

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES
CARRERA DE INFORMÁTICA



TESIS DE GRADO
PROTOTIPO DE GAFAS PARA LA DETECCIÓN DE
OBSTÁCULOS MEDIANTE VIBRACIONES PARA
PERSONAS INVIDENTES BASADO EN LA TECNOLOGÍA
ARDUINO

Tesis de Grado para obtener el Título de Licenciatura en Informática
Mención Ingeniería de Sistemas Informáticos

POR: SERGIO FRANZ VARGAS KASA

TUTOR METODOLÓGICO: M.SC. GROVER RODRIGUEZ RAMIREZ

ASESOR: PH. D. YOHONI CUENCA SARZURI

LA PAZ – BOLIVIA

2020



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES
CARRERA DE INFORMÁTICA**



LA CARRERA DE INFORMÁTICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES PERTENECIENTE A LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.

LICENCIA DE USO

El usuario está autorizado a:

- a) Visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) Copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) Copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la referencia correspondiente respetando normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADOS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.

DEDICATORIA

Dedicar el trabajo a mi querida madre que siempre estuvo apoyándome y guiándome en todos los momentos a lo largo de mi carrera incluso en los momentos difíciles, el esfuerzo que realiza cada día logro sacarme adelante y darme una profesión del cual le estaré eternamente agradecido, esto fue gracias a tí Mamá.

Agradecimientos

A dios por guiarme en todo momento, incluso cuando el camino se ponía cada vez más difícil y darme las fuerzas de continuar a pesar de las desgracias que sucedían en mi vida, por siempre guiarme para no caer en malos pasos.

Agradecer a la Universidad Mayor De San Andrés, la carrera de informática que me dio la oportunidad de empaparme de sus conocimientos, vivir la experiencia y el privilegio de estudiar en una de las universidades más importantes de Bolivia.

A mi asesor el Ph. D. Yohoni Cuenca Sarzuri por apoyarme con sus conocimientos, ideas y sugerencias que siempre me dio para poder realizar mi tesis de grado, por impartirme su conocimiento en todas las materias que pase con su persona que me ayudaron mucho para poder resolver cualquier dificultad, por su paciencia, apoyo y su dedicación al momento de compartir sus conocimientos.

A mi tutor el Licenciado Grover Rodriguez Ramirez por su confianza, observaciones y las sugerencias que me dio en los momentos importantes al momento de realizar mi tesis de grado. Por sus aportes, consejos oportunos y su apoyo profesional.

A mi familia por su apoyo incondicional, su paciencia y creer siempre en mí a lo largo de estos años.

A todos los docentes de la carrera de informática que, en determinado momento de mi vida académica, formaron parte de mi educación y crecimiento profesional, que impartieron con profesionalismo todos sus amplios conocimientos en favor de nuestra formación académica.

Un agradecimiento especial también a todos mis amigos que me apoyaron a lo largo de estos años y me impulsaron a seguir adelante y no rendirme.

Resumen

En esta tesis, se ha desarrollado un prototipo de gafas para la detección de obstáculos mediante vibraciones para personas invidentes basado en la tecnología Arduino, el cual detectara los diferentes obstáculos que se encuentren a una altura mayor a la cintura puesto que el bastón guía que usan las personas invidentes no logra detectar estos obstáculos en las diferentes calles de la ciudad incluso en lugares cerrados como centros comerciales, plazas, calles, hogares, etc. De esta manera el prototipo de gafas detecta estos obstáculos que perjudican la circulación, tales como anuncios, ramas de árboles, ventanas abiertas, etc. El prototipo de gafas al momento de detectar un obstáculo con los dos sensores ultrasónicos envía señales de vibración a los mini motores vibradores los cuales se encuentran ubicados a los lados de la cabeza cerca de hueso temporal dejando libre el sentido auditivo, puesto que las personas invidentes se guían por los ruidos a su alrededor al momento de circular por las distintas calles de la ciudad de La Paz, de esta manera se mejora la circulación de la personas invidentes al transitar por las distintas calles de la ciudad de La Paz.

Estos sensores ultrasónicos los cuales detectan los obstáculos trabajan de forma conjunta para su mejor detección de los obstáculos por encima de la cintura, pero también se realizó la programación para que estos sensores ultrasónicos trabajen también de forma independiente, es decir que cuando un obstáculo se acerque por el lado izquierdo o derecho el respectivo sensor ultrasónico se activara enviando las señales de vibración al mini motor vibrador izquierdo o derecho dependiendo el caso.

Para el desarrollo del prototipo de gafas para la detección de obstáculos mediante vibraciones para personas invidentes basado en la tecnología Arduino se usó la metodología V para su implementación, se realizó las pruebas de funcionabilidad con las personas invidentes pertenecientes al instituto boliviano de ceguera (IBC) el cual se encuentra ubicado en la ciudad de La Paz, los cuales estuvieron de acuerdo con el trabajo realizado y con mucho gusto realizaron las pruebas de funcionabilidad del prototipo de gafas.

Palabras Clave: Obstáculos, detección, vibración, prototipo, software libre, sensor, hardware libre, Arduino, invidente, metodología V.

Summary

In this thesis, a prototype of glasses for the detection of obstacles through vibrations for blind people has been developed based on Arduino technology, which will detect the different obstacles that are higher than the waist since the guide stick they use Blind people cannot detect these obstacles in the different streets of the city, even in closed places such as shopping centers, squares, streets, homes, etc. In this way, the prototype of glasses detects these obstacles that impair circulation, such as advertisements, tree branches, open windows, etc. The prototype of glasses at the time of detecting an obstacle with the two ultrasonic sensors sends vibration signals to the mini vibrating motors which are located on the sides of the head near the temporal bone, leaving the hearing sense free, since blind people They are guided by the noises around them when they move through the different streets of the city of La Paz, in this way the circulation of blind people is improved when traveling through the different streets of the city of La Paz.

These ultrasonic sensors which detect obstacles work together to better detect obstacles above the waist, but the programming was also carried out so that these ultrasonic sensors also work independently, that is, when an obstacle approaches. On the left or right side, the respective ultrasonic sensor will be activated sending vibration signals to the left or right mini vibrating motor depending on the case.

For the development of the prototype of glasses for the detection of obstacles by means of vibrations for blind people based on Arduino technology, methodology V was used for its implementation, functionality tests were carried out with blind people belonging to the Bolivian Institute of Blindness (IBC) which is located in the city of La Paz, who agreed with the work carried out and with pleasure carried out the functionality tests of the prototype of glasses.

Keywords: Obstacles, detection, vibration, prototype, free software, sensor, free hardware, Arduino, blind, V methodology.

ÍNDICE

CAPÍTULO I.....	1
MARCO REFERENCIAL.....	1
1.1 Introducción	1
1.2 Problema.....	3
1.2.1 Antecedentes del Problema.....	3
1.2.2 Formulación del Problema	5
1.3 Objetivo	5
1.3.1 Objetivo General	5
1.3.2 Objetivo Especifico.....	5
1.4 Hipótesis	6
1.5 Justificación.....	6
1.5.1 Justificación Social	6
1.5.3 Justificación Tecnológica	6
1.6 Alcances y Limites	6
1.6.1 Alcances.....	6
1.6.2 Limites	7
CAPÍTULO II.....	7
MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Invidente.....	7
2.1.1 Ciego	8
2.1.2 Baja Visión	8
2.1.3 Limitada Visión	8
2.1.4 Agudeza Visual	9
2.1.5 Impedimento Visual	9
2.1.6 Percepción Visual	9
2.2 Instituto Boliviano de la Ceguera.....	9
2.3 Obstáculo	10
2.3.1 Tipos de Obstáculos.....	11
2.4 Arduino.....	12

2.4.1	Hardware	13
2.4.2	Software.....	14
2.5	Arduino Nano.....	15
2.6	Fritzing	16
2.7	Prototipo	19
2.8	Ecolocalización.....	19
2.9	Mecanismo de la Vista.....	21
2.9.1	Percepción	21
2.9.2	Transformación	22
2.9.3	Trasmisión.....	22
2.9.4	Interpretación	22
2.10	Sensor Ultrasónico HC-SR04.....	22
2.10.1	Funcionamiento	23
2.10.2	Formulas del Sensor Ultrasónico	23
2.11	Led RGB.....	26
2.12	Resistor	27
2.13	Mini Motor Vibrador	28
2.13.1	Características y Especificaciones.....	29
2.14	Medida de Pasos de Una Persona.....	30
2.15	Estatura Promedio en Bolivianos.....	30
2.16	Tiflotecnología.....	31
2.17	Tecnología Para Invidentes.....	31
2.17.1	Orcam MyEye 2.0.....	31
2.17.2	Máquina de Lectura Parlante Eye-Pal Solo.....	32
2.17.3	Gafas Para Ciegos Mediante Sonidos.....	33
2.17.4	FingerReader	34
2.18	Placa de Pruebas o Protoboard.....	35
2.19	Metodología	36
2.19.1	Metodología en V.....	36
2.19.2	Nivel 1	38
2.19.3	Nivel 2	38

2.19.4	Nivel 3	38
2.19.5	Nivel 4	38
2.19.6	Ventajas.....	39
2.19.7	Desventajas	39
CAPÍTULO III		39
DISEÑO METODOLÓGICO		39
3.1	Introducción.....	39
3.2	Fase 1. Especificaciones	39
3.3	Fase 2. Funcional.....	40
3.3.1	Formulas	40
3.3.2	Hardware	40
3.3.3	Software.....	41
3.4	Fase 3. Diseño.....	44
3.4.1	Hardware	44
3.4.2	Software.....	47
3.5	Fase 4. Codificación.....	49
3.6	Fase 5. Prueba de Diseño	52
3.6.1	Instalación de los Sensores Ultrasónicos	52
3.6.2	Instalación de los Mini Motores Vibradores.....	53
3.6.3	Instalación de Leds RGB	53
3.6.4	Conexión de la Placa Arduino Nano con Componentes Electrónicos	53
3.6.7	Integración del Hardware y Software	55
3.7	Fase 6. Prueba de Funcionamiento	57
3.7.1	Detección de Obstáculo Usando Ambos Sensores Ultrasónicos.....	57
3.7.2	Detección de Obstáculos Usando el Sensor Ultrasónico Izquierdo.....	59
3.7.3	Detección de Obstáculos Usando el Sensor Ultrasónico Derecho	61
3.8	Fase 7. Prueba de Especificaciones.....	62
CAPÍTULO IV.....		65
PRUEBA DE HIPÓTESIS.....		65
4.1	Introducción	65
4.2	Pasos para la Demostración de Hipótesis	66

CAPÍTULO V	70
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
5.1 Conclusiones Generales.....	70
5.2 Cumplimiento de los Objetivos Generales	70
5.3 Cumplimientos de los Objetivos Específicos	71
5.4 Estado de Hipótesis.....	71
5.5 Recomendaciones.....	71
Bibliografía	73

Anexos

Documentación

INDICE DE FIGURAS

Capítulo II

Figura 2. 1 Reunión en el Día del Bastón Blanco.....	8
Figura 2. 2 Instituto Boliviano de la Ceguera.....	10
Figura 2. 3 Placa Arduino.....	13
Figura 2. 4 Entorno de Programación Arduino	14
Figura 2. 5 Disposición de pines del Arduino Nano.....	16
Figura 2. 6 Apartados del Programa Fritzing	18
Figura 2. 7 Diseño en Protoboard en Fritzing.....	18
Figura 2. 8 Diseño Esquemático en Fritzing	19
Figura 2. 9 La Ecolocalización en los Animales	20
Figura 2. 10 Mecanismo de la Visión Humana	21
Figura 2. 11 Sensor Ultrasónico	23
Figura 2. 12 Distancia entre el Ultrasónico y un Objeto	24
Figura 2. 13 Esquema Eléctrico del Montaje de un Sensor Ultrasónico en Arduino	25
Figura 2. 14 Montaje en un Protoboard de un Sensor Ultrasónico en Arduino.....	26
Figura 2. 15 Modelos de Led RGB Fuente: (Atom, 2013).....	26
Figura 2. 16 Componente Electrónico Resistor.....	27
Figura 2. 17 Mini Motor Vibrador.....	29
Figura 2. 18 Dispositivo portátil con una cámara y un pequeño altavoz.....	32

Figura 2. 19 Maquina de Lectura Parlante Eye Pal Solo.....	33
Figura 2. 20 Gafas que Detectan Objetos y lo Trasmiten mediante sonidos.....	34
Figura 2. 21 Anillo a Través de una Cámara para Leer con una Voz Sintetizada.....	34
Figura 2. 22 Carril Positivo y Negativo del Protoboard.....	35
Figura 2. 23 Posición (D:10) en el Protoboard.....	36
Figura 2. 24 Fases de la Metodología en V	37

Capítulo III

Figura 3. 1 Estructura de Componentes del Prototipo.....	41
Figura 3. 2 Modelado en Protoboard del Circuito	48
Figura 3. 3 Diseño Esquemático Del Circuito	48
Figura 3. 4 Código Realizado en Arduino Parte 1	49
Figura 3. 5 Código Realizado en Arduino Parte 2.....	50
Figura 3. 6 Código Realizado en Arduino Parte 3.....	50
Figura 3. 7 Código Realizado en Arduino Parte 4.....	51
Figura 3. 8 Código Realizado en Arduino Parte 5.....	51
Figura 3. 9 Código Realizado en Arduino Parte 6.....	52
Figura 3. 10 Código Realizado en Arduino Parte 7.....	52
Figura 3. 11 Instalación de los Sensores Ultrasónicos	54
Figura 3. 12 Instalación de los Mini Motores Vibradores.....	54
Figura 3. 13 Instalación de los leds RGB	55
Figura 3. 14: Prototipo de Gafas con la Ubicación de los componentes Arduino.....	56
Figura 3. 15: Prototipo de Gafas con Leds y sin Leds utilizados para las Pruebas de Funcionamiento	57
Figura 3. 16 Detección de Obstáculos en el Rango de la Distancia 1	58
Figura 3. 17 Detección de Obstáculos en el Rango de la Distancia 2	58
Figura 3. 18 Detección de Obstáculos en el Rango de la Distancia 3	59
Figura 3. 19 Detección de Obstáculos por la Izquierda en el Rango de la Distancia 1	60
Figura 3. 20 Detección de Obstáculos por la Izquierda en el Rango de la Distancia 2.....	60
Figura 3. 21 Detección de Obstáculos por la Izquierda en el Rango de la Distancia 3.....	61
Figura 3. 22 Detección de Obstáculos por la Derecho en el Rango de la Distancia 1	61

Figura 3. 23 Detección de Obstáculos por la Derecho en el Rango de la Distancia 2	62
Figura 3. 24 Detección de Obstáculos por la Derecho en el Rango de la Distancia 3	62
Figura 3. 25 Acompañando a las personas invidentes en las pruebas del prototipo.....	63
Figura 3. 26 Las Personas Invidentes Realizan las Pruebas Individualmente.....	64

Capitulo IV

Figura 4. 1 Tabla de Chi-Cuadrado con el valor Chi-cuadrado Critico.....	68
--	----

INDICE DE TABLAS

Capitulo II

Tabla 2. 1: Consumo de Energía y Duración en Horas de una Placa Arduino tomando en cuenta una Bateria De 1200mA	16
Tabla 2. 2 Código de Colores de la Resistencia	28
Tabla 2. 3: Estatura Promedio De Hombre Y Mujer En Bolivia.....	31

Capitulo III

Tabla 3. 1 Especificaciones del Hardware usando Ambos Sensores Ultrasónicos al Momento Detectar un Obstáculo.....	42
Tabla 3. 2 Especificación del Hardware usando el Sensor Ultrasónico Izquierdo al Momento de Detectar un Obstáculo.....	43
Tabla 3. 3 Especificación del Hardware usando el Sensor Ultrasónico Derecho al Momento	43
Tabla 3. 4 Elementos de Hardware del Prototipo	44

Capitulo IV

Tabla 4. 1 Tabla de Valores o Frecuencias Observadas	65
Tabla 4. 2 Tabla de Valores o Frecuencias Observadas Extendida.....	66
Tabla 4. 3 Tabla de Valores o Frecuencias Esperadas.....	67

1.1 Introducción

La existencia de varios avances tecnológicos como la incuestionable supremacía visual de otras personas pueden convertirse en nuevas barreras y factores de exclusión en la participación e integración en la comunidad de las personas con discapacidad visual. Pero como ciudadanos y consumidores de bienes y servicios, tienen derecho a acceder de forma autónoma a todos los lugares y a la información que se proporciona. Conseguir que cualquier persona pueda usar y disfrutar los entornos con seguridad, comodidad y autonomía es un reto para nuestra sociedad. Por ello, entre las acciones que realiza la ONCE, es prioritaria la de contribuir a que los entornos, bienes y servicios sean totalmente accesibles para las personas con discapacidad visual (Once, 2013).

Son muchas las tecnologías que se han creado últimamente que, igual sin ser su propósito primario, han ayudado a mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad. Las pantallas táctiles han hecho posible que cualquier tipo de dispositivo sea accesible para toda clase de personas. Esto sumado a, por ejemplo, los interfaces vocales que permiten enviar y recibir mensajes por voz en los dispositivos, ha ayudado a una mejor comunicación e integración en la sociedad. Pero estos son solo unos pocos ejemplos de cómo las TIC ayudan a paliar problemas de las personas. Teclados gigantes, detectores de obstáculos, ratones manejados por la boca, ondas sonoras para avisar de cualquier obstáculo son otros casos más de cómo la sociedad avanza en pro a un mundo más justo e igualitario. Pero si hablamos de TIC, no podemos olvidarnos de dos grandes herramientas: la página web y las redes sociales. Estos dos sistemas de comunicación que tan cotidianos vemos, han ayudado a acercar la problemática de las personas con discapacidad a la sociedad en general, aportando información sobre los problemas y situaciones a los que se pueden enfrentar. Con ello, han ayudado a crear más conciencia y a hacer que todos luchemos por un mundo sin barreras (Suarez, 2018).

Existen una serie de productos para ciegos tales como las gafas para ciegos que transforman lo que te rodea en sonido creada por la empresa Eyesynth. los cuales se emiten a

través de la conducción ósea es decir un sonido abstracto, una especie de ruido blanco. Este sonido va cambiando según cambie la posición, tamaño y forma de lo que nos rodee. Esto tiene una ventaja adicional: al ser un lenguaje no verbal, cualquiera puede usarlos sin importar los idiomas que hable. También permite que las gafas se puedan vender en cualquier país. En tal caso el costo es una de las dificultades más grandes de estos productos, ya que el costo estándar por unidad es de 2700 dólares aproximadamente lo cual es un costo inaccesible para las personas invidentes de la ciudad de La Paz. Los diferentes productos existentes para personas invidentes que cuentan con un costo elevado de adquisición lo veremos en el marco teórico de forma más detallada.

La propuesta de la tesis a realizar es implementar un prototipo de gafas para la detección de obstáculos mediante vibraciones para personas invidentes basado en la tecnología Arduino, de tal manera que las personas con discapacidad visual puedan desplazarse por las calles y los lugares por la cual transite de mejor manera.

Algunas propuestas de tesis y proyectos de investigación respecto a la propuesta planteada:

La tesis de grado de **“Visión Artificial Por Alertas De Voz Y Movimiento Para Personas Con Discapacidad Visual En La Biblioteca De No Videntes De La Universidad Técnica De Ambato”** (Yanchatuña, 2016) de la facultad de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Técnica De Abanto. En el presente tiene 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 adquieran información de los obstáculos cercanos e inmediatamente informen al usuario mediante alertas de voz y movimiento.

