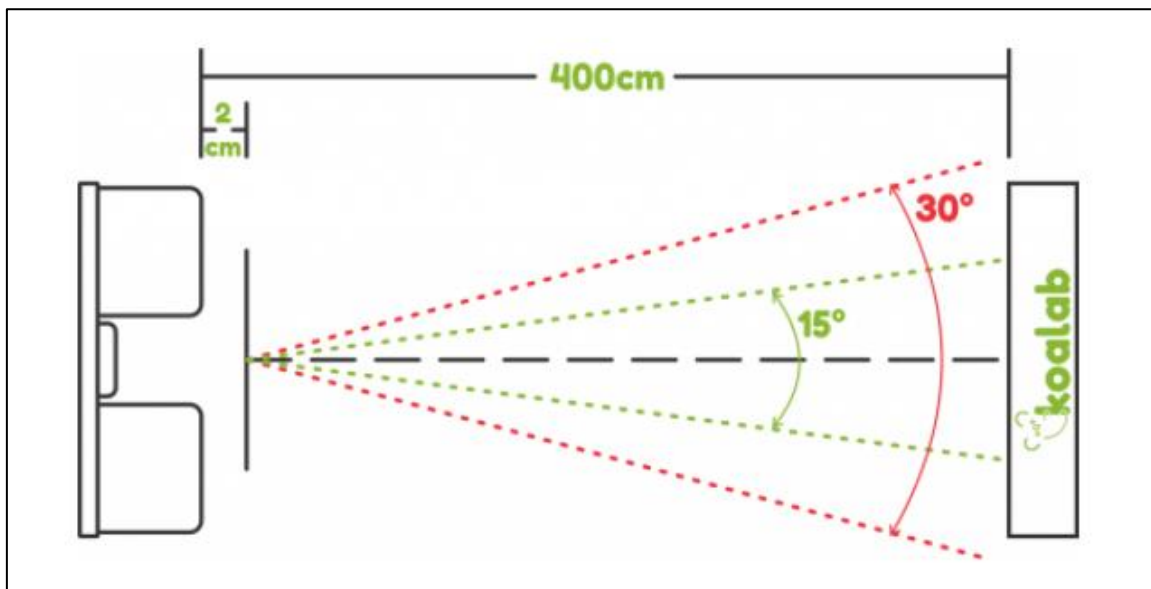


Figura 26. Rangos de medición. Información adaptada de la página [koalab](#). Elaborado por el autor.

El ángulo de detención del sensor ultrasónico es de 30° , aunque es recomendable utilizarlo dentro de los 15° , a su vez el rango de medición va desde los 2 cm a los 400 cm, con una resolución de 0.3cm. A continuación, se detalla las características del sensor ultrasónico.

Tabla 4. Datos del sensor ultrasónico HC-SR04.

Características	Detalles
Dimensiones de Circuito	45 x 20 x 15mm
Voltaje de operación	4.5v – 5.5v
Corriente de trabajo	15mA
Corriente en espera	< 2mA
Resolución	0.3cm
Angulo de medición	30°
Angulo de medición eficaz	15°
Frecuencia de trabajo	40 KHz
Rango máximo	4 m
Rango mínimo	2 cm
Señal de disparo (Trig)	10uS en estado lógico alto
Duración del pulso eco de salida (nivel TTL)	100-25000 µS
Señal de salida (Echo)	Pulso en estado lógico algo, tiempo proporcional en uS

Información adaptada de la página koalab. Elaborado por el autor

3.2.2.1.2 *Arduino.*

“Es una plataforma de creación de código abierto, la cual está basada en hardware y software libre, flexible y fácil de utilizar para los creadores y desarrolladores. Esta plataforma permite crear diferentes tipos de microordenadores de una sola placa a los que la comunidad de creadores puede darles diferentes tipos de uso”. (Xataka, 2018)

Al hablar de hardware de uso libre, hacemos referencia a que sus especificaciones y diagramas son de acceso público, pudiendo ser estas replicadas por cualquier persona que requiera de su uso. El software libre es todo aquel programa en el cual su código es accesible por cualquier persona, para que quien lo desee lo utilice y pueda modificarlo de tal manera que cumpla con sus requerimientos. (Xataka, 2018)



Figura 27. Placa del microcontrolador a utilizar en el prototipo (Arduino Uno). Elaborado por el autor.

En la siguiente figura se puede observar las partes del Arduino Uno.

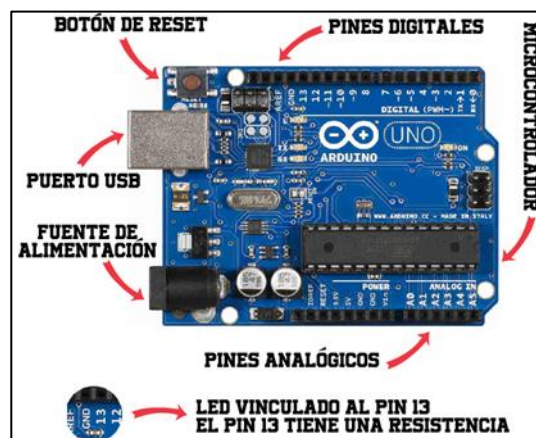


Figura 28. Partes del Arduino Uno. Información tomada de la página URDI Instenanco. Elaborado por el autor.

3.2.2.1.3 *Cómo funciona Arduino.*

“Es una placa basada en un microcontrolador ATMEL. Los microcontroladores son circuitos integrados en los que se pueden grabar instrucciones, las cuales las escribes con el lenguaje de programación que puedes utilizar en el entorno Arduino IDE. Estas instrucciones permiten crear programas que interactúan con los circuitos de la placa”.

Dicha placa tiene interfaz de entrada y de salida, la interfaz de entrada hace referencia a que podemos conectar en la placa diversos tipos de periféricos, el microcontrolador recibe los datos y los procesa hasta que llegue a través de ellos, a su vez la interfaz de salida es la encargada de trasladar información que se ha trasladado a otras placas o controladores.

Tabla 5. Características del Arduino Uno.

Características	
Microcontrolador	ATmega328
Voltaje de operación	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (límites)	6-20V
Pines de E/S digitales	14 (de los cuales 6 proporcionan salida PWM)
Pines de entrada analógica	6
Corriente DC por pin de E/S	40 mA
Corriente DC para 3.3V Pin	50 mA
Memoria Flash	32 KB de los cuales 0,5 KB utilizados por el bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Velocidad de reloj	16 MHz

Información adaptada de la página descubrearduino.com. Elaborado por el autor.

Software de Arduino IDE.

Entorno de desarrollo integrado, es un software de programación informático que tiene la facilidad de dedicarse en exclusiva a un solo lenguaje de programación o a varios, es decir; consiste en un editor de código, un compilador, un depurador y un constructor de interfaz gráfica (GUI). Además, puede cargar herramientas o programas ya compilados en la memoria de la tarjeta de Arduino. (Arendiendoarduino, s.f.)



Figura 29. Software Arduino. Elaboración por el autor.

Función del Software Arduino.

Es la herramienta IDE la cual nos permitió escribir el código en el microcontrolador Arduino uno.

3.2.2.1.4 *Mini motor vibrador*

es un pequeño componente que al ser alimentado con un voltaje de 2 a 5v emite un efecto vibratorio, es de fácil uso y resulta muy económico y practico al momento de realizar prototipos, entre mayor sea el voltaje con el que se alimenta este motor mayor será el consumo de corriente, pero así mismo será mayor la velocidad de vibración. (teslabem, s.f.)

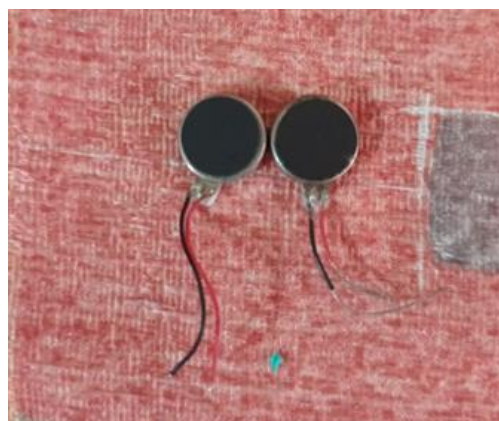


Figura 30. Mini motor vibrador utilizado en prototipo. Elaborado por el autor.

A continuación, en la tabla 6 se detalla características técnicas del mini motor vibrador:

Tabla 6. Características del Mini Motor Vibrador de Disco.

Características	
Voltaje de alimentación mínimo	2 V
Voltaje de alimentación máxima	5 V
Consumo a 2 V	40 mA
Corriente a 3 V	60 mA
Consumo a 4 V	80 mA
Consumo a 5 V	100 mA
Velocidad nominal del rotor	11,000 RPM
Dirección de rotación	Sentido horario y antihorario
Posición del motor	Cualquier posición disponible
Temperatura de operación mínima	-20 °C
Temperatura de operación máxima	70 °C
Peso	1 g
Largo del cable	20 mm
Dimensiones motor:	
Diámetro	10 mm
Grosor	2.7 mm
Forma de motor	Plano redondo
Material	Metálico
Color	Plateado con negro
Número de cables	2
Modelo	V14

Información adaptada de la página [descubrearduino](#). Elaborado por el autor.

Cables para conexiones, pines macho-hembra y macho-macho

Mediante estos cables realizamos las debidas conexiones en cada uno de los circuitos, logrando que se comuniquen entre sí, lo cual va a facilitar y agilizar el proceso de enlace entre elementos.



Figura 31. Cables utilizados en prototipo. Información tomada de PC-Abner Elaborado por el autor.

3.2.2.1.5 Power Bank

Es una batería recargable de litio, sirve para cargar diferentes tipos de dispositivos electrónicos, es portátil, de fácil uso, larga duración, posee una conexión USB, es idóneo para alimentar nuestra placa de Arduino.

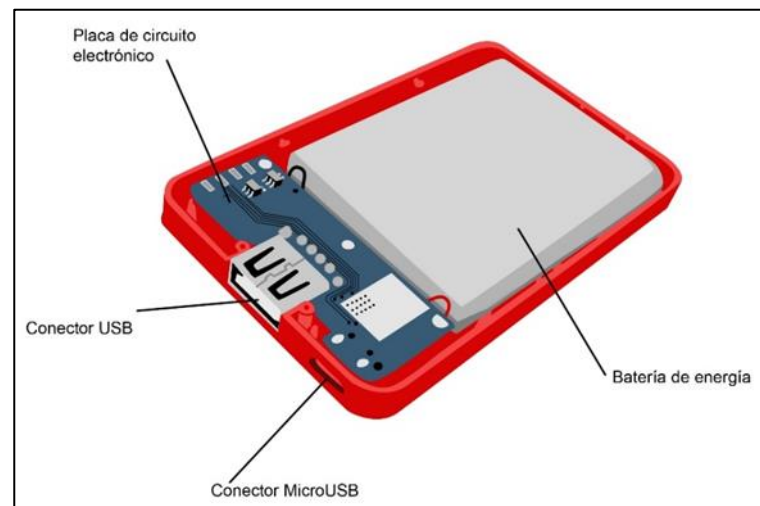


Figura 32. Batería utilizada en prototipo. Información adaptada de la página web powerbanke color. Elaborado por el autor.

Tabla 7. Especificación del prototipo del prototipo de gafas AS.

Prototipo de gafas	Especificaciones
Gafas	Si
Sensor ultrasónico	Hc-Sr04
Arduino	Uno
Batería recargable	5 V
Vibrador	Si

Información tomada de PC-Abner. Elaborado por el autor

3.2.2.1.6 *Diagrama de conexiones de elementos que conforman el prototipo.*

Se realiza un diagrama de la conexión entre cada uno de los elementos que conforman el prototipo de las gafas.

Las gafas portan los sensores ultrasónicos y los mini motores vibradores, estos a su vez van conectados hacia la placa de Arduino Uno, y dicho microcontrolador va conectado al power bank que es el encargado de suministrar energía para hacer funcional el prototipo.

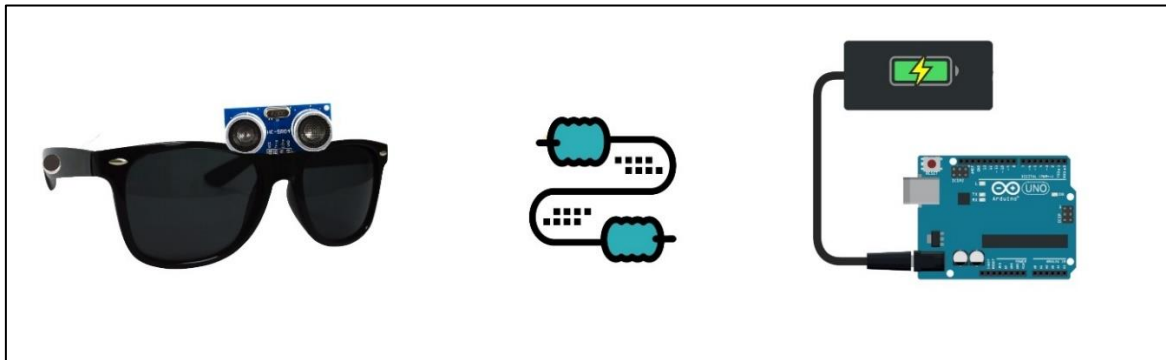


Figura 33. Simulación de conexión. Información tomada de PC-Abner. Elaborado por el autor.