La tesis de grado de **“Diseño e implementación de un prototipo de gafas electrónicas con comunicación Bluetooth para la detección de objetos circundantes para personas no videntes”** (Espinoza, 2015) de la facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad De Politécnica Salesiana. Busca una alternativa de mejoramiento a la movilidad de personas invidentes de la escuela de educación básica, el cual consta de un circuito de mando con sensores que alertan la presencia de un objeto obstaculizaste.

La tesis de grado de **“Sistema De Posición Y Orientación Móvil Para Personas Ciegas En Ambientes Cerrados”** (Saenz, 2009) de la Facultad de Ciencias de la

Computación de la Universidad De Chile. Diseñar una solución basada en tecnología móvil para identificar la posición y orientación de personas ciegas en ambientes cerrados. Con ello lograr un consenso en la solución que permita identificar la posición y orientación de personas en un espacio cerrado (como un colegio, edificio u hogar) con la infraestructura necesaria, basándose en criterios económicos, de usabilidad, de confiabilidad y de accesibilidad. En este contexto, se entiende tecnología como el conjunto conformado por el dispositivo PocketPC, él/los dispositivos(s) de comunicación inalámbrica(s), la interfaz de comunicación entre el software que interactúa con el hardware que proporciona los datos, y un modelo de comunicación entre los diferentes actores.

La tesis de grado de **“Diseño e implementación de un sistema de seguridad para el hogar con interfaz con Android”** (García, Diseño e implementación de un sistema de seguridad para el hogar con interfaz en android, 2014) de la Facultad de Informática de la Universidad Del País Vasco. El sistema consta de un detector de intrusos, que detecta la presencia por diferentes métodos combinados para no (Ayala, 2011) producir falsas alarmas, como pueden ser el movimiento, la vibración de ventanas y puertas producida por golpear o abrir estas, y finalmente el sonido. También dispone de sistemas de detección de humo y gases tóxicos, producidos por la mala combustión de chimeneas, calderas, calentadores de agua, calefactores y estufas. El usuario también puede acceder a los datos de todos los sensores instalados.

La tesis de grado de **“Diseño Y Construcción Del Prototipo De Un Sistema Electrónico Por Ultrasonido Para Medir Distancias Aplicadas A Un Bastón Blanco”** (Ayala, 2011) de la facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana de Cuenca. El trabajo propone una solución para las personas invidentes mediante un sensor de ultrasonido colocado en el bastón blanco de las personas invidente, el cual al detectar un obstáculo genera alertas en forma de pitidos mediante un buzzer o timbre miniatura.

1.2 Problema

1.2.1 Antecedentes del Problema

El Censo realizado el 2012 y según el tipo de dificultad permanente, la dificultad visual es la que tiene mayor incidencia con 47,2%, seguida de la dificultad de caminar o subir escalones con 17,1%, la dificultad de oír, aun si usa audífonos con el 14,9%; dificultad de

hablar, comunicarse o conversar, 9,4%; recordar o concentrarse, 7,4% y sin especificar, 3,9%. De 2.803.982 viviendas particulares con ocupantes presentes empadronadas en el Censo 2012, 10,3% (287.667 viviendas) alberga a personas con alguna dificultad permanente. Los departamentos que registran mayor porcentaje de personas con estas características son: La Paz 31,7%; Santa Cruz 23,5%; Cochabamba 15,9% y Potosí con 7,5% (Ine, 2016).

Caminar por las calles del centro de La Paz es dificultoso para cualquiera, para un invidente es una aventura, afirmó Giovanni Patzi. Ni siquiera la “ruta de los ciegos” identificada por la Alcaldía está libre de obstáculos, comprobó La Razón, que le acompañó en un recorrido. En esta lista están los postes de luz y señalización que no están alineados sobre las aceras, basureros instalados en medio de la vía peatonal, aceras que en las esquinas terminan en forma de rampas para las personas que usan sillas de ruedas, pero que se convierten en trampas para los invidentes, que no pueden darse cuenta cuándo dejan la acera y desde dónde hay que cuidarse de los autos. postes enterrados en el suelo colocados con la intención de evitar que los automovilistas estacionen sus coches en las aceras. También figuran las baldosas y los adoquines desnivelados, las casetas de las vendedoras callejeras situadas a ambos lados de la vía peatonal o las motocicletas estacionadas sobre ella. Todas son una amenaza (Tapia, 2013).

Las problemáticas que se dan en las personas invidentes cuando se desplazan por las calles en la ciudad de La Paz, por ejemplo, Richard es una persona invidente que vive en la ciudad de La Paz y las problemáticas que se tiene día a día al momento de desplazarse por las calles son las siguientes:

- El prejuicio es uno de los problemas relacionados con estas barreras actitudinales. Por ejemplo, cuando Richard entró con su perro Mali a un restaurante o supermercado en La Paz fue confundido con una persona en situación de calle. El asunto es que se tiene el prejuicio de que ser ciego es ser pobre, ya que existe el preconceito referido a que si se tiene una discapacidad no se puede ingresar a la educación regular.
- La barrera arquitectónica de la ciudad tiene un sinfín de elementos que se transforman en lo que se conoce como violencia inaccesible contra las personas con discapacidad. Bajo esta idea se encuentran los puestos de caseritas, perros callejeros, árboles, aceras estrechas, minibuses veloces, embotellamientos casi todo el día, baches, botes de

basura gigantes en medio del paso, la impredecible longitud en cada esquina, contaminación acústica hasta la prohibición (no manifiesta) de ingreso en algunos lugares. Richard, por ejemplo, se enfrenta al hecho que los conductores parquean en las calles a diestra y siniestra y que los perros callejeros pueden agredir a su perro guía.

- El ingreso al transporte público para trasladarse, tales como el Pumakatari es difícil para los invidentes entrar con su perro guía. El bus de transporte masivo municipal dispone de asientos preferenciales para personas con discapacidad y un ascensor especial para brindar servicios a pasajeros que se trasladan en silla de ruedas (al mes, unas 350 personas); sin embargo, no era común recibir a un ciego con su perro guía.

1.2.2 Formulación del Problema

¿Cómo mejorar el desplazamiento de las personas invidentes al momento de transitar por las calles?

1.3 Objetivo

1.3.1 Objetivo General

Implementar un prototipo de gafas para la detección de obstáculos mediante vibraciones para personas invidentes basada en la tecnología Arduino para mejorar el desplazamiento de las personas invidentes al transitar por las calles.

1.3.2 Objetivo Especifico

- Realizar un esquema del prototipo de gafas con componentes electrónicos en la plataforma Arduino.
- Detectar los obstáculos próximos a la altura de la cabeza.
- Determinar los diferentes rangos de distancias al detectar un obstáculo con el prototipo de gafas.
- Establecer que la respuesta de alerta sea de forma automática.
- Implementar una vibración de alerta de los mini motores de forma gradual al detectar un obstáculo.
- Realizar las pruebas preliminares del prototipo en un protoboard (placa de pruebas).
- Determinar el costo de los componentes de hardware utilizados en el prototipo.
- Realizar las pruebas de funcionamiento con personas invidentes pertenecientes al instituto boliviano de la ceguera (IBC).

1.4 Hipótesis

La implementación de un prototipo de gafas para la detección de obstáculos mediante vibraciones para personas invidentes basado en la tecnología Arduino mejora el desplazamiento de las personas invidentes al transitar por las calles, bajo un nivel de confianza del 95%.

1.5 Justificación

1.5.1 Justificación Social

El presente trabajo es una ayuda a la sociedad invidente que le da la posibilidad de mejorar la circulación por las diferentes calles y sitios concurridos que cuenten con obstáculos y de esta manera mejorar la circulación de las personas invidentes usando el prototipo de gafas que detecta los obstáculos.

1.5.2 Justificación Económica

Los proyectos y prototipos diseñados a nivel mundial para personas invidentes son de un alto costo, puesto que son empresas que comercializan a un alto costo sus productos para personas invidentes por no tener el apoyo de instituciones o el gobierno, por esta razón el prototipo de gafas contara con materiales económicos y de fácil acceso para su implementación y de esta manera ayudar a las personas invidentes que cuentan con bajos recursos para poder acceder a este tipo de prototipos tecnológicos.

1.5.3 Justificación Tecnológica

Con el avance de las nuevas tecnologías digitales en hardware, así como en software que facilitan la obtención y transmisión de datos en diferentes formas, crear nuevas herramientas, productos y prototipos tecnológicos enfocados en las personas invidentes y que proporcionen comodidad, seguridad, exactitud y fácil portabilidad para un mejor desenvolvimiento de las mismas en su orientación y movilidad.

1.6 Alcances y Limites

1.6.1 Alcances

- Las gafas permitirán la detección de obstáculos a la altura de la cabeza.
- El prototipo de gafas estará basado en la tecnología Arduino.
- El prototipo de gafas puede ser usado tanto en el día como en la noche.

- Las detecciones de los diferentes obstáculos serán en tres diferentes rangos.
- Los diferentes rangos de distancia, la vibración de los mini motores será de forma gradual al momento de detectar un obstáculo.
- El prototipo de gafas será ligero y de fácil uso.
- Los sensores trabajaran de forma conjunta y separada para mejorar la detección de los obstáculos.
- El prototipo de gafas usara componentes económicos.

1.6.2 Limites

- El prototipo de gafas solo se encargará de detectar los obstáculos, no así dar a conocer el tipo de obstáculo que se encuentra delante de la persona invidente.
- Las detecciones de obstáculos serán a una distancia no mayor a un metro y medio entre la persona invidente y el obstáculo.
- El prototipo de gafas no será resistente contra el agua.
- Los componentes del hardware no son resistentes a caídas graves y golpes externos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Invidente

Las personas invidentes son aquellas que tienen la falta de visión, también se puede referir a la pérdida de la visión que no se puede corregir con lentes convencionales o con lentes de contacto (Adam, 2020).

Las principales causas de ceguera son los accidentes, las cataratas, el glaucoma y la atrofia del nervio óptico. La ceguera puede iniciarse en cualquier edad en las personas. Sin embargo, a pesar del avance tecnológico y la mejor atención médica inmediata en algunos casos del que goza el hombre moderno, ha aumentado el número de personas que viven lo suficiente y que pueden contraer los trastornos visuales que son capaces de afectar la visibilidad en diferentes grados en las personas mayores y porque no en adolescentes, por tal razón es importante buscar soluciones para poder ayudar a las personas que sufren de estas enfermedades o deficiencias que llegan a tener en la vista, algunas de las soluciones existentes

son los bastones blancos que sirven de guía para desplazarse por los diferentes lugares como se muestra en la Figura 2.1.



Figura 2.1 Reunión en el Día del Bastón Blanco

Fuente: (Marroquin, 2019)

En la actualidad existen varios tipos de ceguera dependiendo el caso de la persona, veamos cuales son:

2.1.1 Ciego

Sólo percepción de luz sin proyección, o aquellos que carecen totalmente de visión, desde el punto de vista educacional el niño ciego es el que aprende mediante el sistema Braille y no puede utilizar su visión para adquirir ningún conocimiento, aunque la percepción de la luz pueda ayudarlo para sus movimientos y orientación (Adam, 2020).

2.1.2 Baja Visión

Personas limitadas en su visión de distancia, pero que pueden ver objetos a pocos centímetros constituyen otro sub-grupo. En los niños podrán utilizar su visión para muchas actividades escolares, algunos pocos para leer y otros deberán complementar su aprendizaje visual con el táctil. Bajo ningún concepto se los debe llamar ciegos (Adam, 2020).

2.1.3 Limitada Visión

El término se refiere a las personas que de alguna manera están limitados en el uso de su visión. Pueden tener dificultad para ver materiales comunes para el aprendizaje sin contar con una iluminación especial o pueden no ver objetos a cierta distancia a menos que estén en movimiento. Puede ser también que deban usar lentes o lupas especiales para poder utilizar la visión que poseen. Los niños limitados visuales deben ser considerados como niños videntes para los fines educativos (Adam, 2020).

2.1.4 Agudeza Visual

Agudeza se refiere a la medida clínica de la habilidad para discriminar claramente detalles finos en objetos o símbolos a una distancia determinada (Adam, 2020).

2.1.5 Impedimento Visual

La palabra denota cualquier desviación clínica en la estructura o funcionamiento de los tejidos o partes del ojo. El impedimento puede ser en la parte central del ojo, la lente o el área que rodea a la mácula, en cuyo caso la persona podrá tener una muy buena visión periférica, pero tendrá dificultad para ver detalles finos. Por el contrario, el impedimento puede localizarse en la estructura o células del área periférica causando lo que comúnmente se conoce como "visión tubular". La persona puede tener una visión central muy clara al enfocar en un punto determinado, pero no puede ver fuera de la zona central (Adam, 2020).

2.1.6 Percepción Visual

Habilidad para interpretar lo que se ve; es decir, la habilidad para comprender y procesar toda la información recibida a través del sentido de la vista. La información que llega al ojo debe ser recibida en el cerebro, codificada y asociada con otras informaciones. Aun en casos de impedimentos o cuando la agudeza es pobre, el cerebro recibe impresiones visuales y puede interpretarlas con relativa exactitud. La percepción visual es un proceso decisivo que se relaciona más con la capacidad de aprendizaje del niño que con su condición visual (Adam, 2020).

2.2 Instituto Boliviano de la Ceguera

El Instituto Boliviano de la Ceguera es una institución pública con personalidad jurídica propia y autonomía de gestión técnica, legal y administrativa, creada por Ley de 22 de enero de 1957 y reglamentada por Decreto Supremo 08083 del 28 de agosto de 1967, una

de sus finalidades es la de planificar la acción del Estado en la temática de la ceguera. En cumplimiento al Decreto Supremo 28631, a la fecha nos constituimos en una entidad pública descentralizada bajo tuición del Ministerio de Salud. Los objetivos más importantes son la rehabilitación y habilitación de personas ciegas para que puedan lograr una forma individual de vida, desarrollar sus potencialidades para lograr sus objetivos, basados en la igualdad de oportunidades y equiparación de condiciones para que exista una inclusión plena en la sociedad (IBC, 2017) a continuación se muestra la Instituto Boliviano de la Ceguera en la Figura 2.2.



Figura 2. 2 Instituto Boliviano de la Ceguera

Fuente: (Elaboración Propia, 2020)

2.3 Obstáculo

La palabra obstáculo se originó en el latín “obstaculum”, vocablo integrado por el prefijo “ob” que denota un enfrentamiento, el verbo “stare” en el sentido de estar en pie, y el sufijo instrumental “culum”. De esta etimología podemos deducir que un obstáculo es algo que está de pie frente a nosotros, representando un impedimento a nuestras acciones, también a nivel general, puede decirse que es un problema o un inconveniente (Moreno, 2018).

De esta manera un obstáculo para las personas invidentes, es todo objeto que impide la circulación normal y segura de las personas invidentes al momento de transitar por las distintas calles.

2.3.1 Tipos de Obstáculos

Las personas con deficiencia visual encuentran a diario barreras en la vía pública que en algunos casos son causa de ansiedad. La calle resulta en ocasiones un lugar complicado para pasear tranquilamente. Para las personas que presentan una deficiencia visual, el problema se acentúa y caminar por la vía pública es sinónimo a veces de recorrer una carrera de obstáculos. Cualquier acera, más si se trata de una calle comercial o con bares, presenta un cúmulo de obstáculos para el tránsito de alguien con una deficiencia visual: carteles publicitarios, papeleras y maceteros colocados a la puerta de los establecimientos, bicicletas aparcadas junto a una fachada entre otras, pero por norma general un invidente camina por el borde interior de la acera ya que con el bastón es más fácil guiarse por los edificios. Por ello, aunque parezca que están colocados de modo que no molestan, dificultan el paso de estos peatones. La cuestión está en que algunos piensan que, para un ciego que pase, no hay porque cambiar la manera de ordenar las mesas de una terraza o que no estorba un toldo más bajo de lo normal. Y debería ser al revés: si puede pasar aunque sólo sea un ciego, ya ha de tenerse en cuenta que le puede molestar (Moreno, 2018).

Los obstáculos que encuentran las personas invidentes a una altura mayor de la cintura, las cuales no son detectados por el denominado bastón guía para ciegos al momento de desplazarse por calles, provoca problemas en la circulación segura por las calles puesto que tienen muchos obstáculos al recorrer por las calles. Entre las cuales tenemos las siguientes:

- Carteles publicitarios.
- Maceteros colocados en las entradas de edificios.
- Árboles.
- Ventanas abiertas.
- Paraguas Enormes.
- Letreros, carteles y anuncios de ventas.
- Carpas y toldos armados a una altura mínima.
- Muebles de hogar a la venta.

- Prendas de vestir colgados a una altura mínima.
- El tránsito caótico en horas pico.
- Vehículos mal estacionados
- Vehículos que paran lejos de la vereda.

2.4 Arduino

El Arduino es una placa basada en un microcontrolador, específicamente un ATMEL. Un microcontrolador es un circuito integrado (podríamos hablar de un microchip) en el cual se pueden grabar instrucciones. Estas instrucciones se escriben utilizando un lenguaje de programación que permite al usuario crear programas que interactúan con circuitos electrónicos (Mecafenix, 2017).

Arduino es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios. Por otro lado, Arduino nos proporciona un software consistente en un entorno de desarrollo (IDE) que implementa el lenguaje de programación de Arduino y el bootloader ejecutado en la placa. La principal característica del software de programación y del lenguaje de programación es su sencillez y facilidad de uso. Arduino se puede utilizar para desarrollar elementos autónomos, conectándose a dispositivos e interactuar tanto con el hardware como con el software. Nos sirve tanto para controlar un elemento, pongamos por ejemplo un motor que nos suba o baje una persiana basada en la luz existente en una habitación, gracias a un sensor de luz conectado al Arduino, o bien para leer la información de una fuente, como puede ser un teclado, y convertir la información en una acción, la placa de Arduino se muestra en la Figura 2.3.





Figura 2. 3 Placa Arduino

Fuente: (Jadiaz, 2016)

2.4.1 Hardware

El Hardware de Arduino es básicamente una placa con un microcontrolador. Un microcontrolador (abreviado μC , UC o MCU) es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria. Está compuesto de varios bloques funcionales, los cuales cumplen una tarea específica. Un microcontrolador incluye en su interior las tres principales unidades funcionales de una computadora: unidad central de procesamiento, memoria y periféricos de entrada/salida.

Características de un microcontrolador:

- Velocidad del reloj u oscilador
- Memoria: SRAM, Flash, EEPROM, ROM, etc.
- I/O Digitales
- Entradas Analógicas y Salidas analógicas (PWM)
- DAC (Digital to Analog Converter)
- ADC (Analog to Digital Converter)
- Buses
- UART
- Microcontrolador: ATmega328
- Voltaje Operativo: 5v
- Voltaje de Entrada (Recomendado): 7 – 12 v

- Pines de Entradas/Salidas Digital: 14 (De las cuales 6 son salidas PWM)
- Pines de Entradas Análogas: 6
- Memoria Flash: 32 KB (ATmega328) de los cuales 0,5 KB es usado por Bootloader.
- SRAM: 2 KB (ATmega328)
- EEPROM: 1 KB (ATmega328)
- Velocidad del Reloj: 16 MHZ.