3.2.2.2 *Factibilidad legal*

Para cumplir con la factibilidad legal y garantizando la inclusión de personas con discapacidad visual, se toma en consideración la ley vigente en la Constitución de la República del Ecuador, de igual manera se encuentra respaldado por la Ley Orgánica de Educación superior, Ley Orgánica de Discapacidades y el Código Orgánico De La Economía Social De Los Conocimientos Creatividad E Innovación, basándose a las leyes y reglamentos que mantiene vigente el estado ecuatoriano, el presente proyecto no afecta de manera directa o indirecta dicho marco legal.

Por tal motivo, el prototipo de las gafas AS se acomodan a las leyes vigentes ya descritas previamente en el [Anexo 1](#). Culminando de esta manera, que no hay afectación o impedimento a terceras personas involucradas en el funcionamiento del dispositivo.

3.2.2.3 *Factibilidad económica*

El prototipo de las gafas AS cumple con criterios de factibilidad económica, dado que los dispositivos tanto hardware como software empleados en el desarrollo de este son de fácil acceso y costos módicos, utilizando tecnologías open source, permitiendo así que su realización sea posible y de fácil acceso económico a personas con discapacidad visual, brindando de esta manera un aporte tecnológico, y una alternativa para salvaguardar su

integridad física.

Tabla 8. Recursos técnicos

Descripción	Cantidad	C. Unitario	C. Total
Sensor de ultrasónicos HC-SR04	3	\$3,00	\$ 9,00
Kit básico tarjeta Arduino UNO	1	\$12,00	\$ 12,00
Motores vibradores	2	\$1,25	\$ 2,50
Kit cables Arduino variados (macho-macho, macho-hembra, hembra-hembra)	1	\$2,50	\$ 2,50
Gafas	1	\$3,00	\$ 3,00
Case de acrílico para tarjeta			
Arduino UNO	1	\$3,00	\$ 3,00
Bank Power	1	\$6,00	\$6,00
Gastos varios	1	\$ 5,00	\$ 5,00
Total			\$43,00

Información tomada de PC-Abner. Elaborado por el autor

Tabla 9. Recursos Humanos

Descripción	Cantidad	C. Unitario	C. Total
Mano de obra	1	\$100,00	\$100,00
Total			\$100,00

Información tomada de PC-Abner. Elaborado por el autor

Tabla 10. Presupuesto total de recursos empleados

Descripción	Cantidad	C. Unitario	C. Total
Recursos técnicos	1	\$100,00	\$100,00
Recursos humanos	1	\$43,00	\$43,00
Total			\$143,00

Información tomada de PC-Abner. Elaborado por el autor

3.2.2.4 Factibilidad operacional

El prototipo está diseñado para beneficio de las personas con discapacidad visual con el objetivo de mejorar la calidad de vida de este grupo de personas haciendo que la interacción con factores externos haciendo que el prototipo sea amigable y de fácil uso.

Cumple con los criterios de factibilidad operacional puesto que, este diseño se ha desarrollado en respuesta a la necesidad de prevención de accidentes específicamente con obstáculos aéreos, dado que otros instrumentos de apoyo no cubren ese rango.

La factibilidad operacional se ve orientada además por lo expuesto en el primer capítulo de este documento. Así también, al ser un diseño de prototipo su fácil uso y poco peso lo convierte en un instrumento cómodo.

¿Existe aceptación de la propuesta por parte de la comunidad a la que va dirigido, muestra o beneficiarios directos?

¿La forma que se usará para verificar el correcto funcionamiento del prototipo es aceptada por los usuarios?

¿Los usuarios han participado en la planeación y en el desarrollo del proyecto?