2.4.2 Software

El software de Arduino es un IDE, entorno de desarrollo integrado (siglas en inglés de Integrated Development Environment). Es un programa informático compuesto por un conjunto de herramientas de programación. El IDE de Arduino es un entorno de programación que ha sido empaquetado como un programa de aplicación; es decir, consiste en un editor de código, un compilador, un depurador y un constructor de interfaz gráfica (GUI).

El área de trabajo puede ser dividida en 5 grandes partes. De arriba abajo son: la barra de menús, la barra de botones, el editor de código, la barra de consola de mensajes, y la barra de estado. La mayoría del tiempo estaremos trabajando en el editor de código, donde desarrollaremos nuestros proyectos. Además, incorpora las herramientas para cargar el programa ya compilado en la memoria flash del hardware. Como se muestra en la Figura 2.4.

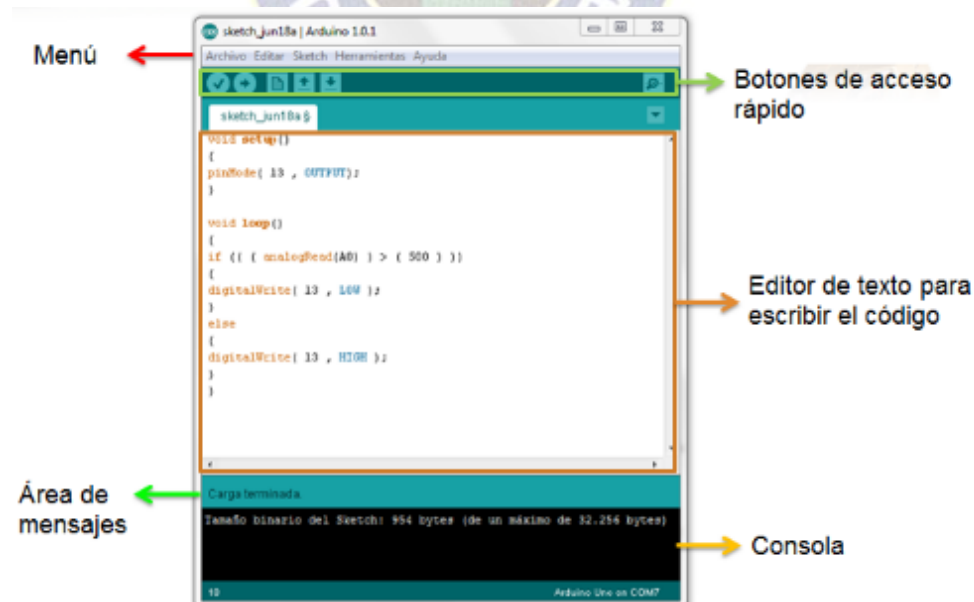


Figura 2. 4 Entorno de Programación Arduino

Fuente: (Macho, 2019)

2.5 Arduino Nano

El Arduino Nano es una pequeña y completa placa basada en el ATmega328P, el mismo microcontrolador del Arduino Uno, salió a la luz en el año 2010 y el diseño de esta placa fue elaborado por la empresa Gravitech. Tiene más o menos la misma funcionalidad que el Arduino Uno, pero con una presentación diferente por su tamaño reducido ideal para proyectos que necesitan este tipo de placas, también se puede programar con el mismo Arduino IDE, una de las mejoras es que funciona con un cable USB Mini para su alimentación (Isaac, 2019).

Las características técnicas principales son las siguientes:

- Microcontrolador: ATmega328P
- Chip USB: CH340
- Voltaje de Alimentación: 7V -12V DC
- Voltaje de I/O: 5V
- Pines Digitales I/O: 14 (6 PWM)
- Entradas Analógicas: 8
- Corriente máx. entrada/salida: 40mA
- Memoria FLASH: 32KB (2KB usados por el Bootloader)
- Memoria SRAM: 2KB
- Memoria EEPROM: 1KB
- Frecuencia de Reloj: 16 MHz
- Dimensiones: 18.5 mm x 43.2 mm
- Consumo de energía, 15 mA
- Peso, 7 g
- Una conexión Mini-USB.
- Una fuente de alimentación no regulada de 6-20V (pin 30).
- Una fuente de alimentación regulada de 5V (pin 27).

Las variedades de pines que contiene la placa Arduino Nano se muestra en la siguiente Figura 2.5.

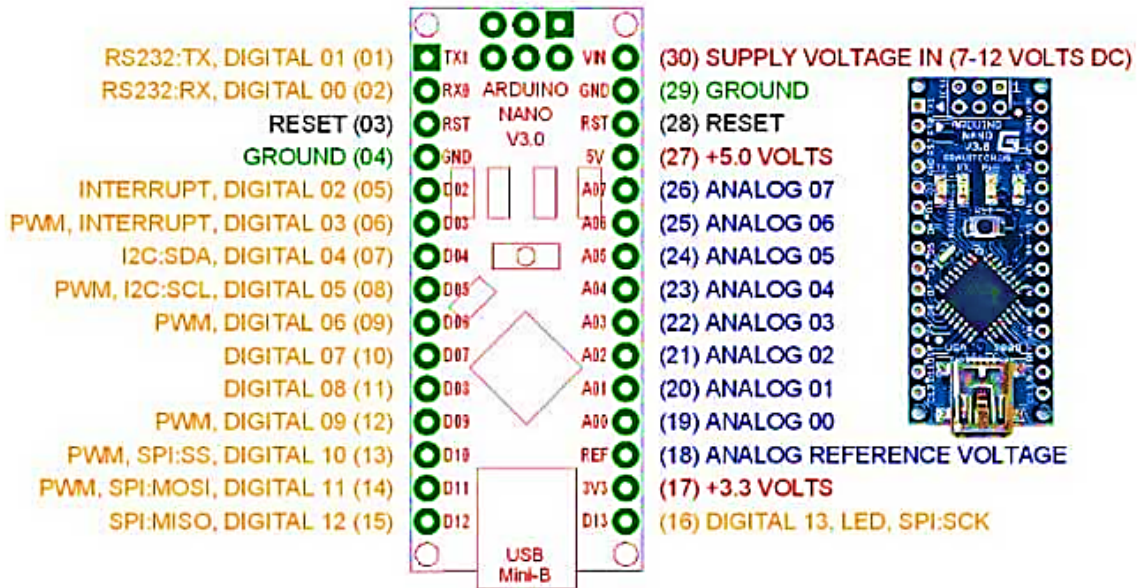


Figura 2. 5 Disposición de pines del Arduino Nano

Fuente: (Lavorda, 2016)

El consumo de energía de las placas Arduino varían según el modelo y sus características, las cuales se muestran en la Tabla 2.1.

Tabla 2. 1: Consumo de Energía y Duración en Horas de una Placa Arduino tomando en cuenta una Bateria De 1200mA

Modelo	Consumo en mA	Duración de una Bateria de 1200mA
Arduino Uno	46	26 horas
Arduino Mega	93	13 horas
Arduino Due	75	16 horas
Arduino Nano	15	80 horas

Fuente: (Prometec, 2019)

2.6 Fritzing

Fritzing es un software para la automatización del diseño electrónico (Electronic Design Automation) para diseñadores, artistas y cualquier persona que tenga interés en la

electrónica y el desarrollo de prototipos en las diferentes áreas tecnológicas, el programa fue desarrollado por Interaction Desing Lab en 2007. El objetivo de Fritzing es proveer las herramientas que faciliten la documentación y el intercambio de proyectos (Oliveira, 2011).

El programa Fritzing incluye los diferentes tipos de placas de Arduino, placas de conexiones, led, motores, displays, etc. Además, permite hacer esquemas eléctricos, diseñar nuestro PCB final y un sinnúmero de opciones que convierten a este programa en una herramienta muy útil.

Una vez que abramos Fritzing vamos a ver la pantalla principal la cual tiene varias partes que describiremos.

- **Nuestros proyectos:** En esta parte están los accesos directos a nuestros proyectos más recientes en los que hemos trabajado.
- **Vistas disponibles:** Al trabajar en Fritzing nos encontraremos que podemos trabajar en nuestro proyecto en 3 vistas diferentes las cuales son: Protoboard, esquema y PCB. Más adelante hablaremos más acerca de cada una.
- **Lista de componentes:** Aquí tenemos acceso a una gran biblioteca de componentes para armar nuestros circuitos. Entre los componentes se encuentran los componentes más básicos y hasta tarjetas de desarrollo importantes tales como Arduino.
- **Inspector de partes:** En esta sección accederemos al detalle de cada componente que seleccionemos.

Las diferentes partes de la interfaz del programa Fritzing dando a conocer la ubicación de las mismas la veremos en la siguiente Figura 2.6.

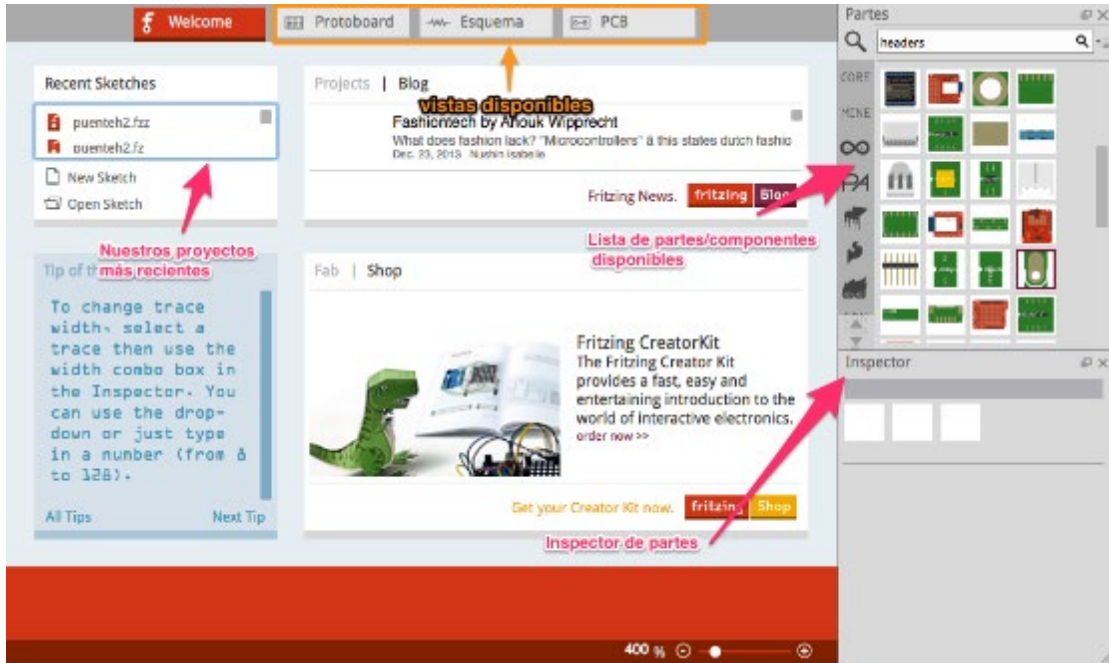


Figura 2. 6 Apartados del Programa Fritzing

Fuente: (Oliveira, 2011)

En el apartado de protoboard obtenemos una vista que nos da la oportunidad de armar nuestro circuito de la misma manera como si estuviéramos trabajando con un protoboard, como se ve en la Figura 2.7.

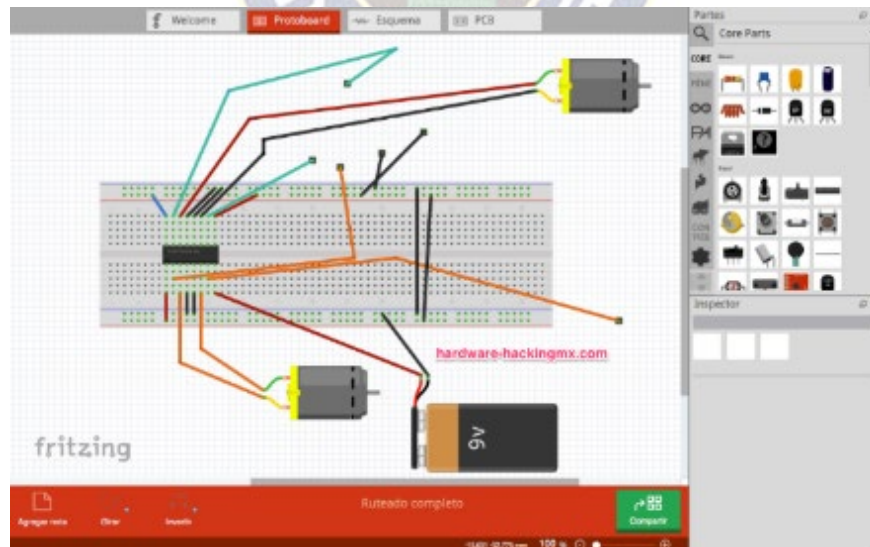


Figura 2. 7 Diseño en Protoboard en Fritzing

Fuente: (Oliveira, 2011)

En el apartado de esquema podemos trabajar con el circuito de manera más clara usando solo los símbolos de cada elemento, como se muestra en la Figura 2.8.

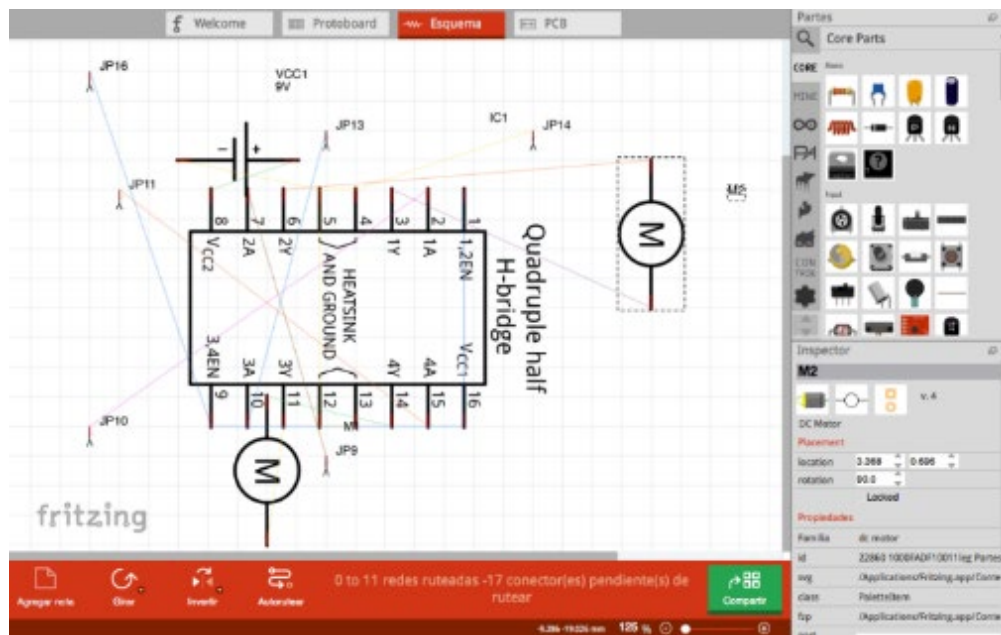


Figura 2. 8 Diseño Esquemático en Fritzing

Fuente: (Oliveira, 2011)

2.7 Prototipo

La palabra proviene de la lengua griega donde “protos” significa el “primero” y “tipos” como sinónimo de “modelo o tipo”, donde es una versión inicial compacta de la solución o parte de la solución de un sistema construido en un breve periodo de tiempo y mejorado en varias iteraciones para probar y evaluar la eficacia del funcionamiento general que se utiliza para resolver un problema determinado. Un Prototipo es el primer dispositivo que se fabrica y del que se toman las ideas más relevantes para la construcción de otros diseños y representa todas las ideas en cuanto a diseño, soporte y tecnología que se les puedan ocurrir a sus creadores. Por lo general un prototipo no sale a la venta a menos que sea un terminal orientado para que otros desarrolladores de tecnología trabajen con él para insertar nuevas funciones o especificaciones a este para que funcione de una manera más eficiente (Perez, 2015).

2.8 Ecolocalización

La ecolocalización (del prefijo eco-, este del latín echo, y este del griego ἠχώ [ejó], ‘sonido reflejado’, y el latín locatío, ‘posición’) o ecolocalización, a veces también llamada biosonar,

es la capacidad de algunos animales de conocer su entorno por medio de la emisión de sonidos y la interpretación del eco que los objetos a su alrededor producen debido a ellos (Davalos, 2015).

La eco localización es el uso de ondas sonoras y eco para determinar la ubicación de objetos en el espacio. Un gran ejemplo de la eco localización es que permite a los animales como el delfín o el murciélago moverse en ambientes con poca luz, pudiendo incluso localizar objetos o presas concretas en la más absoluta oscuridad. Se trata de una técnica consistente en la emisión de sonidos, cuyo eco aporta información sobre el medio circundante; ya que, por ejemplo, el sonido tardará más o menos en rebotar según la distancia a la que se encuentre el objeto más cercano. Los murciélagos usan la eco localización para navegar y encontrar comida en la oscuridad. Para eco localizar, los murciélagos emiten ondas sonoras por sus boca o nariz, cuando las ondas sonoras impactan en un objeto, producen ecos. El eco rebota del objeto y vuelve a las orejas del murciélago. Los murciélagos escuchan los ecos para determinar la ubicación del objeto, el tamaño y su forma usando la ecolocalización (Martin, 2017). Como se muestra en la Figura 2.9.

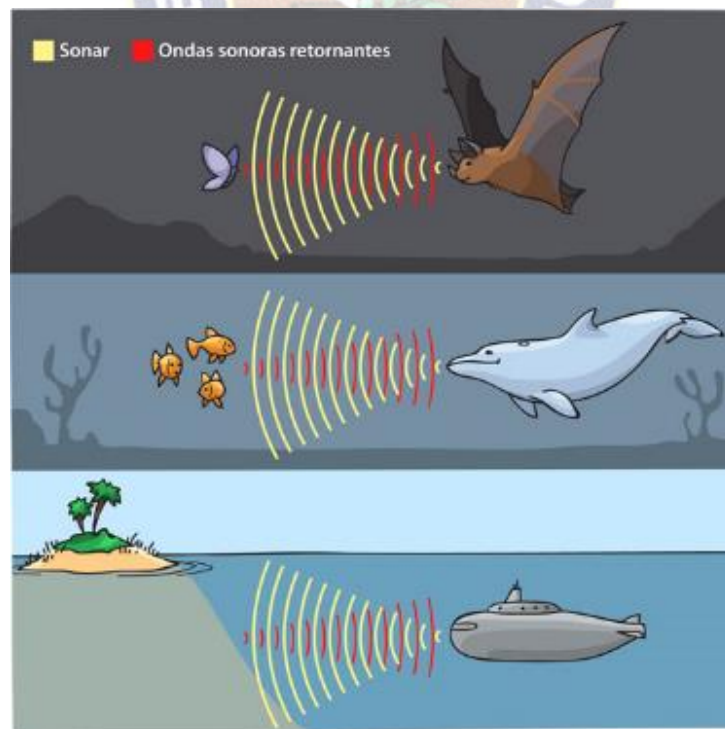


Figura 2. 9 La Ecolocalización en los Animales

Fuente: (Martin, 2017)

2.9 Mecanismo de la Vista

La función del ojo consiste en captar la energía de la luz y transformarla en una energía bioeléctrica que recorre la vía óptica y llega hasta el cerebro. El sistema visual no “ve” imágenes, sino que las construye a partir de rangos detectados como las frecuencias temporales, la cual consta de cuatro fases bien diferenciadas las cuales nos ayudaran a tener una idea de cómo funciona la vista y poder adaptarla al prototipo de gafas (Baviera, 2019). Como se muestra en la Figura 2.10.