3.3. Esquema general del proyecto

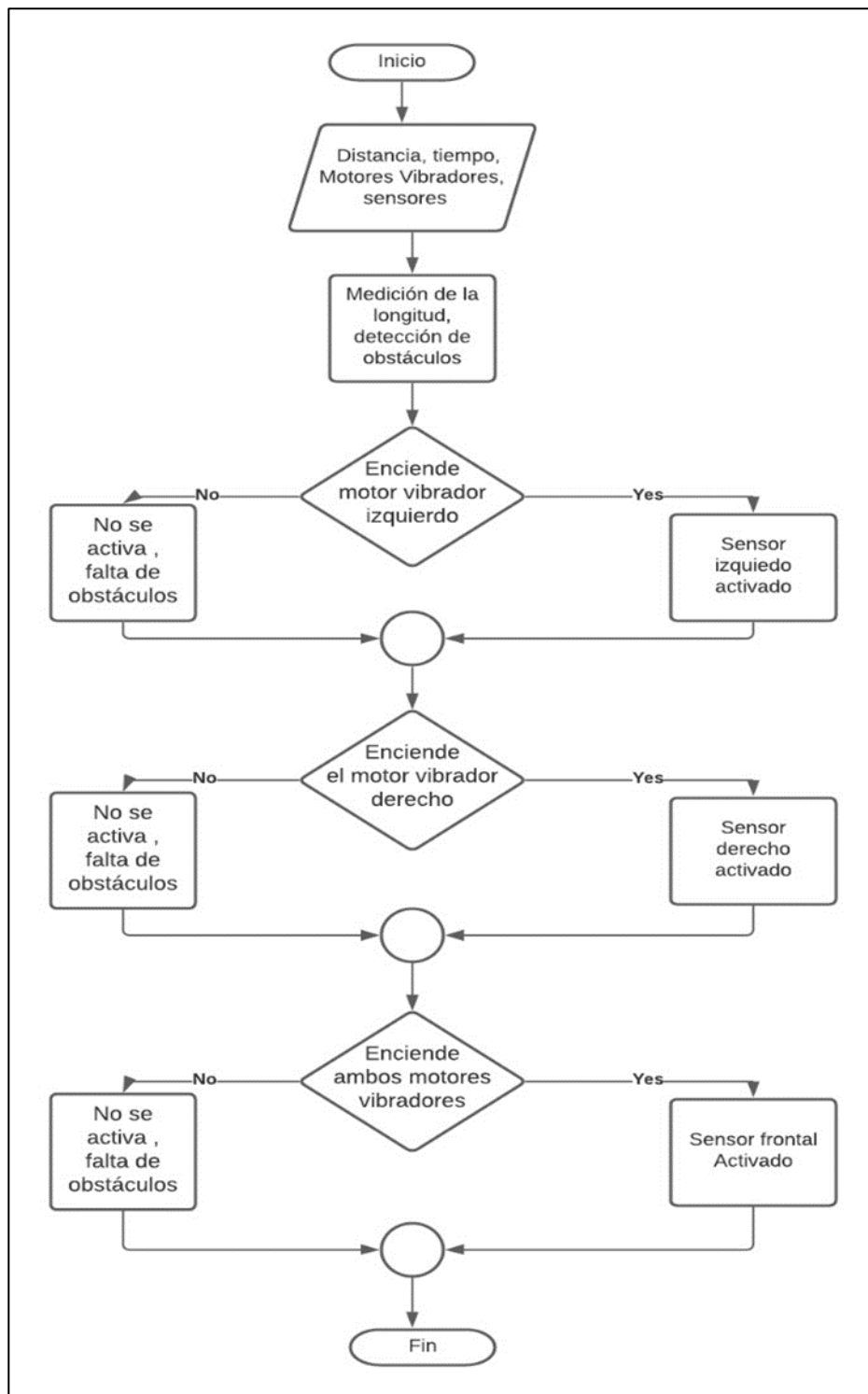


Figura 34. Diagrama de bloque. Información tomada de draw.io. Elaborado por el autor.

Diagrama de bloque del proceso que realiza el prototipo de gafas AS durante la detección de obstáculos, y respuesta por parte del sensor ultrasónico. El prototipo de gafas AS consta de tres sensores ultrasónicos HC-SR04, ubicados de tal manera que uno se encuentra en el

lado derecho de las gafas, otro en el lado izquierdo y un último sensor en la parte central de las gafas. Si el obstáculo se encuentra en el lado izquierdo el sensor lo detecta, activando el motor vibrador del mismo lado, dando así la alerta de un peligro inminente, el mismo proceso se repite en el lado derecho. Si el obstáculo se encuentra de frente a la persona, lo detecta el sensor central, activando ambo motores vibradores, para que pueda diferenciar de qué lado se encuentra el obstáculo.

3.4. Procedimiento

Para realizar las pruebas de verificación y el buen funcionamiento, se utilizó un protoboard que permitió establecer las conexiones físicas entre los sensores ultrasónicos, el Arduino uno y los dos vibradores.

En la figura 32 se puede observar la conexión de los sensores ultrasónicos Hc-Sr04.

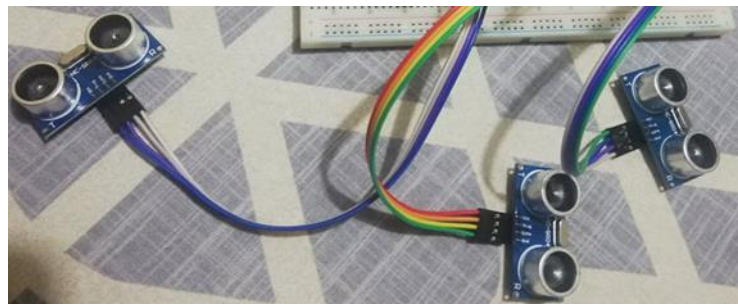


Figura 35. Conexión de los sensores ultrasónicos. Información tomada de PC-Abner. Elaborado por el autor.

Se conectan los vibradores que serán los que alerten a la persona no vidente cuando haya un obstáculo cerca.



Figura 36. Conexión de los vibradores. Información tomada de PC-Abner. Elaborado por el autor.

Luego de realizar las debidas pruebas y comprobar el funcionamiento físico del prototipo, se procedió a conectar cada uno de los componentes al protoboard como se puede ver a continuación.

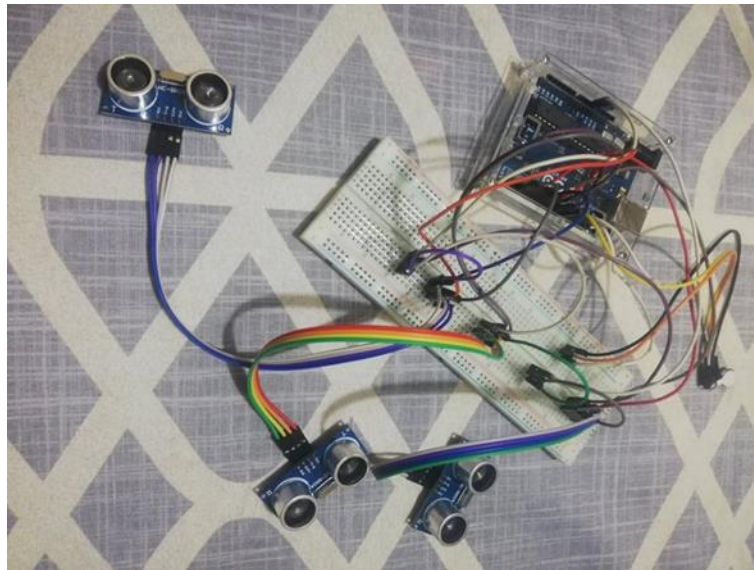


Figura 37. Conexiones entre los componentes. Información tomada de PC-Abner. Elaborado por el autor.

Utilizamos el software IDE para realizar la prueba de verificación del código en el programa.

La primera parte del código es añadir dos variables tipo long (64 bits con signo), que serán tiempo y distancia, las cuales serán usadas en una fórmula que permitirá mostrar por pantalla la distancia a la que se encuentra el obstáculo. Luego en esta parte se definen los pines de entrada y de salida.

A continuación, se estabilizarán los sensores con la función delayMicroseconds para hacer un retraso de unos pocos miles de microsegundos. El siguiente paso es enviar el pulso ultrasónico, la variable tiempo que vendrá definida por el cálculo mediante la función pulseIn que mide el tiempo pasado desde que se recepa el rebote del pulso hasta que se deja de recibirlo.

Por último, se mostrará por la pantalla del monitor serial la distancia que hay entre el sensor y el obstáculo como se puede ver en la siguiente figura.

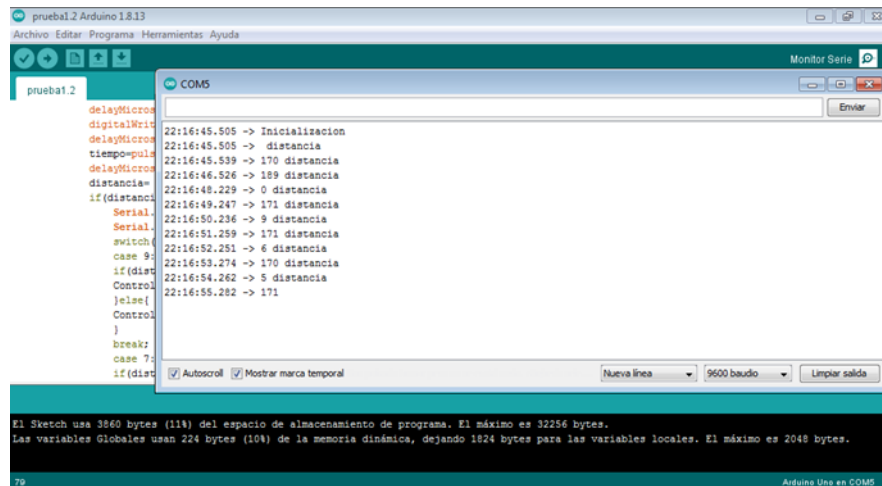


Figura 38. Distancia mostrada en el monitor serial. Información tomada de PC-Abner. Elaborado por el autor.