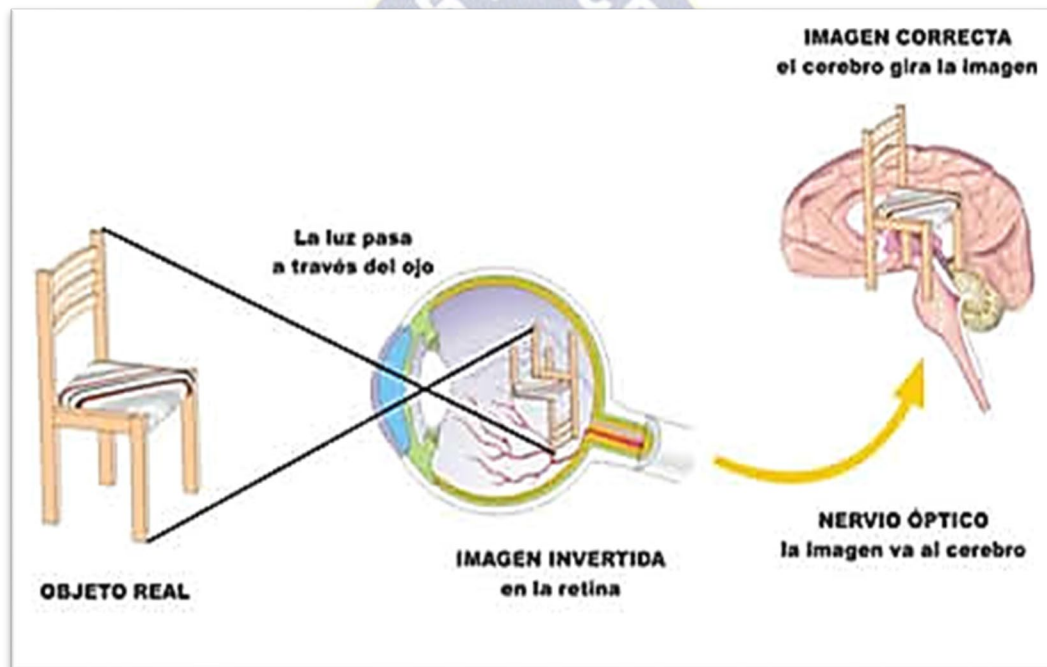


Figura 2. 10 Mecanismo de la Visión Humana

Fuente: (Santana, 2013)

2.9.1 Percepción

En la primera etapa del proceso de la visión, la luz entra en el ojo atravesando una serie de órganos transparentes: córnea, humor acuoso y humor vítreo. Es en este momento cuando se busca, se sigue y se enfoca la imagen. En este momento el iris y la pupila se encargan de regular la cantidad de luz que entra en el interior del ojo. Si hay mucha luz, la pupila se hace pequeña porque no necesitamos más luz, pero si hay poca, se dilata por completo para intentar captar la máxima cantidad de luz posible. En este momento, el cristalino enfoca el objeto cercano o lejano, para ajustar la imagen y que se enfoque en la retina (Baviera, 2019).

2.9.2 Transformación

La imagen llega a la retina, que actúa como una pantalla, y allí se activan las células sensoriales, que son fundamentales para el proceso de la visión, ya que son las que transforman la luz en impulsos nerviosos (impulsos eléctricos). Estas células sensibles a la luz son los bastones y los conos: los bastones se ocupan de la visión periférica y de la visión nocturna; mientras que los conos permiten al ojo humano tener agudeza visual y diferenciar los colores (Baviera, 2019).

2.9.3 Trasmisión

En la retina se crean los impulsos nerviosos, los cuales reciben las impresiones luminosas que son transmitidas al cerebro, donde su misión es transformar la luz que recibe y de esta manera iniciar su camino hasta el cerebro para que se produzca la visión, en concreto a la corteza cerebral, a través del nervio óptico (Baviera, 2019).

2.9.4 Interpretación

El cerebro se encarga de reconocer, procesar e interpretar los impulsos conducidos por el nervio óptico, convirtiéndolos en imágenes con sentido para nosotros. En concreto, este fenómeno se produce en una zona del cerebro llamada cuerpo geniculado lateral que está ubicado en el lóbulo occipital. Cabe destacar que, como ocurre en las cámaras fotográficas tradicionales, la imagen que se forma en la retina se encuentra invertida, pero nosotros no nos damos cuenta gracias a la labor interpretativa del cerebro, el cual se encarga de darle la vuelta para que la veamos correctamente (Baviera, 2019).

2.10 Sensor Ultrasónico HC-SR04

Los sensores de ultrasonidos o sensores ultrasónicos son detectores de proximidad que trabajan libres de roces mecánicos y que detectan objetos a distancias que van desde pocos centímetros hasta varios metros (4 como alcance máximo). El sensor emite un sonido y mide el tiempo que la señal tarda en regresar. Estos reflejan en un objeto, el sensor recibe el eco producido y lo convierte en señales eléctricas. Los materiales a detectar pueden ser sólidos, líquidos o polvorientos, sin embargo, han de ser deflectores de sonido. Los sensores trabajan según el tiempo de transcurso del eco, es decir, se valora la distancia temporal entre el impulso de emisión y el impulso del eco (Llamas, 2015). Como se muestra en la Figura 2.11.



Figura 2. 11 Sensor Ultrasónico

Fuente: (Llamas, 2015)

2.10.1 Funcionamiento

El sensor ultrasónico HC-SR04 es un módulo que incorpora un par de transductores de ultrasonido que se utilizan de manera conjunta para determinar la distancia del sensor con un objeto colocado enfrente de este. Un transductor emite una “ráfaga” de ultrasonido y el otro capta el rebote de dicha onda. El tiempo que tarda la onda sonora en ir y regresar a un objeto puede utilizarse para conocer la distancia que existe entre el origen del sonido y el objeto.

La interfaz del sensor HC-SR04 y Arduino se logra mediante 2 pines digitales: el pin de disparo (trigger) y eco (echo). La función de cada uno de estos pines es la siguiente:

- El pin trigger recibe un pulso de habilitación de parte del microcontrolador, mediante el cual se le indica al módulo que comience a realizar la medición de distancia.
- En el pin echo es aquel que devuelve al microcontrolador un pulso cuyo ancho es proporcional al tiempo que tarda el sonido en viajar del transductor al obstáculo y luego de vuelta al módulo.

2.10.2 Formulas del Sensor Ultrasónico

El sensor se basa simplemente en medir el tiempo entre el envío y la recepción de un pulso sonoro. Sabemos que la velocidad del sonido es 343 m/s en condiciones de temperatura 20 °C, 50% de humedad, presión atmosférica a nivel del mar. Transformando unidades resulta la siguiente ecuación:

$$343 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 100 \frac{\text{cm}}{\text{m}} \times \frac{1}{1000000} \frac{\text{s}}{\mu\text{s}} = \frac{1}{29.2} \frac{\text{cm}}{\mu\text{s}}$$

Es decir, el sonido tardara 29.2 microsegundos en recorrer un centímetro, por tanto, podemos obtener una distancia a partir del tiempo entre la emisión y recepción del pulso mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Distancia(cm)} = \frac{\text{tiempo}(\mu\text{s})}{29,2 \times 2}$$

El motivo de dividir por dos el tiempo (además de la velocidad del sonido en las unidades apropiadas, que hemos calculado antes) es porque hemos medido el tiempo que tarda el pulso en ir y volver, por lo que la distancia recorrida por el pulso es el doble de la que queremos medir, así de esta manera poder calcular la distancia aproximada de ida y retorno del pulso como se muestra en la Figura 2.12.

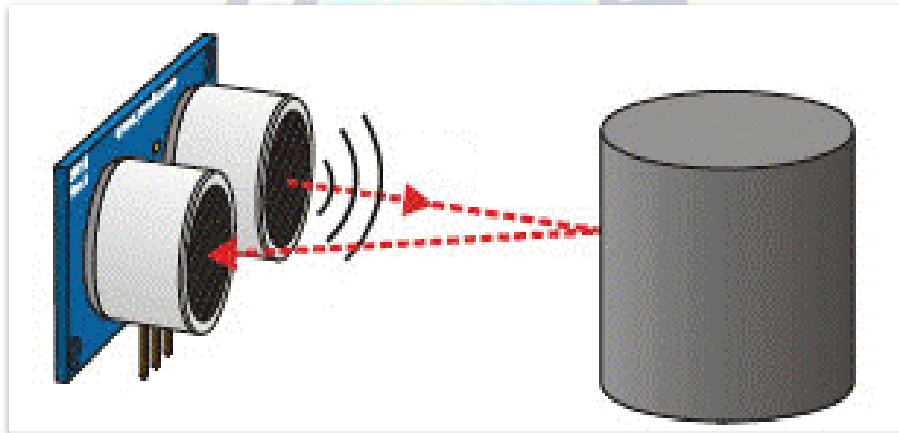


Figura 2. 12 Distancia entre el Ultrasónico y un Objeto

Fuente: (Llamas, 2015)

Algunas de las características a tener en cuenta al momento de implementar un Sensor Ultrasónico HC-SR04 en Arduino son las siguientes:

- Alimentación de 5 volts.
- Señal de disparo (trigger).
- Señal de eco (echo).
- 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.
- Peso: 10 gr.
- Retraso entre pulsos: 10ms.
- Retraso entre eco: 100 μ s – 18ms

El montaje del sensor ultrasónico se puede mostrar en las siguientes figuras, tales como en la Figura 2.13 y Figura 2.14.

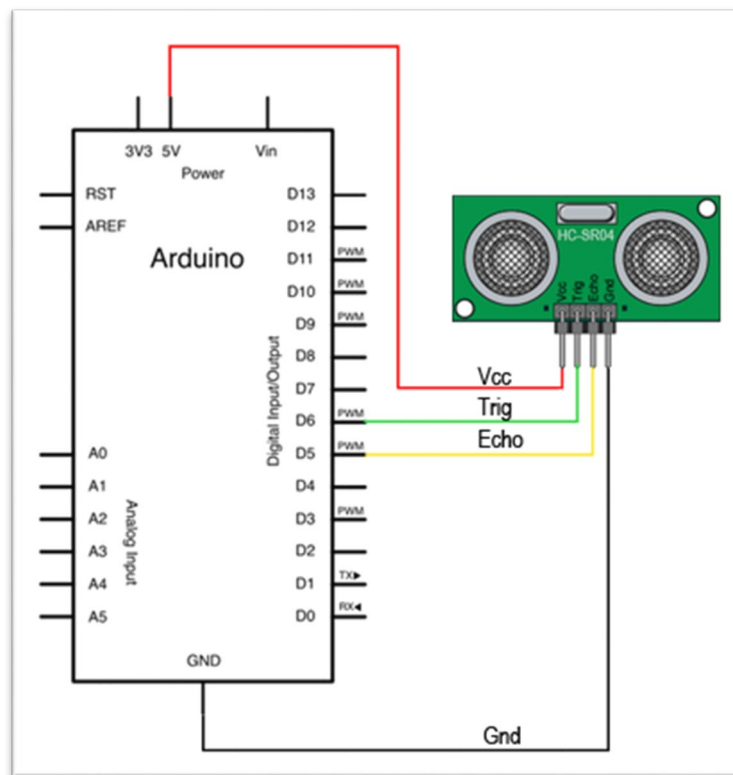


Figura 2. 13 Esquema Eléctrico del Montaje de un Sensor Ultrasónico en Arduino

Fuente: (Llamas, 2015)

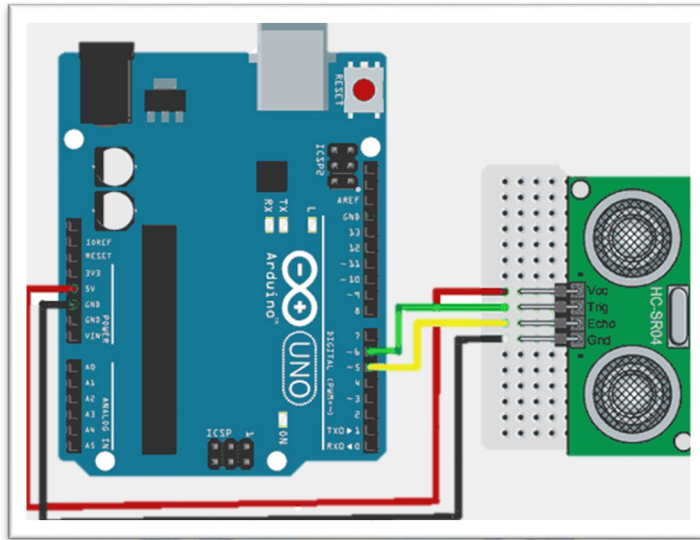


Figura 2. 14 Montaje en un Protoboard de un Sensor Ultrasónico en Arduino

Fuente: (Llamas, 2015)

2.11 Led RGB

Los leds RGB como su nombre indica en inglés es (Red, Green y Blue), son diodos leds emisores de luz que tienen 4 patillas, pudiendo tener 3 ánodos para los tres colores (rojo, azul y verde) y un cátodo común o ánodo común, dependiendo del tipo de led RGB (Castillo, 2019). Como se muestra en la siguiente Figura 2.15.

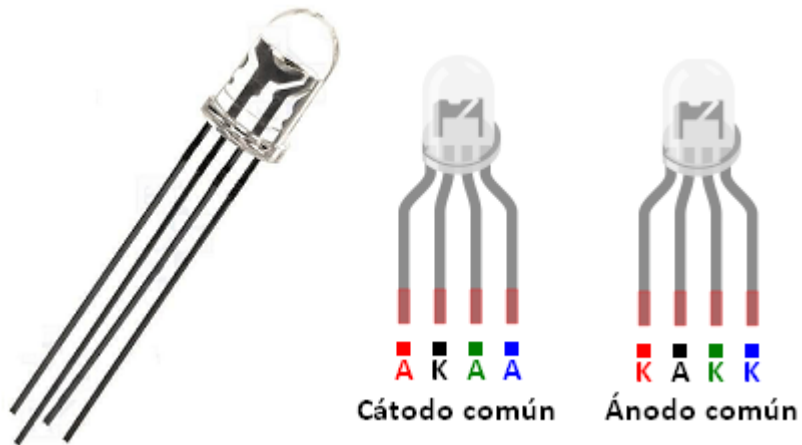


Figura 2. 15 Modelos de Led RGB

Fuente: (Atom, 2013)

Existen dos tipos de led RGB, el led RGB ánodo común y cátodo común las cuales son las siguientes:

Cátodo Común: Para alimentar este módulo debemos conectar el cátodo común (pin más largo) a cualquier pin negativo o también llamado GND en nuestra placa, los restantes tres pines la debemos conectar a las salidas de los pines digitales de nuestra placa de la misma forma.

Ánodo Común: En este tipo de módulos el circuito funciona a la inversa, cuando el pin común (pin más largo) debe estar conectado a 5 voltios o Vcc en nuestra placa Arduino, así los leds funcionarán cuando la tensión sea menor en cualquiera de los tres pines del led RGB, los cuales estarán conectados en los diferentes pines digitales en nuestra placa Arduino.

2.12 Resistor

El resistor es un componente electrónico realizado especialmente para que ofrezca una determinada resistencia eléctrica, mientras que la resistencia es la propiedad física la cual es una oposición al paso de corriente que supone una pérdida de energía en forma de calor (Alvarez, 2015). Como se muestra en la Figura 2.16.



Figura 2. 16 Componente Electrónico Resistor

Fuente: (Alvarez, 2015)

La unidad de resistencia en el Sistema Internacional es el ohmio, que se representa con la letra griega omega (Ω), en honor al físico alemán Georg Simon Ohm, quien descubrió el principio que ahora lleva su nombre.

La resistencia de potencia pequeña, empleadas en circuitos electrónicos, van rotuladas con un código de franjas de colores. Para poder saber el valor de las resistencias sin tener que medirlas, existe un código de colores de las resistencias que nos ayuda a obtener con facilidad este valor con sólo verlas.

Sobre estos resistores se pintan unas bandas de colores. Cada color representa un número que se utiliza para obtener el valor final del resistor:

- Las dos primeras bandas indican las dos primeras cifras del valor del resistor.
- La tercera banda indica cuantos ceros hay que aumentarle al valor anterior para obtener el valor final del resistor.
- La cuarta banda nos indica la tolerancia.

La tabla de código de colores para determinar el valor de resistencia dependiendo de los colores de franja del resistor se muestran en la Tabla 2.2.

Tabla 2. 2 Código de Colores de la Resistencia

Color de la banda	Valor de la cifra significativa	Multiplicador	Tolerancia	Coefficiente de temperatura
Negro	0	1		
Marrón	1	10	1%	100ppm/°C
Rojo	2	100	2%	50ppm/°C
Naranja	3	1 000		15ppm/°C
Amarillo	4	10 000		25ppm/°C
Verde	5	100 000	0,5%	
Azul	6	1 000 000	0,25%	10ppm/°C
Violeta	7	10 000 000	0,1%	5ppm/°C
Gris	8	100 000 000		
Blanco	9	1 000 000 000		1ppm/°C
Dorado		0.1	5%	
Plateado		0.01	10%	
Ninguno			20%	

Fuente: (Alvarez, 2015)

2.13 Mini Motor Vibrador

Este pequeño componente es un mini motor que, al momento de ser conectado, causa un efecto vibratorio. Es muy fácil de usar, solo tienes que alimentar con un voltaje de 2 a 5 V puedes hacerlo con unas baterías, el cable rojo del motor vibrador es positivo y el cable negro es negativo, entre mayor sea el voltaje de alimentación el consumo de corriente será más alto,

así como también la velocidad de vibración., al igual que su teléfono de modo silencioso como se muestra en la Figura 2.17.



Figura 2. 17 Mini Motor Vibrador

Fuente: (Aliexpress, 2019)

2.13.1 Características y Especificaciones

Este es un pequeño motor de vibración adecuado como indicador no audible. Cuando la entrada es alta, el motor vibra, al igual que su teléfono en modo silencioso, se muestra algunas características del mini motor vibrador a continuación:

- Tipo: Motor vibrador
- Voltaje de alimentación mínimo: 2 V
- Voltaje de alimentación máxima: 5 V
- 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 anti horario
- Posición del motor: Cualquier posición disponible
- 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

2.14 Medida de Pasos de Una Persona

Primero vamos a distinguir entre paso y zancada. Un paso es la distancia que separa el talón de un pie y el talón del otro al caminar. Y una zancada sería la distancia que separa dos pasos (Horcajo, 2020).

Se puede estimar la longitud de un paso en relación con su altura (mujeres: altura x 0.413 es igual a la longitud de su zancada; hombres: altura x 0.415 es igual a la longitud de su zancada). La zancada es en realidad dos pasos, por lo que estas cantidades habría que dividirla entre 2 para obtener la distancia de un paso. Para la realización de los cálculos de la distancia de un paso de una persona se muestra la siguiente formula a continuación.

Distancia de un paso en los hombres:

$$\text{hombre} = \frac{\text{altura (m)} * 0,415}{2}$$

Distancia de un paso en las mujeres

$$\text{mujer} = \frac{\text{altura (m)} * 0,413}{2}$$

2.15 Estatura Promedio en Bolivianos

Los hombres de Bolivia se encuentran en el puesto 15 de 18 países de la región en cuanto a estatura. Eso quiere decir que los bolivianos están entre los más petisos de la región, sólo por encima de las personas de Perú, Nicaragua y Guatemala. Otros 14 países de Latinoamérica tienen la población masculina más alta que la boliviana, según diferentes estudios realizados (Anf, 2016).

Con un promedio de 1,66 cm de estatura, a nivel mundial, los bolivianos ocupan el lugar 154 del ranking de altitud, es decir entre los últimos del mundo porque el estudio incluye datos de 187 naciones del mundo. Veamos una ilustración de la altura promedio de los bolivianos en la siguiente Tabla 2.3.

Tabla 2. 3: Estatura Promedio De Hombre Y Mujer En Bolivia

País	Promedio General	Promedio Hombre	Promedio Mujer
Bolivia	1,60	1,66	153

Fuente: (Wikipedia, 2020)

2.16 Tiflotecnología

La tiflotecnología (tiflo significa 'ciego' en griego) investiga y desarrolla soluciones para estos usuarios. El conjunto de técnicas, conocimientos y recursos encaminados a procurar a los ciegos y deficientes visuales los medios oportunos para la correcta utilización de la tecnología con el fin de favorecer su autonomía personal y plena integración social, laboral y educativa. Como material Tiflotécnico se entiende todo material específico para ciegos y deficientes visuales, desde los materiales más sencillos y de fácil, hasta los materiales que por su especial complejidad requieren de un entrenamiento previo para su correcto manejo (Gimenez, 2017).

2.17 Tecnología Para Invidentes

A diferencia de un Smartphone, computadora o una impresora entre otras, los productos tiflotecnológicos se venden a menos del 3% de la población a nivel mundial. El problema a nivel global es que el 90% de las personas con discapacidad visual vive en países de ingresos bajos, según la OMS, que está elaborando un Informe Mundial sobre la Visión. Además, los dispositivos de tiflotecnologías suelen tener precios elevados. Sin embargo, el 28% de las personas que padecen discapacidad visual moderada y grave están en edad de trabajar (Schulkin, 2018).

2.17.1 Orcam MyEye 2.0

Es uno de los productos más innovadores a nivel global, disponible en la Argentina. Se trata de un dispositivo portátil con una cámara y un pequeño altavoz, a simple vista. es una compañía israelí fundada en 2010 por Ziv Aviram y el profesor Amnon Shashua. Se fija de forma magnética a la patilla de un antejo. Tiene una batería recargable, que dura hasta 2

horas. Su precio es USD 6.000 en bolivianos aproximadamente sería Bs 41.345. Puede leer en voz sintetizada y de forma instantánea textos impresos o digitales. Solo es necesario dirigir la vista hacia el objetivo o señalarlo con el dedo como se puede ver en la Figura 2.18.



Figura 2. 18 Dispositivo portátil con una cámara y un pequeño altavoz

Fuente: (Schulkin, 2018)

2.17.2 Máquina de Lectura Parlante Eye-Pal Solo

Un dispositivo integrado de lectura instantánea para ciegos creada por la empresa Battipede y Asoc. Eso es Eye Pal Solo, aparato que lee a través de un altavoz todo tipo de publicaciones, como libros, revistas o boletas de servicios. No requiere el uso de una computadora se diseñó y desarrolló para que cualquier persona, ciega o con dificultades para la lectura visual, o con problemas serios de visión, puedan escuchar fácilmente el contenido de cualquier texto impreso. Se coloca lo que se desea leer sobre el dispositivo y este hará su trabajo. Se carga directamente a la toma corriente. No importa cómo sea la posición de la página a leer, se puede apoyar en cualquier orientación. Para detener la lectura, el usuario solo debe mover su mano por encima de la página. El dispositivo pesa 3,2 kg y vale USD 3447 lo cual equivale a Bs 23.500 aproximadamente, el producto se muestra en la Figura 2.19.



Figura 2. 19 Maquina de Lectura Parlante Eye Pal Solo

Fuente: (Schulkin, 2018)

2.17.3 Gafas Para Ciegos Mediante Sonidos

Desarrollado en España por la empresa Eyesynth, en la provincia de Castellón, este dispositivo se presenta en forma de gafas que registran en 3D su alrededor, lo procesan y traducen en sonidos. La idea es que el usuario pueda tener una percepción más acertada de lo que lo rodea. Este antejo para ciegos tiene dos cámaras y la información se procesa en un miniordenador incorporado. El sistema se actualiza hasta 60 veces por segundo. Este tipo de tecnología requiere aprendizaje por parte del usuario, pero lo interesante es que los sonidos son transmitidos a través de conducción ósea, por los huesos de la cabeza. En el sitio de EyeSynth ya está disponible la preventa de este dispositivo, por 1400 euros lo cual equivale a Bs 10.900 lo cual es un producto de muy alto costo para las personas invidentes de bajos recursos, las gafas se muestran en las Figura 2.20.



Figura 2. 20 Gafas que Detectan Objetos y lo Trasmiten mediante sonidos

Fuente: (Schulkin, 2018)

2.17.4 FingerReader

Es un desarrollo del MIT Media Labs y funciona como un wearable, es decir, una tecnología de vestir. Es un anillo que, a través de una cámara, puede leer textos con una voz sintetizada. Es un prototipo, impreso en 3D, que tiene un software que sigue el movimiento del dedo la persona debe indicar lo que quiere leer y ahí estaría la dificultad para personas con ceguera. El sistema procesa la información y lee. donde el usuario se desvía de la línea de lectura, el anillo vibra. FingerReader llevó 3 años de desarrollo de software y aún no tiene precio, aunque planean llevarlo al mercado con algunas modificaciones, se muestra el modelo del anillo en la Figura 2.21.



Figura 2. 21 Anillo a Través de una Cámara para Leer con una Voz Sintetizada

Fuente: (Schulkin, 2018)

2.18 Placa de Pruebas o Protoboard

Un protoboard o también llamado Tabla de pruebas, es una herramienta indispensable para un electrónico, tanto así que cuando se inicie en la carrera en los 3 primeros semestres ya tendrás por lo menos 1 protoboard y cuando llegues a séptimo tendrás entre 4 y 7 de estas herramientas, como su nombre lo indica su función principal es hacer pruebas del funcionamiento de los diferentes circuitos electrónicos que creamos (Reyes, 2015).

Los protoboard son pequeñas tablas con perforaciones en toda su área, en las cuales se colocan diversos componentes electrónicos, se distinguen por tener filas y columnas con lo que se puede saber en que ubicación posicionar cada pieza, también cuentan con 2 rieles a los lados, los cuales se usaran como las líneas Positivas y Negativas de nuestro circuito. En la cual la línea azul siempre sera negativo también llamada tierra, por otro lado la línea roja siempre sera positivo, como se puede observar en la siguiente Figura 2.22.

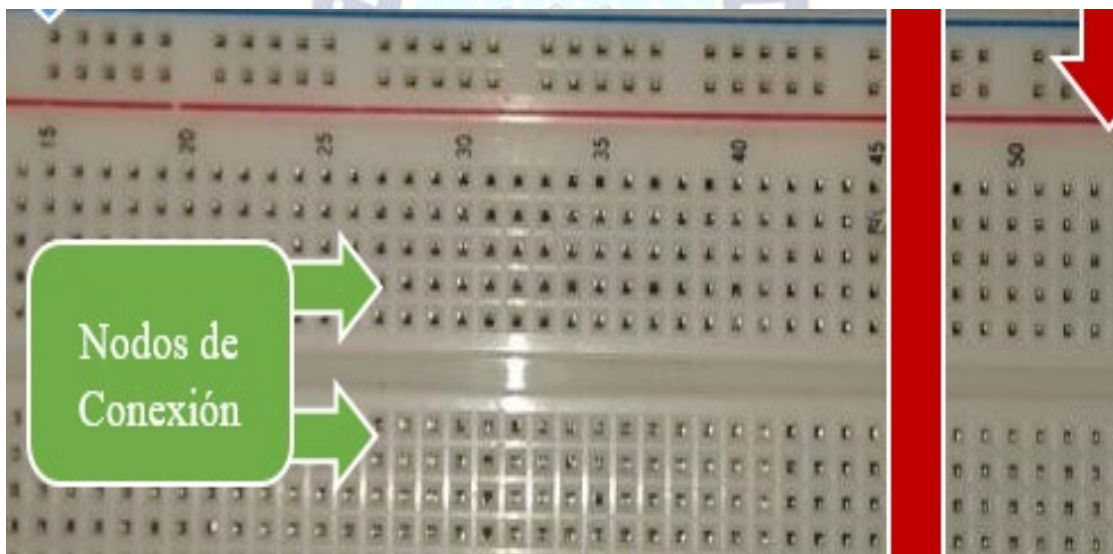


Figura 2. 22 Carril Positivo y Negativo del Protoboard

Fuente: (Elaboracion Propia, 2020)

Cuando el circuito a probar es complejo y requiere muchos componentes y cables, las protoboards tienen un código de localización de orificio, exactamente igual al famoso juego “Hundir la Flota”. Consiste en numerar verticalmente y horizontalmente la matriz de orificios que forma una protoboard. Para las filas se emplea las letras del abecedario, y para las columnas se emplean números enteros, como se muestra en la Figura 2.23.

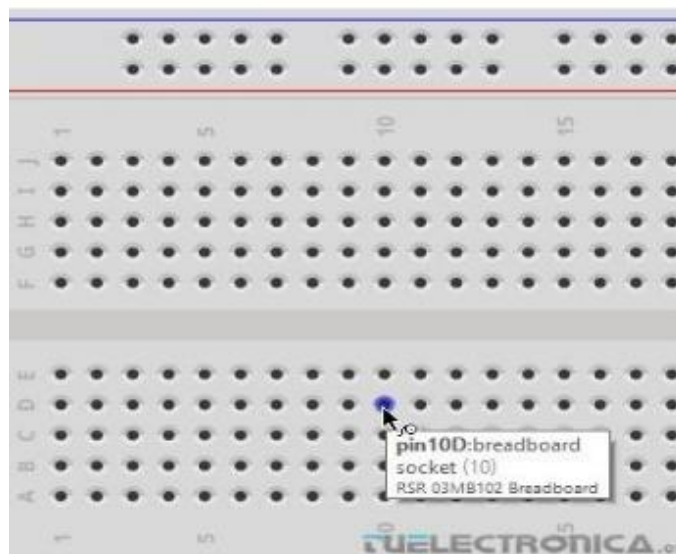


Figura 2. 23 Posición (D:10) en el Protoboard

Fuente: (Gomez, 2018)

2.19 Metodología

2.19.1 Metodología en V

El modelo en V se encarga de representar las relaciones temporalmente entre las fases del ciclo de desarrollo del proyecto, en él se realizan dos procesos al mismo tiempo hasta llegar a la punta de la V, conforme se reduce el espacio esto se refiere a la reducción de tiempo de cada fase y mientras más se reduce aumenta el nivel, esto puede ser prácticamente una ventaja o desventaja dependiendo del modo de trabajo de cada persona ya que para algunas personas puede ser benéfico trabajar con dos procesos a la vez o puede ser más complicado, en lo personal me parece un buen modelo ya que al terminar también habrán realizado las pruebas y entregaran el proyecto completo al termino del modelo, claro si se trata de un proyecto pequeño, bueno pues esta es mi opinión y lo que yo entiendo sobre este modelo pero cada quien tiene una opinión propia así que lean el artículo, conozcan las ventajas y desventajas del modelo y luego pues decidan si es viable aplicarlo o no, espero que les sirva y enriquezca sus conocimientos (Martinez, 2012).

Fue desarrollado para regular el proceso de desarrollo de software, el cual describe las actividades y los resultados que se producen durante el desarrollo del software. El modelo se representa en forma de V, las relaciones temporales entre las distintas fases del ciclo de desarrollo de un proyecto. Es una representación gráfica del ciclo de vida del desarrollo del

sistema. Resume los pasos principales que hay que tomar en conjunción con las correspondientes entregas de los sistemas de validación.

- La parte izquierda de la V representa la corriente donde se definen las especificaciones del sistema.
- La parte derecha de la V representa la corriente donde se comprueba el sistema (contra las especificaciones definidas en la parte izquierda).
- La parte de abajo, donde se encuentran ambas partes, representa la corriente de desarrollo.

Para poder entender de mejor manera las fases de la metodología V y todos sus pasos, veamos las fases de la metodología en la siguiente imagen que se muestra en la Figura 2.24.

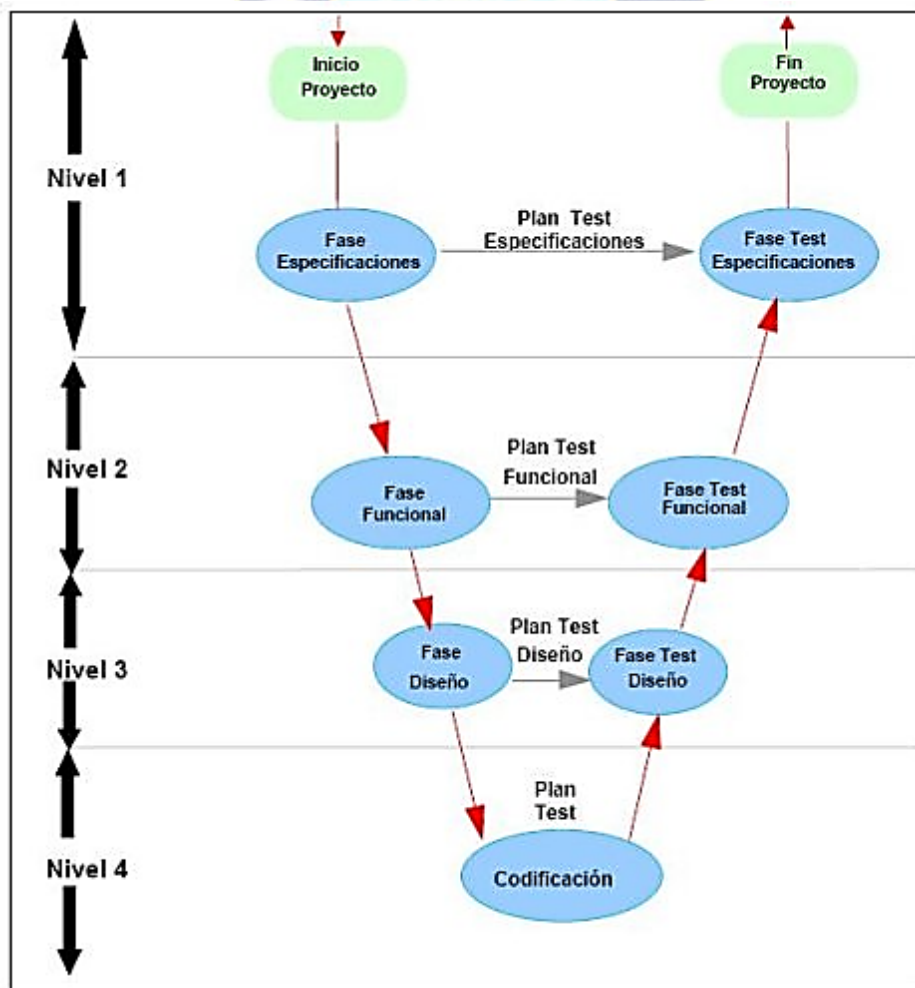


Figura 2. 24 Fases de la Metodología en V

Fuente: (Gonzales, 2012)

En los 4 niveles lógicos comenzando desde el 1, para cada fase del desarrollo, existe una fase correspondiente o paralela de verificación o validación. Esta estructura obedece desde el principio para cada fase del desarrollo debe existir un resultado verificable. En la misma estructura se advierte también que la proximidad entre una fase del desarrollo y su fase de verificación correspondiente va decreciendo a medida que aumenta el nivel dentro de la V, es decir de arriba hacia abajo en donde se localiza la punta. La longitud de esta separación intenta ser proporcional a la distancia en el tiempo entre una fase y su homóloga de verificación.

- El lado izquierdo de la metodología en V, representa la descomposición de las necesidades y la creación de las especificaciones del sistema.
- El lado derecho de la metodología en V, representa la integración de las piezas y su verificación.
- Es muy similar al modelo de la cascada clásico, puesto que es muy rígido y contiene una gran cantidad iteraciones.

2.19.2 Nivel 1

Está orientado al cliente, tanto el inicio del proyecto y el fin del proyecto constituyen los dos extremos del ciclo. Se compone del análisis de requisitos y especificaciones, se traduce en un documento de requisitos y especificaciones.

2.19.3 Nivel 2

Se dedica a las características funcionales del sistema propuesto, puede considerarse el sistema como una caja negra, y caracterizarla únicamente con aquellas funciones que son directa o indirectamente visibles por el usuario final, se traduce en un documento de análisis funcional.

2.19.4 Nivel 3

Define los componentes del hardware y software del sistema final, a cuyo conjunto se lo denomina como la arquitectura del sistema.

2.19.5 Nivel 4

Es la fase de implementación, en la que se desarrollan los elementos unitarios o módulos del programa.

2.19.6 Ventajas

Se trata de un proceso ideal, por su robustez, para proyectos pequeños, con equipos de una a cinco personas. También es ideal, por su claridad, para toda esa gente que nunca ha programado siguiendo una metodología. Para el proyecto final de carrera o para ese cliente que te ha conseguido un amigo que te lo pide a ti y no se dirige a una empresa por mayor comodidad, la relación entre las etapas de desarrollo y los distintos tipos de pruebas facilitan la localización de fallos.

2.19.7 Desventajas

Cada fase tiene que estar respaldada por su documento correspondiente y test, se habla de una amplia documentación, debes realizar dos procesos al mismo tiempo, es difícil que el cliente exponga explícitamente todos los requisitos, el cliente debe tener paciencia pues obtendrá el producto al final del ciclo de vida, las pruebas pueden ser caras y, a veces, no lo suficientemente efectivas, el producto final obtenido puede que no refleje todos los requisitos del usuario.

CAPÍTULO III

DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 Introducción

Para la implementación del prototipo de gafas para la detección de obstáculos mediante vibraciones para personas invidentes basado en la tecnología Arduino se tomó en cuenta los siguientes parámetros:

Se usará la metodología V para el desarrollo del prototipo de gafas para la detección de obstáculos mediante vibraciones para personas invidentes basado en la tecnología Arduino, tomando en cuenta los siguientes aspectos:

3.2 Fase 1. Especificaciones

- Detectar los obstáculos a la altura de la cabeza.
- Al detectar un obstáculo, la vibración debe detenerse hasta detectar el siguiente obstáculo.
- El prototipo debe ser ligero y de fácil manejo.

- El prototipo de gafas no debe consumir mucha energía.
- La detección de los diferentes obstáculos debe ser en tres diferentes rangos.
- La vibración de los mini motores debe ser de forma gradual al momento de detectar un obstáculo.
- Los sensores deben trabajar de forma conjunta y separada para mejorar la detección de los obstáculos.

3.3 Fase 2. Funcional

3.3.1 Formulas

Para calcular las distancias que el prototipo de gafas detectara, se usara la fórmula para calcular las distancias de pasos que realiza una persona boliviana en promedio, tomando en cuenta su estatura general el cual es 1,60 metros.