Se acopla los sensores a las gafas, formando el prototipo de las gafas “AS”, para ser sometido a pruebas físicas con muestra.

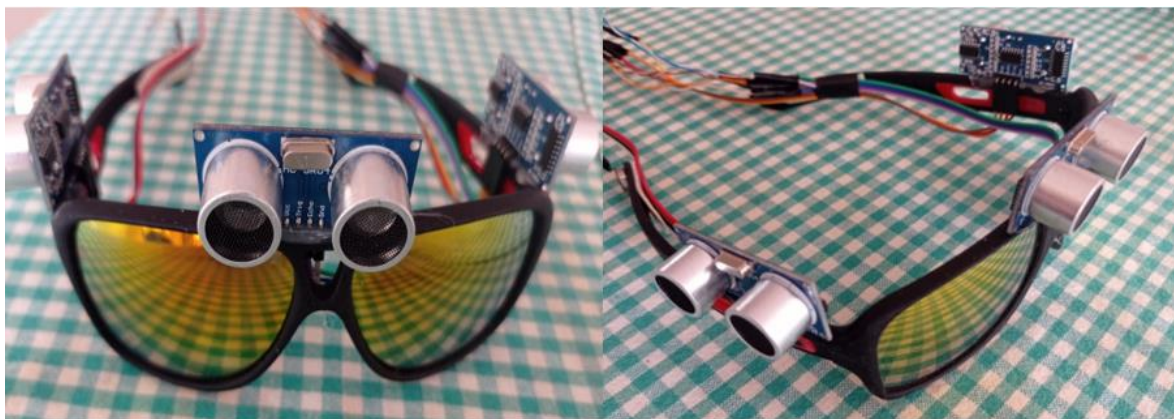


Figura 39. Prototipo de las gafas “AS”. Información tomada de PC-Abner. Elaborado por el autor.

3.4.1 Prueba de funcionalidad

En esta parte se va a mostrar de manera detallada cada una de las pruebas de funcionalidad, comprobando si el prototipo de gafas “AS” responde de manera adecuada, cumpliendo con el fin de detectar obstáculos y prevenir obstáculos, logrando validar los alcances del proyecto.

3.4.2 Prueba experimental de detección de obstáculos, objetos y alertas de proximidad.

Se realizan varias pruebas experimentales con diferentes escenarios, usando el prototipo de gafas “AS”, como objetivo validar el correcto funcionamiento de cada uno de sus componentes, que los sensores ultrasónicos detecten los obstáculos a la distancia y apertura en la cual fueron previamente programados, teniendo claro que la distancia máxima de

detección es de 2 m. y el rango de apertura es de 30°, optando por estas restricciones para lograr un resultado más preciso.

3.4.2.1 Escenario 1

La persona con discapacidad visual se encuentra a una distancia dentro del rango de 2 m. de un obstáculo ubicado a la altura del rostro con dirección frontal. Constatamos que las gafas emiten la respectiva alerta advirtiendo del obstáculo, activando ambos motores vibradores.



Figura 40. Prototipo de las gafas “AS”. Información tomada de PC-Abner. Elaborado por el autor.

3.4.2.2 Escenario 2

La persona con discapacidad visual se encuentra a una distancia máxima de 2 m. de un obstáculo ubicado a la derecha a la altura del rostro. Constatamos que las gafas emiten la respectiva alerta advirtiendo del obstáculo, activando el motor vibrador.



Figura 41. Prototipo de las gafas “AS”. Información tomada de PC-Abner. Elaborado por el autor.

3.4.2.3 Escenario 3

La persona con discapacidad visual se encuentra a una distancia de 80 cm de un obstáculo bajo las condiciones del escenario 1. Constatamos que las gafas emiten la respectiva alerta advirtiéndolo del obstáculo, activando ambos motores vibradores.



Figura 42. Prototipo de las gafas “AS”. Información tomada de PC-Abner. Elaborado por el autor.

3.4.2.4 Escenario 4

La persona con discapacidad visual se encuentra a una distancia máxima de 2 m. de un obstáculo ubicado a la izquierda y derecha a la altura del rostro. Constatamos que el motor de vibración se activa cuando se aproxima al obstáculo, si está dentro de los 30° de apertura.



Figura 43. Prototipo de las gafas "AS". Información tomada de PC-Abner. Elaborado por el autor.

3.4.2.5 Escenario 5

La persona con discapacidad visual se encuentra a una distancia mayor de 2 m. de un obstáculo con dirección frontal. La aplicación muestra la distancia, pero no se emite ninguna alerta por estar fuera del rango.

3.5. Conclusiones y Recomendaciones

3.5.1 Conclusiones

- Mediante el análisis de la problemática y de los requerimientos de las personas con discapacidad visual, se identificó que los obstáculos aéreos representan un peligro inminente en su diario transitar, por tal motivo se desarrolló un dispositivo que permite la detección de obstáculos que se encuentran de la cintura hacia arriba del individuo en tiempo real.
- Se determinó que el sensor ultrasónico es un elemento de bajo costo y gran utilidad, con la ayuda de herramientas de código libre, estando al alcance de las

personas de bajos recursos económicos, siendo idóneo para el desarrollo del prototipo de las gafas “AS”.

- Se explicó la metodología PMI (Project Management Institute), obteniendo de manera organizada y estructurada los pasos a seguir la cual describe fase a fase el desarrollo del prototipo de las gafas “AS”, solventando la necesidad de las personas con discapacidad visual, el evitar accidentes con obstáculos aéreos.

3.5.2 Recomendaciones

Dentro de las recomendaciones y consideraciones de uso del dispositivo se detallan los siguientes puntos:

- El prototipo solo admite la detección de obstáculos con rango de cobertura de 30°, dato que se debe tener en cuenta para ubicar los posibles riesgos durante una movilización no frontal (hacia los lados)
- Se recomienda la posibilidad de añadir nuevas funciones como geolocalización en tiempo real para los familiares y que se pueda enviar mensajes de estado y alerta.
- Se recomienda la posibilidad de registrar las actividades del no vidente en una base de datos y desarrollar una interfaz tipo WEB para que el familiar pueda ayudar en el monitoreo de la persona no vidente e incluso se podría enviar mensajes audibles al no vidente, a través de la misma aplicación y añadir nuevos sensores con la finalidad de detectar obstáculos fuera del rango de alcance actual del prototipo.

Anexos

Anexo 1

Constitución de la República del Ecuador

Título I

Elementos Constitutivos del Estado

Art. 3.- Son deberes primordiales del estado:

1.- Garantizar sin discriminación alguna el efectivo goce de los derechos establecidos en la constitución y en los instrumentos internacionales, en particular la educación, la salud, la alimentación, la seguridad social y el agua para sus habitantes.

Título II

Derechos

Capítulo II

Derechos del Buen Vivir

Sección III

Comunicación e información

Art 16.- Todas las personas, en forma individual o colectiva, tienen derecho a:

2.- El acceso universal a las tecnologías de información y comunicación

4.- El acceso y uso de todas las formas de comunicación visual, auditiva, sensorial y a otras que permitan la inclusión de personas con discapacidad.

Art 17.- El estado fomentará la pluralidad y la diversidad en la comunicación, y al efecto:

1.- Facilitará la creación y el fortalecimiento de medios de comunicación públicos, privados y comunitarios, así como el acceso universal a las tecnologías de información y comunicación en especial para las personas y colectividades que crezcan de dicho acceso o lo tengan de forma limitada.

Capítulo III

Derechos de las personas y grupos de atención prioritaria

Sección Sexta

Personas con Discapacidad

Art 47.- El estado garantizara políticas de prevención de las discapacidades y, de manera conjunta con la sociedad y la familia, procurara la equiparación de oportunidades para las personas con discapacidad y su integración social.

Se reconoce a las personas con discapacidad, los derechos a:

2.- La rehabilitación integral y la asistencia permanente, que incluirán las

correspondientes ayudas técnicas.

5.- El trabajo en condiciones de igualdad de oportunidades, que fomente sus capacidades y potencialidades, a través de políticas que permitan su incorporación en entidades públicas y privadas.

Art 48.- El estado adoptará a favor de las personas con discapacidad medidas que aseguren:

1.- La inclusión social, mediante planes y programas estatales y privados coordinados, que fomenten su participación política, social, cultural, educativa y económica.

3.- El desarrollo de programas y políticas dirigidas a fomentar su esparcimiento y descanso.

6.- El incentivo y apoyo para proyectos productivos a favor de los familiares de las personas con discapacidad severa.

Título VII

Régimen del Buen Vivir

Capítulo I

Inclusión y Equidad

Art. 341.- El estado generará las condiciones para la protección integral de sus habitantes a lo largo de sus vidas, que aseguren los derechos y principios reconocidos en la Constitución en particular la igualdad en la diversidad y la no discriminación, y priorizará su acción hacia aquellos grupos que requieran consideración especial por la persistencia de desigualdades, exclusión, discriminación o violencia, o en virtud de su condición etaria, de salud o de discapacidad.

Sección VIII

Ciencia, Tecnología, Innovación y saberes ancestrales

Art. 385.- El sistema nacional de ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales, en el marco del respeto al ambiente, la naturaleza, la vida y la soberanía, tendrá como finalidad:

1.- Generar, adaptar y difundir conocimientos científicos y tecnológicos.

3.- Desarrollar tecnologías e innovaciones que impulsen la producción nacional, eleven la eficiencia y productividad, mejoren la calidad de vida y contribuyan a la realización del buen vivir.

Art. 387.- Será responsabilidad del estado:

1.- Facilitar e impulsar la incorporación a la sociedad del conocimiento para alcanzar los

objetivos del régimen de desarrollo.

2.- Promover la generación y producción de conocimiento, fomentar la investigación científica y tecnológica, y potenciar los saberes ancestrales, para así contribuir a la realización del buen vivir, al sumak kawsay.

Art. 388.- El estado destinará los recursos necesarios para la investigación científica, el desarrollo tecnológico, la innovación, la formación científica, la recuperación y desarrollo de saberes ancestrales y la difusión del conocimiento. Un porcentaje de estos recursos se destinará a financiar proyectos mediante fondos concursables. Las organizaciones que reciban fondos públicos estarán sujetas a la rendición de cuentas y al control estatal respectivo.

“Ley orgánica de discapacidades”

Título I

Principios y disposiciones fundamentales

Capítulo II

Derechos de las personas con discapacidad

Sección Séptima

Art 58.- Accesibilidad. - Se garantiza a las personas con discapacidad la accesibilidad y utilización de bienes y servicios de la sociedad, eliminando barreras que impidan o dificulten su normal desenvolvimiento e integración social. En toda obra pública y privada de acceso público, urbana o rural, deberán preverse accesos, medios de circulación, información e instalaciones adecuadas para personas con discapacidad.

“Ley orgánica de educación superior”

Título I

Ámbito, objeto fines y principios del sistema de educación superior

Capítulo II

Fines de la Educación Superior

Art. 3.- Fines de la Educación Superior. - La educación superior de carácter humanista, cultural y científica constituye un derecho de las personas y un bien público social que, de conformidad con la Constitución de la Republica, responderá al interés público y no estará al servicio de interés individuales y corporativos.

Art. 8.- Serán fines de la Educación Superior. - La educación superior tendrá los siguientes fines:

- a) Aportar al desarrollo del pensamiento universal, al despliegue de la producción

- científica y a la promoción de las transferencias e innovaciones tecnológicas;
- b) Fortalecer en las y los estudiantes un espíritu reflexivo orientado al logro de la autonomía personal, en un marco de libertad de pensamiento y de pluralismo ideológico;
- c) Contribuir al conocimiento, preservación y enriquecimiento de los saberes ancestrales y de la cultura nacional;
- d) Formar académicos y profesionales responsables, con conciencia ética y solidaria, capaces de contribuir al desarrollo de las instituciones de la República, a la vigencia del orden democrático, y a estimular la participación social;
- e) Aportar con el cumplimiento de los objetivos del régimen de desarrollo previsto en la Constitución y en el Plan Nacional de Desarrollo;
- f) Fomentar y ejecutar programas de investigación de carácter científico, tecnológico y pedagógico que coadyuven al mejoramiento y protección del ambiente y promuevan el desarrollo sustentable nacional;
- g) Constituir espacios para el fortalecimiento del Estado Constitucional, soberano, independiente, unitario, intercultural, plurinacional y laico; y,
- h) Contribuir en el desarrollo local y nacional de manera permanente, a través del trabajo comunitario o extensión universitaria.