Distancia de un paso:

$$\text{persona} = \frac{1,60 \text{ (m)} * 0,414}{2}$$

$$\text{persona} = 0,3312 \text{ m} \cong 35 \text{ cm}$$

En el caso de los sensores ultrasónicos para el tiempo de envío y recepción de los impulsos sonoros usaremos la velocidad del sonido es 343 m/s y obtener la distancia en centímetros, realizando las respectivas conversiones resulta la siguiente ecuación:

$$343 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 100 \frac{\text{cm}}{\text{m}} \times \frac{1 \text{ s}}{1000000 \mu\text{s}} = \frac{1 \text{ cm}}{29.2 \mu\text{s}}$$

Es decir, el sonido tardara 29.2 microsegundos en recorrer un centímetro, por tanto, podemos obtener una distancia a partir del tiempo entre la emisión y recepción del pulso mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Distancia(cm)} = \frac{\text{tiempo}(\mu\text{s})}{29,2 \times 2}$$

3.3.2 Hardware

El diseño del prototipo de gafas para la detección de obstáculos mediante vibraciones para personas invidentes basado en la tecnología Arduino consta de varias partes para su funcionamiento. Primeramente, la placa Arduino Nano, los sensores ultrasónicos, mini

motores vibradores y un par de leds RGB para visualizar el funcionamiento del prototipo de gafas en sus diferentes rangos de distancia al detectar un obstáculo. En la placa Arduino Nano se encuentran conectados los sensores ultrasónicos los cuales emiten una señal al momento de detectar un objeto a determinadas distancias establecidas hacia los mini motores vibradores, los cuales a su vez se encuentran acoplados a los lados de la cabeza cerca del hueso temporal dejando libre el sentido del oído para su mejor orientación, de esta manera el prototipo de gafas conjuntamente con el ultrasónico podrán detectar los obstáculos que se encuentren en el rango de la cintura para arriba. La estructura del armado del prototipo de gafas se muestra en la siguiente Figura 3.1.

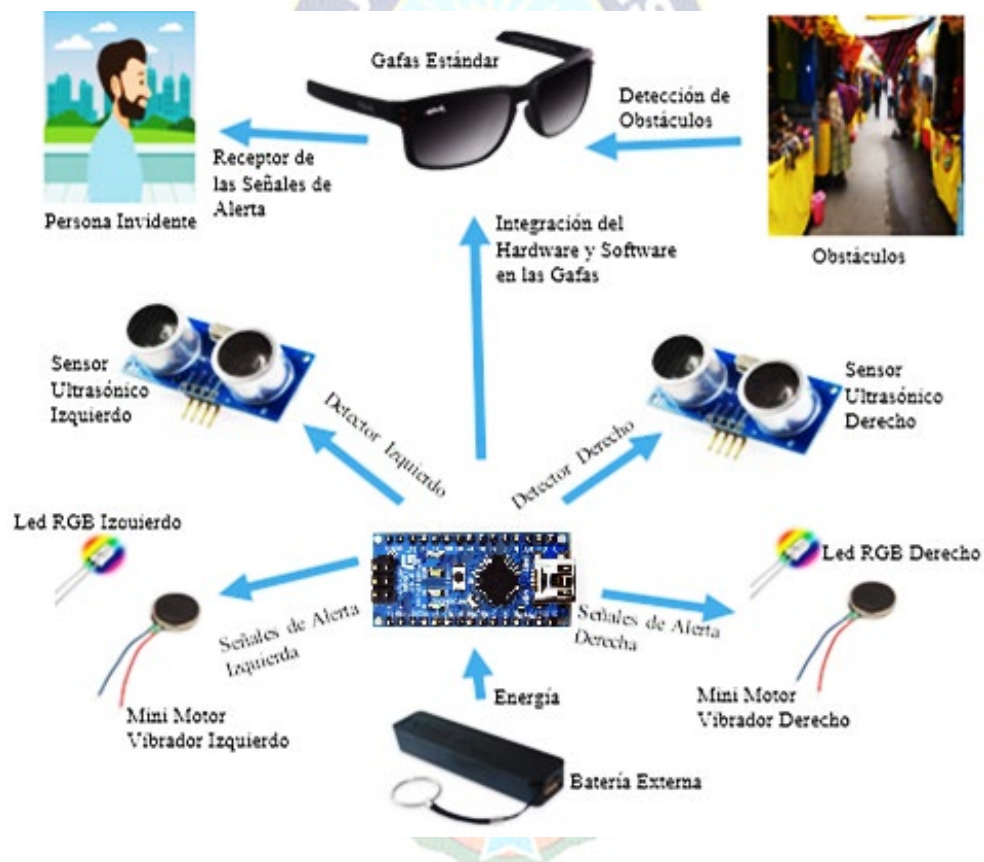


Figura 3. 1 Estructura de Componentes del Prototipo

Fuente: (Elaboración Propia, 2020)

3.3.3 Software

Los códigos realizados para la programación de los componentes del hardware utilizado en el prototipo de gafas funcionan de forma conjunta y también de forma independiente, es decir:

En el caso de detectar un obstáculo que se encuentre a la misma distancia de ambos sensores ultrasónicos se activaran los dos mini motores vibradores con sus respectivos leds los cuales funcionarían dependiendo el rango de la distancia. Los detalles de la programación de los componentes del hardware del prototipo de gafas para la detección de obstáculos cuando los sensores ultrasónicos trabajan de forma conjunta al momento de detectar los diferentes rangos de distancia se muestran en la siguiente Tabla 3.1.

Tabla 3. 1 Especificaciones del Hardware usando Ambos Sensores Ultrasónicos al Momento Detectar un Obstáculo

Nro	Distancia de los Sensores Ultrasónicos (cm)	Color de los Leds	Tiempo de Vibración de los Mini Motores (mili segundos)	
			Encendido	Apagado
1	3 – 45	Rojo	50	100
2	51 – 85	Verde	50	200
3	91 – 125	Azul	50	250

Fuente: (Elaboración Propia, 2020)

En el caso de que los sensores ultrasónicos trabajen de forma independiente significaría que si un obstáculo se aproxima por el lado derecho el sensor ultrasónico derecho se activaría así mismo su respectivo mini motor y led, pero no se activaría el sensor ultrasónico izquierdo. En el caso de que un obstáculo se aproxima por el lado izquierdo el sensor ultrasónico izquierdo se activaría así mismo su respectivo mini motor y led, pero no se activaría el sensor ultrasónico izquierdo, lo cual significa que cada sensor ultrasónico es independiente. Veamos cómo funcionan los componentes del hardware en la Tabla 3.2 y Tabla 3.3.

Tabla 3. 2 Especificación del Hardware usando el Sensor Ultrasónico Izquierdo al Momento de Detectar un Obstáculo

Nro	Distancia del Sensor ultrasónico (cm)		Color de led		Tiempo de Vibración del Mini Motor (mili segundos)		
	Izquierdo	Derecho	Izquierdo	Derecho	Izquierdo		Derecho
					Encendido	Apagado	
1	3 – 45	Apagado	Rojo	Apagado	50	100	0
2	51 – 85	Apagado	Verde	Apagado	50	200	0
3	91 – 125	Apagado	Azul	Apagado	50	250	0

Fuente: (Elaboración Propia, 2020)

Tabla 3. 3 Especificación del Hardware usando el Sensor Ultrasónico Derecho al Momento de Detectar un Obstáculo

Nro	Distancia del Sensor ultrasónico (cm)		Color de led		Tiempo de Vibración del Mini Motor (mili segundos)		
	Izquierdo	Derecho	Izquierdo	Derecho	Izquierdo	Derecho	
						Encendido	Apagado
1	Apagado	3 – 45	Apagado	Rojo	0	50	100
2	Apagado	51 – 85	Apagado	Verde	0	50	200
3	Apagado	91 – 125	Apagado	Azul	0	50	250




Fuente: (Elaboración Propia, 2020)




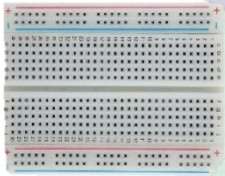
3.4 Fase 3. Diseño



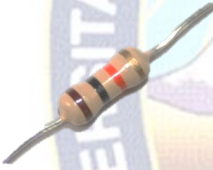


3.4.1 Hardware




Los componentes a usar para la construcción del prototipo de gafas para la detección de obstáculos mediante vibraciones para personas invidentes basado en tecnología Arduino se darán a conocer en la Tabla 3.4.

Tabla 3. 4 Elementos de Hardware del Prototipo

Componente	Imagen	Descripción	Cantidad
Placa Arduino Nano		El Arduino Nano es una pequeña y completa placa basada en el ATmega328P, el mismo microcontrolador del Arduino Uno. Costo Total: Bs 35	1
Sensor Ultrasónico		Mide la distancia mediante el uso de ondas ultrasónicas, contando el tiempo entre la emisión y la recepción. Costo Total: Bs 70	2
Cables de Conexión		Los cables de conexión tanto macho como hembra son bastante práctico, permite conexiones en/o varios protoboard de manera ordenada y funcional. Costo Total: Bs 10	-

<p>Leds RGB</p>		<p>Es un led que combina tres tipos de colores los cuales son rojo, amarillo y verde. Con los tres colores se puede realizar una combinación de 16 millones de tonos.</p> <p>Costo Total: Bs 4</p>	<p>2</p>
<p>Motor Vibrador</p>		<p>Mini motor vibrador, funciona entre 2V y 5V a mayor voltaje mayor vibración y consumo.</p> <p>Costo Total: Bs 16</p>	<p>2</p>
<p>Gafa Estándar</p>		<p>Gafas oscuras y de dimensiones estándar para uso general entre personas.</p> <p>Costo Total: Bs 30</p>	<p>1</p>
<p>Mini y Estándar protoboard</p>		<p>El mini protoboard consta de 170 puntos, utilizados para realizar proyectos con placas de Arduino.</p> <p>Costo Total: Bs 10</p>	<p>1</p>

PowerBanck		<p>Consta de una capacidad 2000mA con carga rápida, consta con una entrada USB y Micro USB.</p> <p>Costo Total: Bs 100</p>	1
Cable USB de alimentación		<p>Usado para la trasferencia de energía y datos dependiendo del uso a realizar.</p> <p>Costo Total: Bs 5</p>	1
Resistencia		<p>Usado para disminuir la intensidad de corriente que fluye en un circuito electrónico.</p> <p>Costo Total: Bs 1</p>	2
Cartulina		<p>Usado para proteger los componentes de hardware en Arduino utilizados.</p> <p>Costo Total: Bs 2,5</p>	1
Cautín		<p>El cautín tipo pistola es una herramienta manual que te ayudara a concretar tus proyectos, su función es ayudarte a soldar y unir diferentes materiales electrónicos</p>	1

		Costo: Bs 40	
Pomada de Soldar		La pomada o pasta para soldar se usa para unir metales sin fundirlos, los cuales son usados para la soldadura. Costo: Bs 5	1
Estaño		El estaño se utiliza para facilitar la soldadura, une los componentes a soldar, cuando los elementos alcanzan una temperatura determinada. Costo: Bs 2	1
Tester		Es un instrumento de medición eléctrica extremadamente útiles a la hora de realizar tareas de reparación, mantenimiento e instalación de equipos electrónicos como baterías, LED, ordenadores, entre otros.	1

Fuente: (Elaboración Propio, 2020)

3.4.2 Software

Para la realización del prototipo de gafas para la detección de obstáculos mediante vibraciones basado en la tecnología Arduino para personas invidentes, se estableció el uso del software de Arduino denominado IDE para Arduino. En el cual se desarrollará el código del software a utilizar, tomando en cuenta que el software Arduino es libre el cual puede ser utilizado en cualquier sistema operativo.

Para el diseño esquemático y modelado en protoboard del circuito del prototipo de gafas para la detección de obstáculos mediante vibraciones para personas invidentes basado en la tecnología Arduino se usó el programa Fritzing. Donde el diseño esquemático y modelado en protoboard se muestran en las siguientes Figura 3.2 y Figura 3.3.

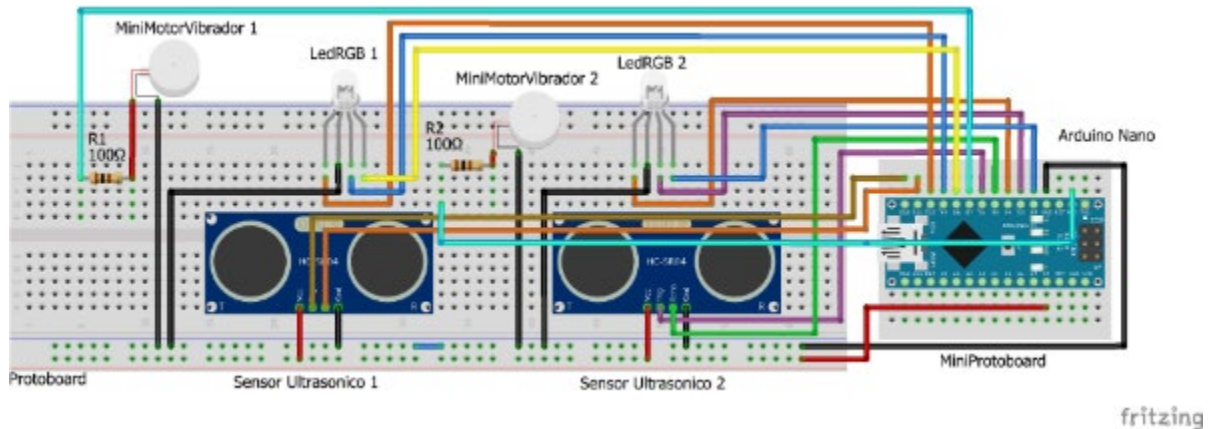


Figura 3. 2 Modelado en Protoboard del Circuito

Fuente: (Elaboración Propia, 2020)

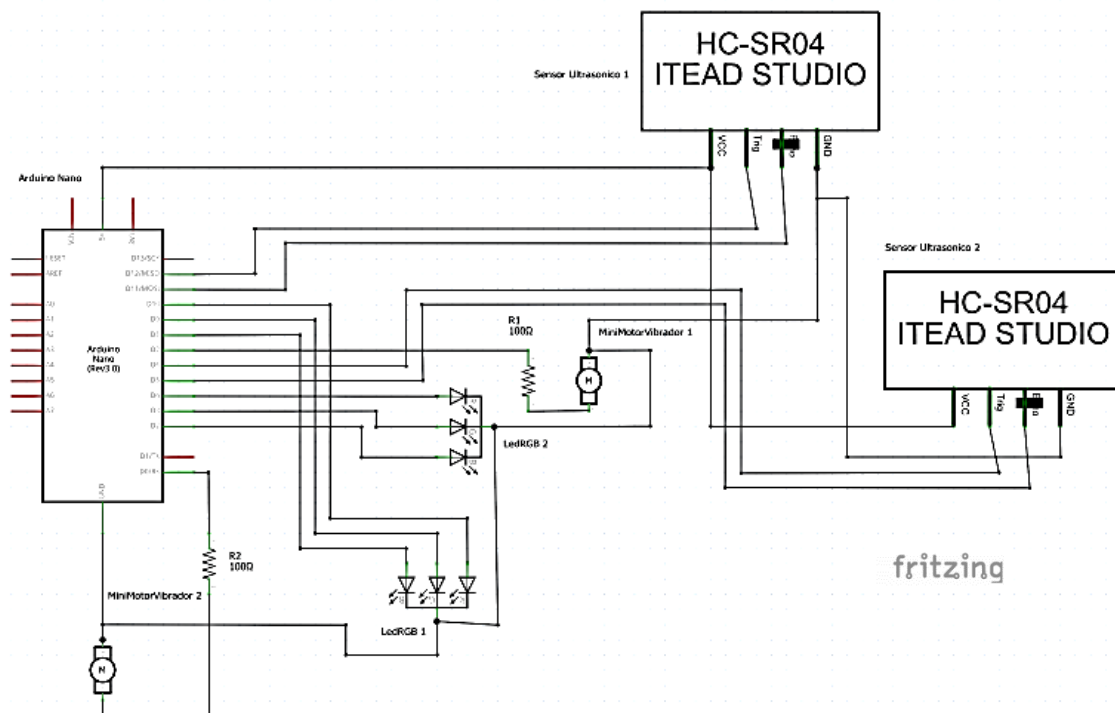


Figura 3. 3 Diseño Esquemático Del Circuito

Fuente: (Elaboración Propia, 2020)

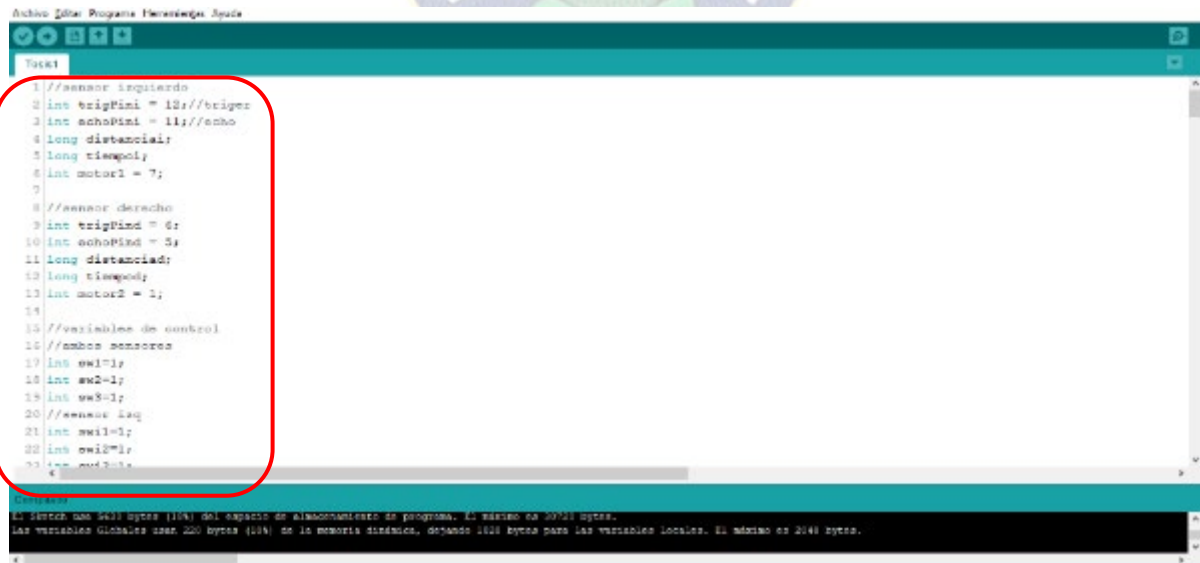
3.5 Fase 4. Codificación

La codificación realizada en la placa de Arduino Nano consta de dos etapas para su mejor funcionamiento al momento de detectar los obstáculos, las etapas son las siguientes:

La primera etapa se encarga del funcionamiento de los sensores ultrasónicos al mismo tiempo, es decir ambos sensores ultrasónicos detectaran obstáculos si se encuentra en la misma dirección y la misma distancia de ambos sensores. De la misma manera se activarán los leds RGB y los dos mini motores vibradores al mismo tiempo.

La segunda etapa se encarga del funcionamiento de los sensores ultrasónicos de manera independiente, es decir que el sensor ultrasónico izquierdo puede detectar el avistamiento de un obstáculo que se aproxime por su lado y mandar una señal a su respectivo mini motor vibrador izquierdo y de la misma manera el sensor ultrasónico derecho trabajara con su mini motor vibrador derecho cuando detecte un obstáculo. Esto ayudara a que los sensores ultrasónicos trabajen de manera independiente en caso de ser necesarios, puesto que un objeto se puede aproximar o encontrar más al lado derecho como al lado izquierdo por esta razón es necesario el trabajo independiente de los sensores ultrasónicos.