Título VI

Pertinencia

Capítulo I

Del principio de Pertinencia

Art. 107.- Principio de pertinencia.- El principio de pertinencia consiste en que la educación superior responda a las expectativas y necesidades de la sociedad, a la planificación nacional, y al régimen de desarrollo, a la prospectiva de desarrollo científico, humanístico y tecnológico mundial, y a la investigación y actividades de vinculación con la sociedad, a la demanda académica, a las necesidades de desarrollo local, regional y nacional, a la innovación y diversificación de profesiones y grados académicos, a las tendencias del mercado ocupacional local, regional y nacional, a las tendencias demográficas locales, provinciales y regionales; a la vinculación con la estructura productiva actual y potencial de la provincia y la región, y las políticas nacionales de ciencia y tecnología.

“Código orgánico de la economía social de los conocimientos creatividad e innovación”

Capítulo II

Acceso y soberanía del conocimiento en entornos digitales e informáticos

Art. 39.- Acceso universal, libre y seguro al conocimiento en entornos digitales.- El acceso al conocimiento libre y seguro en entornos digitales e informáticos, mediante las tecnologías de la información y comunicaciones desarrolladas en plataformas compatibles entre sí; así como el despliegue en infraestructura de telecomunicaciones, el desarrollo de contenidos y aplicaciones digitales y la apropiación de tecnologías, constituyen un elemento transversal de la economía social de los conocimientos, la creatividad y la innovación y es indispensable para lograr la satisfacción de necesidades y el efectivo goce de derechos. El acceso universal, libre y seguro al conocimiento en entornos digitales es un derecho de las y los ciudadanos.

Capítulo III

De los derechos de autor

Sección II

Objeto

Art. 104.- Obras susceptibles de protección. - La protección reconocida por el presente Título recae sobre las obras literarias, artísticas y científicas, que sean originales y que puedan reproducirse o divulgarse por cualquier forma o medio conocido o por conocerse.

Las obras susceptibles de protección comprenden, entre otras, las siguientes:

- 7.- Proyectos, planos, maquetas y diseños de obras arquitectónicas y de ingeniería.
- 12.- Software.

Decreto ejecutivo N° 10014

Del software libre

Art. 2.- Se entiende por Software Libre, a los programas de computación que se pueden utilizar y distribuir sin restricción alguna, que permitan su acceso a los códigos fuentes y que sus aplicaciones puedan ser mejoradas.

- Estos programas de computación tienen las siguientes libertades:
- Utilización del programa con cualquier propósito de uso común.
- Distribución de copias sin restricción alguna.
- Estudio y modificación del programa (requisito: código fuente disponible).
- Publicación del programa mejorado (Requisitos: código fuente disponible).

Art. 3.- Las entidades de la Administración Pública previa la instalación del software libre en sus equipos, deberán verificar la existencia de capacidad técnica que brinde el soporte necesario para el uso de este tipo de software.

Art. 4.- Se faculta la utilización de software propietario (no libre) únicamente cuando no exista una solución de Software Libre que supla las necesidades requeridas, o cuando esté en riesgo la seguridad nacional, o cuando el proyecto informático se encuentre en un punto de no retorno.

Para efectos de este decreto se comprende como seguridad nacional, las garantías para la supervivencia de la colectividad y la defensa de patrimonio nacional.

Para efectos de este decreto se entiende por un punto de no retorno, cuando el sistema o proyecto informático se encuentre en cualquiera de estas condiciones:

- Sistemas en producción funcionando satisfactoriamente y que en un análisis de costo beneficio muestre que no es razonable ni conveniente una migración a Software Libre.
- Proyecto en estado de desarrollo y que un análisis de costo- beneficio muestre que no es conveniente modificar el proyecto y utilizar Software Libre.

Periódicamente se evaluarán los sistemas informáticos que utilizan software propietario con la finalidad de migrarlos a Software Libre.

Ley de Propiedad Intelectual

Sección V

Disposiciones especiales sobre ciertas obras

Párrafo primero

De los programas del ordenador

Art. 28.- Los programas de ordenador se consideran obras literarias y se protegen como tales. Dicha protección se otorga independientemente de que hayan sido incorporadas en un ordenador y cualquiera sea la forma en que estén expresados, ya sea en forma legible por el hombre (código fuente) o en forma legible por maquina (código objeto), ya sean por programas operativos y programas aplicativos, incluyendo diagramas de flujo, planos, manuales de uso, y en general, aquellos elementos que conformen la estructura, secuencia y organización del programa.

Art. 29.- Es titular de un programa de ordenador, el productor, esto es la persona natural o jurídica que toma la iniciativa y responsabilidad de la realización de la obra. Se considerará titular, salvo prueba en contrario, a la persona cuyo nombre conste en la obra o sus copias

de la forma usual.

Dicho titular esta además legitimado para ejercer en nombre propio los derechos morales sobre la obra, incluyendo la facultad para decidir sobre su divulgación.

El productor tendrá el derecho exclusivo de realizar, autorizar o prohibir la realización de modificaciones o versiones sucesivas del programa, y de programas derivados del mismo.

Las disposiciones del presente artículo podrán ser modificadas mediante acuerdo entre los autores y el productor.

Anexo 2

Código del prototipo

```
#include <Time.h>

long distancia=0; //variables para calcular según lo que devuelve el sensor
long tiempo=0;
int toca; //variable que sirve para indicar el ultrasonido que hay que leer
//funciones que activan cada uno de los vibradores

void ControlTotal(int frec){
    analogWrite(13, frec); // aqui ponemos los pines de los vibradores en este caso es en
    el puerto 13 donde estaba conectado el vibrador
}

void leer(int a,int b){
    digitalWrite(a,LOW); /* Por cuestión de estabilización del sensor*/
    delayMicroseconds(5);
    digitalWrite(a, HIGH); /* envío del pulso ultrasónico*/
    delayMicroseconds(10);
    tiempo=pulseIn(b, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    distancia= int(0.017*tiempo); //cálculo de la distancia
    if(distancia<=200){
        Serial.println(" distancia");
        Serial.print(distancia);
        switch(a){
            case 9:
                if(distancia<100){
                    ControlTotal(150);
```

```

    }else{
        ControlTotal(75); // se cambio a control total para enviar la señal al mismo
transmisor central
    }
    break;
case 7:
    if(distancia<=100){
        ControlTotal(150);
    }else{
        ControlTotal(75);
    }
    break;
case 5:
    if(distancia<100){
        ControlTotal(150);
    }else{
        ControlTotal(75);
    }
    break;
}
}else{
    switch(a){
        case 9:
            analogWrite(11, 0);
            break;
        case 7:
            analogWrite(13, 0);
        case 5:
            analogWrite(10, 0);
            break;
    }
}
return;

```

```

}

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    toca = 0;
    Serial.println("Inicializacion");
    pinMode(9, OUTPUT);
    pinMode(8, INPUT);
    pinMode(7, OUTPUT);
    pinMode(6, INPUT);
    pinMode(5, OUTPUT);
    pinMode(4, INPUT);
    pinMode(12, OUTPUT);
    //izquierda pinMode(10, OUTPUT);
    pinMode(11, OUTPUT); //centro y final del vibrador
    //derecha pinMode(13, OUTPUT);
}

void loop() {

    long int tiempo = millis();
    switch(toca%3){
        case 0: leer(9,8);
        delay(1000);
            break;
        case 1: leer(7,6);
        delay(1000);
            break;
        case 2:
            leer(5,4);
        delay(1000);
            break;
    }
    toca++;
}

```

Bibliografía

- Antonio. (2018). *proyectoarduino*. Obtenido de <https://proyectoarduino.com/sensor-de-ultrasonidos-medir-distancia-con-arduino/>
- Arendiendoarduino. (s.f.). *aprendiendoarduino.wordpress.com*. Recuperado el Agosto de 2020, de <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/12/11/ide-arduino/>
- Baviera, C. (1 de octubre de 2018). *clinicabaviera*. Obtenido de <https://www.clinicabaviera.com/blog/salud-visual/que-es-la-agudeza-visual/>
- Christopher J. Brady, C. (Junio de 2018). *Manual MSD*. Obtenido de <https://www.msmanuals.com/es-es/hogar/trastornos-oft%C3%A1lmos/s%C3%ADntomas-de-los-trastornos-oculares/p%C3%A9rdida-repentina-de-visi%C3%B3n>
- Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades - CONADIS. (Julio de 2020). <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/>. Obtenido de <https://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/>
- Educalingo. (Septiembre de 2020). *educalingo*. Obtenido de <https://educalingo.com/es/dic-es/ultrasonico>
- El Comercio. (2016). *El Comercio*. Recuperado el Agosto de 2020, de <http://www.elcomercio.com/guaifai/handeyes-proyecto-ganadorunaideaparacambiarlahistoria-historychannel.html>
- Espinoza Moncayo, D., & Peña Mendoza, C. (Enero de 2015).
- Facultad de Informática de Barcelona. (2018). <https://www.fib.upc.edu>. Recuperado el Agosto de 2020, de <https://www.fib.upc.edu/retro-informatica/avui/assistencial.html#:~:text=La%20tecnolog%C3%ADa%20asistencial%20es%20un,tienen%20alg%C3%BAn%20tipo%20de%20discapacidad.>
- gcfglobal. (2018). *gcfglobal*. Obtenido de <https://edu.gcfglobal.org/es/informatica-basica/que-es-hardware-y-software/1/>
- Geekfactory. (s.f.). *Geekfactory*. Recuperado el Agosto de 2020, de <https://www.geekfactory.mx/tienda/sensores/hc-sr04-sensor-de-distancia-ultrasonico/>

- Guioteca. (Julio de 2015). *Guioteca*. Recuperado el Agosto de 2020, de <https://www.guioteca.com/educacion-para-ninos/que-es-el-ultrasonido-y-cuales-son-sus-aplicaciones/>
- Heptro. (12 de Noviembre de 2017). *hetpro-store*. Obtenido de <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/microcontrolador/>
- Keyence. (s.f.). *Keyence*. Obtenido de <https://www.keyence.com.mx/ss/products/sensor/sensorbasics/ultrasonic/info>
- KNFBReader. (2018). *KNFBReader*. Recuperado el Agosto de 2020, de <https://knfbreader.com/>
- Koalab. (Abril de 2017). *koalab.tech*. Obtenido de <https://koalab.tech/aprende/componentes/sensor-ultrasonico-hc-sr04/>
- LATAM, M. (2018). *mecatronicalatam*. Obtenido de <https://www.mecatronicalatam.com/es/tutoriales/sensores/>
- Lazzus. (s.f.). *Lazzus*. Recuperado el Agosto de 2020, de <http://lazzus.com/es/#what>
- Llamas, L. (17 de Diciembre de 2015). *luisllamas*. Obtenido de <https://www.luisllamas.es/medir-distancia-con-Arduino-y-sensor-de-ultrasonidos-hc-sr04/>
- Nicolás Avellaneda. (s.f.). *Sensores Industriales*. Recuperado el Agosto de 2020, de <https://sites.google.com/site/654sensoresindustriales/home/-quee-son-los-sensores>
- OMS. (2020). *who.int*. Obtenido de <https://www.who.int/topics/disabilities/es/>
- Organización Mundial de la Salud. (Septiembre de 2015). <http://www.webmati.es/>. Recuperado el Agosto de 2020, de http://www.webmati.es/index.php?option=com_content&view=article&id=13:deficiencia-discapacidad-y-minusvalia&catid=13&Itemid=160
- PMI. (2018). *PMI*. Obtenido de <https://pmi.org.py/index.php/pmi/que-es-el-pmi>
- Quesada, A., Fernández, A., Torres, C., García, Á., Dodson, M., Rodríguez, A., . . . Liñares, D. (8 de Marzo de 2016). *Eyesynth*. Recuperado el Agosto de 2020, de <https://eyesynth.com/que-es-eyesynth/>

- Quimis, B., & Cantos, T. (2018). *PROTOTIPO DE UNA RED DE SENSORES INALÁMBRICOS PARA EL MONITOREO DE HIPERTENSIÓN CON PACIENTES EN ESTADO DE GESTACIÓN*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- Ramos Almonte, C., Jaris Peña Lugo, L., Lora Hernández, N., Zalzueta Alvarado, R., & Tavaréz Mateo, E. (Abril de 2016). *dspace.ups.edu.ec*. Recuperado el Agosto de 2020, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12295/1/UPS-CT006438.pdf>
- Ramos Almonte, C., Peña Lugo, J., Tavaréz Mateo, E., Lora Hernández, N., & Zalzueta Alvarado, R. (Abril de 2016). *ticaplicadasalud.jimdoofree.com*.
- Shashua, A., & Aviram, Z. (2018). *Orcam*. Recuperado el Agosto de 2020, de <https://www.orcam.com/es/myeye2/>
- Technology Safety. (2019). <https://www.techsafety.org>. Recuperado el Agosto de 2020, de <https://www.techsafety.org/tecnologa-asistencial>
- teslabem. (s.f.). *teslabem*. Obtenido de <https://teslabem.com/tienda/mini-motor-vibrador-de-disco/>
- Xataka. (Julio de 2018). *Xataka*. Obtenido de <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>
- Xataka. (s.f.). *Xataka*. Recuperado el Agosto de 2020, de <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>
- Yanchatuña Aguayo, L. (Febrero de 2016). *repositorio.uta.edu.ec*. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/20348>
- Zurdo Sánchez, M. I. (2015). La ceguera y la baja visión: implicaciones en el desempeño de las actividades de la vida diaria. openAccess.