En esta parte podemos observar la declaración de variables para cada componente del hardware. Como se muestra en la siguiente Figura 3.4.



```
Archivo [Nombre Programa] Hexadecimal [Nombre Programa]  
Test1  
1 //sensor izquierdo  
2 int trigPin1 = 12;//trig1er  
3 int echoPin1 = 11;//echo  
4 long distancia1;  
5 long tiempo1;  
6 int motor1 = 7;  
7  
8 //sensor derecho  
9 int trigPin2 = 6;  
10 int echoPin2 = 5;  
11 long distancia2;  
12 long tiempo2;  
13 int motor2 = 1;  
14  
15 //variables de control  
16 //ambos sensores  
17 int sw1-1;  
18 int sw2-1;  
19 int sw3-1;  
20 //ambos led  
21 int sw1-2;  
22 int sw2-2;  
23 int sw3-2;  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70  
71  
72  
73  
74  
75  
76  
77  
78  
79  
80  
81  
82  
83  
84  
85  
86  
87  
88  
89  
90  
91  
92  
93  
94  
95  
96  
97  
98  
99  
100  
101  
102  
103  
104  
105  
106  
107  
108  
109  
110  
111  
112  
113  
114  
115  
116  
117  
118  
119  
120  
121  
122  
123  
124  
125  
126  
127  
128  
129  
130  
131  
132  
133  
134  
135  
136  
137  
138  
139  
140  
141  
142  
143  
144  
145  
146  
147  
148  
149  
150  
151  
152  
153  
154  
155  
156  
157  
158  
159  
160  
161  
162  
163  
164  
165  
166  
167  
168  
169  
170  
171  
172  
173  
174  
175  
176  
177  
178  
179  
180  
181  
182  
183  
184  
185  
186  
187  
188  
189  
190  
191  
192  
193  
194  
195  
196  
197  
198  
199  
200  
201  
202  
203  
204  
205  
206  
207  
208  
209  
210  
211  
212  
213  
214  
215  
216  
217  
218  
219  
220  
221  
222  
223  
224  
225  
226  
227  
228  
229  
230  
231  
232  
233  
234  
235  
236  
237  
238  
239  
240  
241  
242  
243  
244  
245  
246  
247  
248  
249  
250  
251  
252  
253  
254  
255  
256  
257  
258  
259  
260  
261  
262  
263  
264  
265  
266  
267  
268  
269  
270  
271  
272  
273  
274  
275  
276  
277  
278  
279  
280  
281  
282  
283  
284  
285  
286  
287  
288  
289  
290  
291  
292  
293  
294  
295  
296  
297  
298  
299  
300  
301  
302  
303  
304  
305  
306  
307  
308  
309  
310  
311  
312  
313  
314  
315  
316  
317  
318  
319  
320  
321  
322  
323  
324  
325  
326  
327  
328  
329  
330  
331  
332  
333  
334  
335  
336  
337  
338  
339  
340  
341  
342  
343  
344  
345  
346  
347  
348  
349  
350  
351  
352  
353  
354  
355  
356  
357  
358  
359  
360  
361  
362  
363  
364  
365  
366  
367  
368  
369  
370  
371  
372  
373  
374  
375  
376  
377  
378  
379  
380  
381  
382  
383  
384  
385  
386  
387  
388  
389  
390  
391  
392  
393  
394  
395  
396  
397  
398  
399  
400  
401  
402  
403  
404  
405  
406  
407  
408  
409  
410  
411  
412  
413  
414  
415  
416  
417  
418  
419  
420  
421  
422  
423  
424  
425  
426  
427  
428  
429  
430  
431  
432  
433  
434  
435  
436  
437  
438  
439  
440  
441  
442  
443  
444  
445  
446  
447  
448  
449  
450  
451  
452  
453  
454  
455  
456  
457  
458  
459  
460  
461  
462  
463  
464  
465  
466  
467  
468  
469  
470  
471  
472  
473  
474  
475  
476  
477  
478  
479  
480  
481  
482  
483  
484  
485  
486  
487  
488  
489  
490  
491  
492  
493  
494  
495  
496  
497  
498  
499  
500  
501  
502  
503  
504  
505  
506  
507  
508  
509  
510  
511  
512  
513  
514  
515  
516  
517  
518  
519  
520  
521  
522  
523  
524  
525  
526  
527  
528  
529  
530  
531  
532  
533  
534  
535  
536  
537  
538  
539  
540  
541  
542  
543  
544  
545  
546  
547  
548  
549  
550  
551  
552  
553  
554  
555  
556  
557  
558  
559  
560  
561  
562  
563  
564  
565  
566  
567  
568  
569  
570  
571  
572  
573  
574  
575  
576  
577  
578  
579  
580  
581  
582  
583  
584  
585  
586  
587  
588  
589  
590  
591  
592  
593  
594  
595  
596  
597  
598  
599  
600  
601  
602  
603  
604  
605  
606  
607  
608  
609  
610  
611  
612  
613  
614  
615  
616  
617  
618  
619  
620  
621  
622  
623  
624  
625  
626  
627  
628  
629  
630  
631  
632  
633  
634  
635  
636  
637  
638  
639  
640  
641  
642  
643  
644  
645  
646  
647  
648  
649  
650  
651  
652  
653  
654  
655  
656  
657  
658  
659  
660  
661  
662  
663  
664  
665  
666  
667  
668  
669  
670  
671  
672  
673  
674  
675  
676  
677  
678  
679  
680  
681  
682  
683  
684  
685  
686  
687  
688  
689  
690  
691  
692  
693  
694  
695  
696  
697  
698  
699  
700  
701  
702  
703  
704  
705  
706  
707  
708  
709  
710  
711  
712  
713  
714  
715  
716  
717  
718  
719  
720  
721  
722  
723  
724  
725  
726  
727  
728  
729  
730  
731  
732  
733  
734  
735  
736  
737  
738  
739  
740  
741  
742  
743  
744  
745  
746  
747  
748  
749  
750  
751  
752  
753  
754  
755  
756  
757  
758  
759  
760  
761  
762  
763  
764  
765  
766  
767  
768  
769  
770  
771  
772  
773  
774  
775  
776  
777  
778  
779  
780  
781  
782  
783  
784  
785  
786  
787  
788  
789  
790  
791  
792  
793  
794  
795  
796  
797  
798  
799  
800  
801  
802  
803  
804  
805  
806  
807  
808  
809  
810  
811  
812  
813  
814  
815  
816  
817  
818  
819  
820  
821  
822  
823  
824  
825  
826  
827  
828  
829  
830  
831  
832  
833  
834  
835  
836  
837  
838  
839  
840  
841  
842  
843  
844  
845  
846  
847  
848  
849  
850  
851  
852  
853  
854  
855  
856  
857  
858  
859  
860  
861  
862  
863  
864  
865  
866  
867  
868  
869  
870  
871  
872  
873  
874  
875  
876  
877  
878  
879  
880  
881  
882  
883  
884  
885  
886  
887  
888  
889  
890  
891  
892  
893  
894  
895  
896  
897  
898  
899  
900  
901  
902  
903  
904  
905  
906  
907  
908  
909  
910  
911  
912  
913  
914  
915  
916  
917  
918  
919  
920  
921  
922  
923  
924  
925  
926  
927  
928  
929  
930  
931  
932  
933  
934  
935  
936  
937  
938  
939  
940  
941  
942  
943  
944  
945  
946  
947  
948  
949  
950  
951  
952  
953  
954  
955  
956  
957  
958  
959  
960  
961  
962  
963  
964  
965  
966  
967  
968  
969  
970  
971  
972  
973  
974  
975  
976  
977  
978  
979  
980  
981  
982  
983  
984  
985  
986  
987  
988  
989  
990  
991  
992  
993  
994  
995  
996  
997  
998  
999  
1000
```

El sketch usa 941 bytes (10%) del espacio de almacenamiento de programa. El máximo es 10240 bytes.
Las variables Globales usan 220 bytes (10%) de la memoria dinámica, dejando 1828 bytes para las variables Locales. El máximo es 2048 bytes.

Figura 3. 4 Código Realizado en Arduino Parte 1

Fuente: (Elaboración Propia, 2020)

En el setup realizamos la declaración del comportamiento de los pines del Arduino Nano, dando a conocer que pines serán de salida y, de entrada, es decir que puerto del Arduino Nano emitirá o recibirá pulsos de energía. Como se muestra en la siguiente Figura 3.5.

```

11 void setup() {
12   serial.begin(5000);
13   //ultrasonico izquierda
14   pinMode(echoIzq, INPUT);
15   pinMode(trigIzq, OUTPUT);
16   pinMode(motor1, OUTPUT);
17   //ultrasonico derecha
18   pinMode(echoDch, INPUT);
19   pinMode(trigDch, OUTPUT);
20   pinMode(motor2, OUTPUT);
21   //manejo del led rojo
22   pinMode(10, OUTPUT); //red
23   pinMode(9, OUTPUT); //green
24   pinMode(8, OUTPUT); //blue
25   //manejo del led azul
26   pinMode(18, OUTPUT); //red
27   pinMode(17, OUTPUT); //green
28   pinMode(16, OUTPUT); //blue
29 }
30
31 void loop() {
32   //ultrasonico izquierda

```

Figura 3. 5 Código Realizado en Arduino Parte 2

Fuente: (Elaboración Propia, 2020)

Se realizaron dos funciones para los leds RGB, donde la función establece el color del led al momento de ser detectado por los sensores ultrasónicos. Como se puede ver en la siguiente Figura 3.6.

```

270 }
271 }
272
273 void color (int R, int G, int B) {
274   digitalWrite(10, R);
275   digitalWrite(9, G);
276   digitalWrite(8, B);
277 }
278
279 void color2 (int R, int G, int B) {
280   digitalWrite(18, R);
281   digitalWrite(17, G);
282   digitalWrite(16, B);
283 }
284 }

```

Figura 3. 6 Código Realizado en Arduino Parte 3

Fuente: (Elaboración Propia, 2020)

En el loop obtendremos la distancia que existe entre los sensores ultrasónicos y un obstáculo al ser detectado, utilizando la fórmula del sensor ultrasónico que toma en cuenta la velocidad del sonido para determinar la distancia, como se muestra en la Figura 3.7.

```

50
51 void loop() {
52   //sensor izquierdo
53   digitalWrite(trigPinL, LOW); //Reinicio del pulso.
54   delayMicroseconds(2);
55   digitalWrite(trigPinL, HIGH); //Envío del pulso.
56   delayMicroseconds(10);
57   digitalWrite(trigPinL, LOW);
58   tiempoL = pulseIn(echoPinL, HIGH); //Fórmula para medir el pulso entrante.
59   distanciaL = tiempoL / (29.2*2);
60
61   //sensor derecho
62   digitalWrite(trigPinR, LOW); //Reinicio del pulso.
63   delayMicroseconds(2);
64   digitalWrite(trigPinR, HIGH); //Envío del pulso.
65   delayMicroseconds(10);
66   digitalWrite(trigPinR, LOW);
67   tiempoR = pulseIn(echoPinR, HIGH); //Fórmula para medir el pulso
68   distanciaR = tiempoR / (29.2*2);
69

```

Figura 3. 7 Código Realizado en Arduino Parte 4

Fuente: (Elaboración Propia, 2020)

En la segunda etapa se realizó las diferentes sentencias condicionales para el funcionamiento de los componentes del hardware, tomando en cuenta que los sensores ultrasónicos trabajan de forma conjunta e independiente el código de la programación conto con muchas sentencias como se muestra en la siguiente Figura 3.8, Figura 3.9 y Figura 3.10.

```

71   if ((distanciaL >= 2 || distanciaL <= 45) || (distanciaR >= 2 || distanciaR <= 45) || sw1==1)
72   {
73     sw1=0;
74     sw2=1;
75     sw3=1;
76     estado=0;
77     color(255,0,0);
78     color(255,0,0);
79     digitalWrite (motor1, HIGH);
80     digitalWrite (motor2, HIGH);
81     delay(50);
82     color(0,0,0);
83     color(0,0,0);
84     digitalWrite (motor1, LOW);
85     digitalWrite (motor2, LOW);
86     delay(100);
87     color(255,0,0);
88     color(255,0,0);

```

Figura 3. 8 Código Realizado en Arduino Parte 5

Fuente: (Elaboración Propia, 2020)

```

Archivo [Editar Programa Microcontrolador Agustin
Tus16
94 digitalWrite (motor1, LOW);
95 digitalWrite (motor2, LOW);
96 delay(100);
97
98 else if ((distancia1 >= 51 && distancia1 <= 85) && (distancia2 >= 51 && distancia2 <= 85) && sw2==1)
99 {
100     sw2=0;
101     sw1=1;
102     sw3=1;
103     entrada=0;
104     color(255,255,0);
105     color(255,255,0);
106     digitalWrite (motor1, HIGH);
107     digitalWrite (motor2, HIGH);
108     delay(50);
109     color(0,0,0);
110     color(0,0,0);
111     digitalWrite (motor1, LOW);
112     digitalWrite (motor2, LOW);
113     delay(200);
114     color(255,255,0);
115     color(255,255,0);
116     digitalWrite (motor1, HIGH);

```

Compiado
El sketch usa 5633 bytes (104% del espacio de almacenamiento de programa. El máximo es 53723 bytes.
Las variables globales usan 220 bytes (104% de la memoria disponible, dejando 1228 bytes para las variables locales. El máximo es 2048 bytes.

Figura 3. 9 Código Realizado en Arduino Parte 6
Fuente; (Elaboración Propia, 2020)

```

Archivo [Editar Programa Microcontrolador Agustin
Tus16
122 digitalWrite (motor2, LOW);
123 delay(200);
124 }
125 else
126 {
127     if ((distancia1 >= 91 && distancia1 <= 125) || (distancia2 >= 91 && distancia2 <= 125) && sw3==1)
128     {
129         sw3=0;
130         sw1=1;
131         sw2=1;
132         entrada=0;
133         color(255,0,255);
134         color(255,0,255);
135         digitalWrite (motor1, HIGH);
136         digitalWrite (motor2, HIGH);
137         delay(50);
138         color(0,0,0);
139         color(0,0,0);
140         digitalWrite (motor1, LOW);
141         digitalWrite (motor2, LOW);
142         delay(250);
143     }
144 }
145 color(0,0,0);
146 color(0,0,0);

```

Compiado
El sketch usa 5632 bytes (104% del espacio de almacenamiento de programa. El máximo es 53723 bytes.
Las variables globales usan 220 bytes (104% de la memoria disponible, dejando 1228 bytes para las variables locales. El máximo es 2048 bytes.

Figura 3. 10 Código Realizado en Arduino Parte 7
Fuente: (Elaboración Propia, 2020)

3.6 Fase 5. Prueba de Diseño

3.6.1 Instalación de los Sensores Ultrasónicos

Se procedió a instalar los dos sensores ultrasónicos en el protoboard de forma que los sensores ultrasónicos se encuentren en una misma dirección de forma paralela.

3.6.2 Instalación de los Mini Motores Vibradores

Se procedió de igual forma a la instalación de los dos mini motores vibradores en el protoboard mediante un cable de conexión, puesto que las conexiones de los mini motores vibradores son muy delgadas y no podrían ajustarse completamente en protoboard al momento de realizar la conexión con el Arduino y los demás componentes electrónicos a utilizar.

3.6.3 Instalación de Leds RGB

Se procedió a la instalación de los leds RGB en el protoboard de manera que cada led RGB se encuentre al lado de su respectivo sensor ultrasónico. Tomando en cuenta que los leds RGB solo serán usados para poder apreciar el correcto funcionamiento de los sensores ultrasónicos al momento de detectar los diferentes obstáculos que se encuentran a su paso y para las pruebas de funcionamiento con las personas invidentes, puesto que los leds RGB en el prototipo de gafas no vendrán incluidos para la mejor optimización y estética al momento de usarlo por las personas invidentes.

3.6.4 Conexión de la Placa Arduino Nano con Componentes Electrónicos

La conexión se realizó de la siguiente manera, se conecta un cable en el pin GND de los sensores ultrasónicos instalados en el protoboard con el puerto GND de la placa Arduino Nano. De la misma manera se realiza la conexión del pin Vcc de los sensores ultrasónicos con el puerto (Vin) de la placa Arduino Nano. Por último, los puertos trigger y echo de los sensores ultrasónicos se conectan en los diferentes pines digitales de la placa Arduino Nano lo cual dependerá del programador.

En nuestro caso los pines trigger y echo del sensor ultrasónico número 1 se conectaron en los puertos D12 y D11 respectivamente en la placa Arduino Nano. En el sensor ultrasónico número 2 los pines trigger y echo se conectaron en el puerto D6 y D5 respectivamente en la placa Arduino Nano.

Las conexiones realizadas en el protoboard con los sensores ultrasónicos 1 y 2 en la placa Arduino Nano se muestran en la siguiente Figura 3.11.

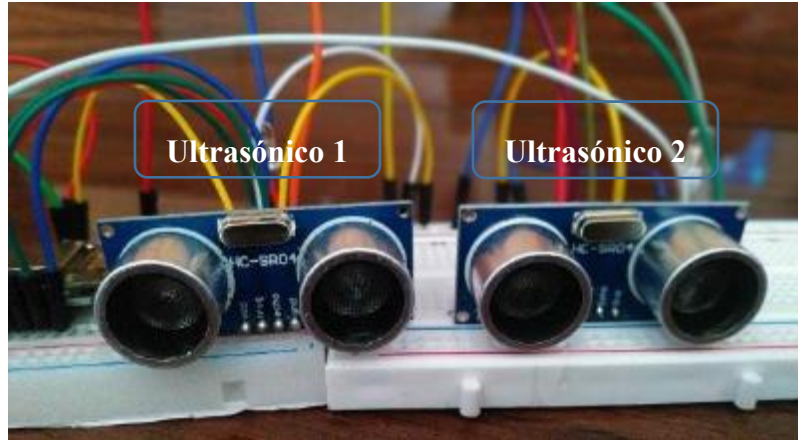


Figura 3. 11 Instalación de los Sensores Ultrasónicos

Fuente: (Elaboración Propia, 2020)

3.6.5 Conexión de la placa Arduino Nano con mini motores vibradores

La conexión de los mini motores se realizó de manera más sencilla puesto que cuenta con solo dos pines uno positivo y otro negativo. El pin positivo del mini vibrador 1 se conectó al puerto D7 y el negativo al puerto GND de la placa Arduino Nano. De la misma manera el pin positivo del mini vibrador 2 se conectó al puerto D1 y el negativo al puerto GND de la placa Arduino Nano. Las conexiones realizadas en el protoboard con los mini motores vibradores 1 y 2 en la placa Arduino Nano se muestran en la siguiente Figura 3.12.

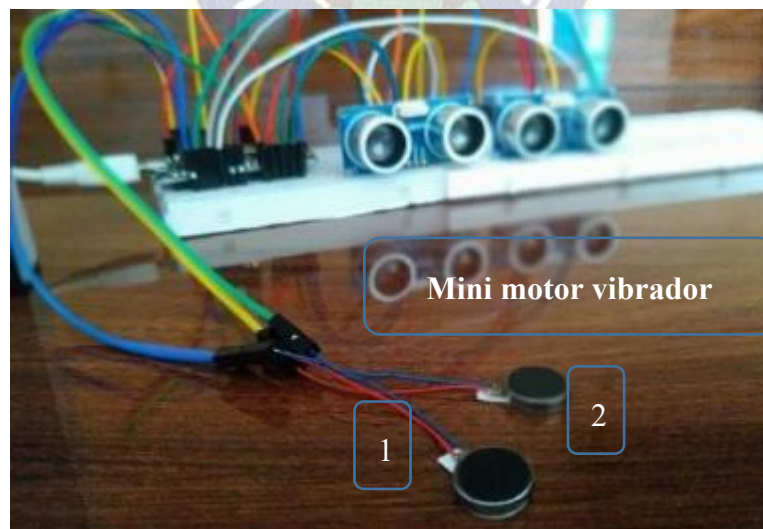


Figura 3. 12 Instalación de los Mini Motores Vibradores

Fuente: (Elaboración Propia, 2020)

3.6.6 Conexión de la placa Arduino Nano con los Leds RGB

En el caso de los leds RGB cuentan con 4 pines, el pin más largo es el negativo y los demás son los pines R (Red o Rojo), B (Blue o Azul) y G (Green o Verde) respectivamente. Los pines GND de los leds RGB 1 y 2 se conectaron al puerto GND de la placa Arduino Nano. El pin R, G y B del led RGB 1 se conectan al puerto D10, D9 y D8 de la misma manera el pin R, G y B del led RGB 2 se conectan al puerto D4, D3 y D2 de la placa Arduino Nano. Las conexiones realizadas en el protoboard con los leds RGB 1 y 2 en la placa Arduino Nano se muestran en la siguiente Figura 3.13.

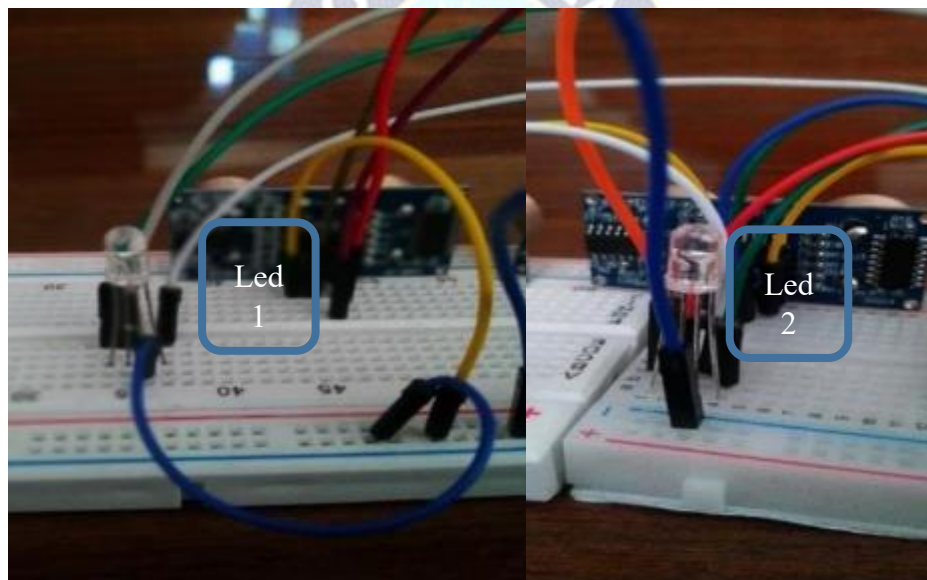


Figura 3. 13 Instalación de los leds RGB

Fuente: (Elaboración Propia, 2020)

3.6.7 Integración del Hardware y Software

Es esta etapa uniremos tanto el hardware como el software del prototipo de gafas, para lo cual seguiremos los siguientes incisos que se muestran a continuación:

a) Preparación del circuito

El circuito armado previamente en el protoboard lo trasladaremos simplemente a un mini protoboard conjuntamente con el Arduino Nano, de esta manera manipular los componentes electrónicos al momento de acoplarlos a las gafas estándar para invidentes.

b) Conexión del Arduino con los componentes

Realizamos la conexión de los componentes del hardware tales como los sensores ultrasónicos, los mini motores y los leds RGB en el Arduino Nano mediante cables de conexión de distintas longitudes para poder acoplar de manera más cómoda y sencilla en las gafas estándar para invidentes.

Los componentes del hardware del prototipo de gafas fueron soldados de forma que no se puedan desconectar, así mejorar el funcionamiento y la reducción de cableado al momento de realizar las conexiones con los componentes del hardware.

c) Instalación del Circuito en las Gafas Estándar

Una vez realizada las respectivas verificaciones de funcionamiento de las conexiones del hardware con el Arduino, se procede a acoplar el circuito diseñado en las gafas estándar para invidentes, de esta manera tener armado el prototipo de gafas para la detección de obstáculos mediante vibraciones para personas invidentes basado en la tecnología Arduino. El armado final del prototipo de gafas se muestra en la Figura 3.14 y Figura 3.15.

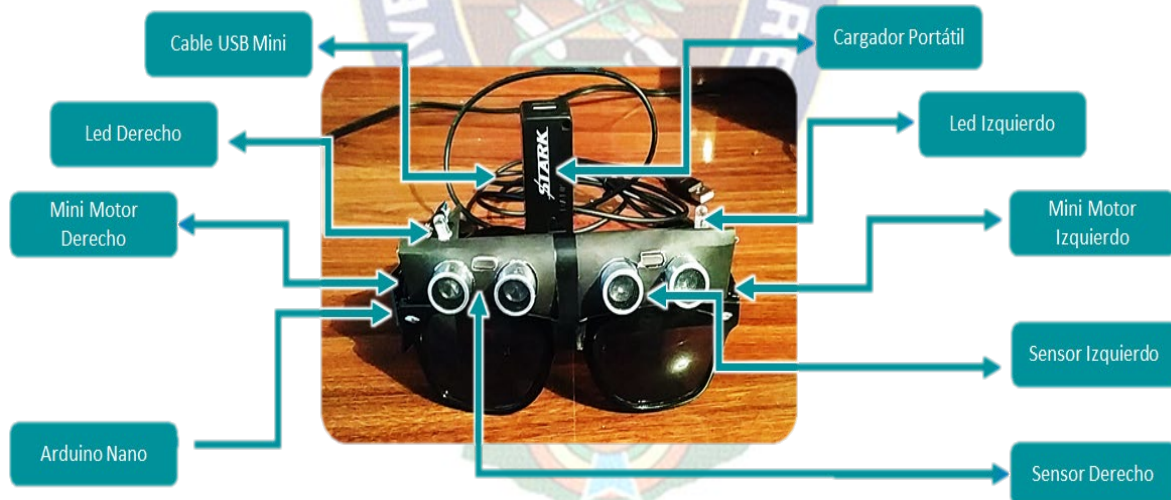


Figura 3. 14: Prototipo de Gafas con la Ubicación de los componentes Arduino

Fuente: (Elaboración Propia, 2020)



Figura 3. 15: Prototipo de Gafas con Leds y sin Leds utilizados para las Pruebas de Funcionamiento

Fuente: (Elaboración Propia, 2020)

3.7 Fase 6. Prueba de Funcionamiento

Las pruebas realizadas para el funcionamiento del prototipo de gafas para la detección de obstáculos mediante vibraciones para personas invidentes basado en la tecnología Arduino consta de las diferentes pruebas realizadas tomando en cuenta las diferentes rangos y tipos de detección de los obstáculos.

3.7.1 Detección de Obstáculo Usando Ambos Sensores Ultrasónicos

Distancia 1: El prototipo de gafas en esta etapa detecta los obstáculos a una distancia de entre 3 cm hasta 45 cm desde el lugar que se encuentre la persona y el obstáculo, donde ambos sensores ultrasónicos trabajan de forma conjunta y de la misma manera se activaran los mini motores vibradores y sus respectivos leds para la mejor apreciación del funcionamiento del prototipo como se muestra en la Figura 3.16.

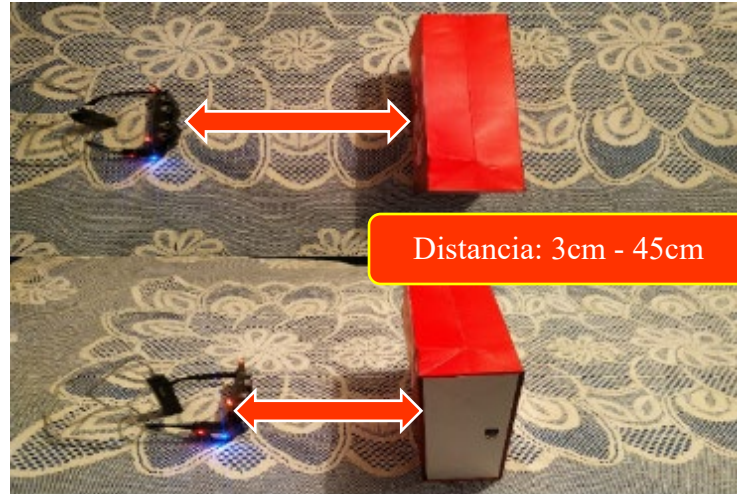


Figura 3. 16 Detección de Obstáculos en el Rango de la Distancia 1

Fuente: (Elaboración Propia, 2020)

Distancia 2: El prototipo de gafas en esta etapa detecta los obstáculos a una distancia de entre 51cm hasta 95 cm desde el lugar que se encuentre la persona y el obstáculo, donde ambos sensores ultrasónicos trabajan de forma conjunta y de la misma manera se activaran los mini motores vibradores y sus respectivos leds para la mejor apreciación del funcionamiento del prototipo como se muestra en la Figura 3.17.

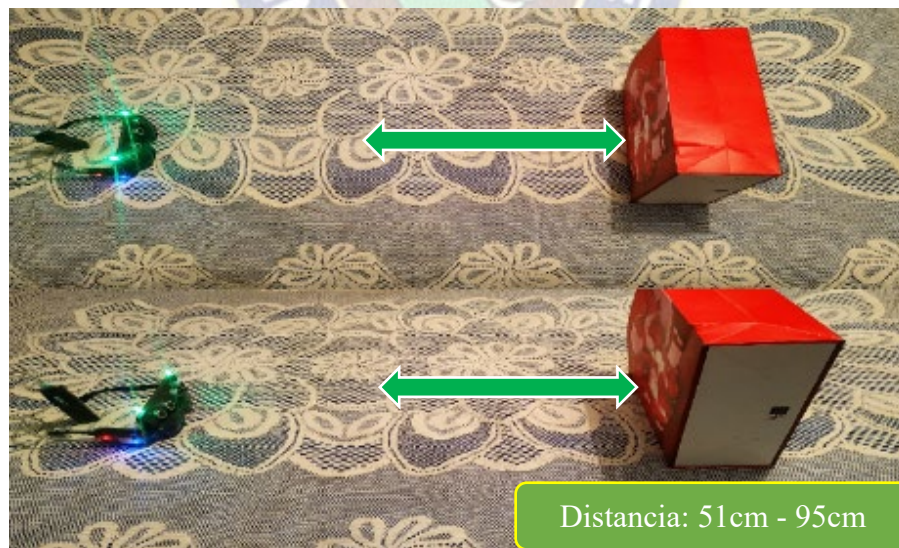


Figura 3. 17 Detección de Obstáculos en el Rango de la Distancia 2

Fuente: (Elaboración Propia, 2020)

Distancia 3: El prototipo de gafas en esta etapa detecta los obstáculos a una distancia de entre 100 cm hasta 125 cm desde el lugar que se encuentre la persona y el obstáculo, donde ambos sensores ultrasónicos trabajan de forma conjunta y de la misma manera se activaran los mini motores vibradores y sus respectivos leds para la mejor apreciación del funcionamiento del prototipo como se muestra en la Figura 3.18.

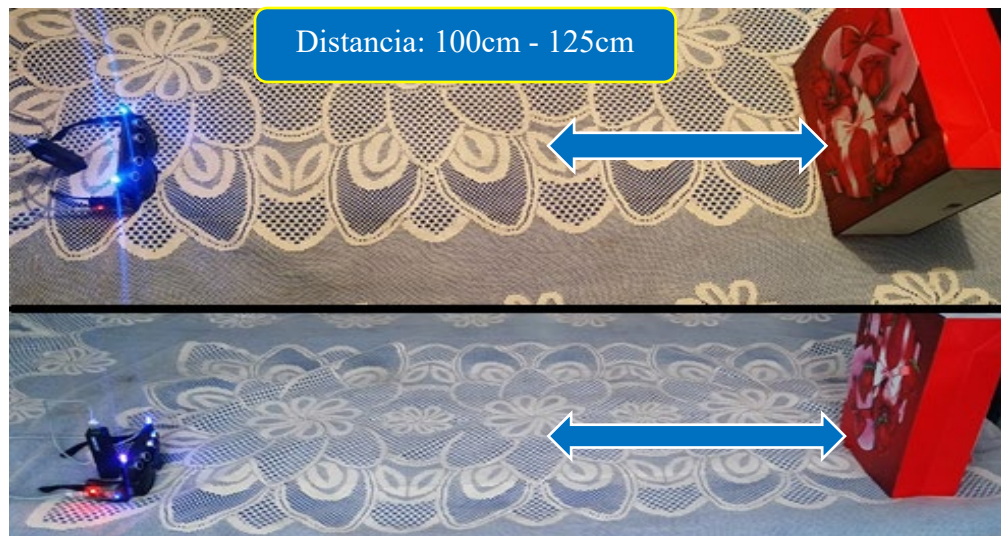


Figura 3. 18 Detección de Obstáculos en el Rango de la Distancia 3

Fuente: (Elaboración Propia, 2020)

3.7.2 Detección de Obstáculos Usando el Sensor Ultrasónico Izquierdo

Distancia 1: El prototipo de gafas en esta etapa detecta los obstáculos usando el sensor ultrasónico izquierdo, tomando en cuenta la distancia de entre 3cm hasta 45cm desde el lugar que se encuentre la persona y el obstáculo, de esta manera el sensor ultrasónico izquierdo activara su mini motor vibrador y su respectivo led para la mejor apreciación del funcionamiento del prototipo como se muestra en la Figura 3.19.



Figura 3. 19 Detección de Obstáculos por la Izquierda en el Rango de la Distancia 1

Fuente: (Elaboración Propia, 2020)

Distancia 2: El prototipo de gafas en esta etapa detecta los obstáculos usando el sensor ultrasónico izquierdo, tomando en cuenta la distancia de entre 51cm hasta 85cm desde el lugar que se encuentre la persona y el obstáculo, de esta manera el sensor ultrasónico izquierdo activara su mini motor vibrador y su respectivo led para la mejor apreciación del funcionamiento del prototipo como se muestra en la Figura 3.20.

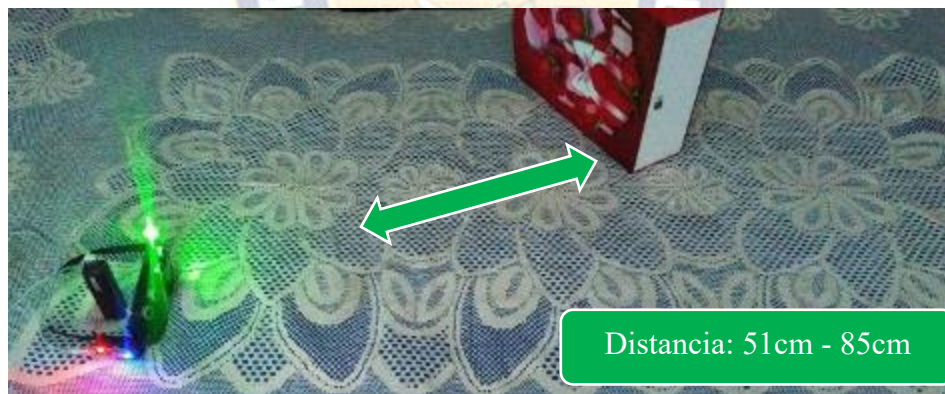


Figura 3. 20 Detección de Obstáculos por la Izquierda en el Rango de la Distancia 2

Fuente: (Elaboración Propia, 2020)

Distancia 3: El prototipo de gafas en esta etapa detecta los obstáculos usando el sensor ultrasónico izquierdo, tomando en cuenta la distancia de entre 91cm hasta 125cm desde el lugar que se encuentre la persona y el obstáculo, de esta manera el sensor ultrasónico izquierdo activara su mini motor vibrador y su respectivo led para la mejor apreciación del funcionamiento del prototipo como se muestra en la Figura 3.21.



Figura 3. 21 Detección de Obstáculos por la Izquierda en el Rango de la Distancia 3

Fuente: (Elaboración Propia, 2020)

3.7.3 Detección de Obstáculos Usando el Sensor Ultrasónico Derecho

Distancia 1: El prototipo de gafas en esta etapa detecta los obstáculos usando el sensor ultrasónico derecho, tomando en cuenta la distancia de entre 3cm hasta 45cm desde el lugar que se encuentre la persona y el obstáculo, de esta manera el sensor ultrasónico derecho activara su mini motor vibrador y su respectivo led para la mejor apreciación del funcionamiento del prototipo como se muestra en la Figura 3.12.



Figura 3. 22 Detección de Obstáculos por la Derecho en el Rango de la Distancia 1

Fuente: (Elaboración Propia, 2020)

Distancia 2: El prototipo de gafas en esta etapa detecta los obstáculos usando el sensor ultrasónico derecho, tomando en cuenta la distancia de entre 51 cm hasta 85cm desde el lugar que se encuentre la persona y el obstáculo, de esta manera el sensor ultrasónico derecho

activara su mini motor vibrador y su respectivo led para la mejor apreciación del funcionamiento del prototipo como se muestra en la Figura 3.23.

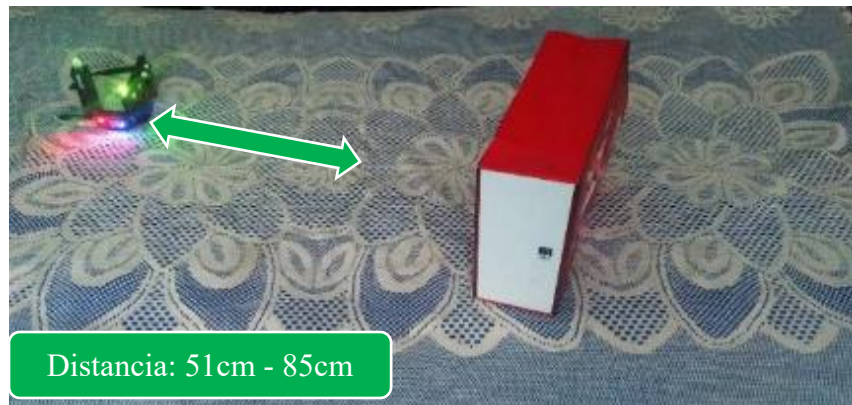


Figura 3. 23 Detección de Obstáculos por la Derecho en el Rango de la Distancia 2

Fuente: (Elaboración Propia, 2020)

Distancia 3: El prototipo de gafas en esta etapa detecta los obstáculos usando el sensor ultrasónico derecho, tomando en cuenta la distancia de entre 91cm hasta 125cm desde el lugar que se encuentre la persona y el obstáculo, de esta manera el sensor ultrasónico derecho activara su mini motor vibrador y su respectivo led para la mejor apreciación del funcionamiento del prototipo como se muestra en la Figura 3.24.



Figura 3. 24 Detección de Obstáculos por la Derecho en el Rango de la Distancia 3

Fuente: (Elaboración Propia, 2020)

3.8 Fase 7. Prueba de Especificaciones

En la etapa de especificaciones verificamos que el prototipo de gafas cumpla las especificaciones realizadas anteriormente por las personas invidentes, realizando las pruebas

en ellas, donde las pruebas de especificaciones la realizamos en la plaza San Pedro de la ciudad de la Paz.

Como podemos observar en las siguientes imágenes vemos que el prototipo de gafas es de fácil manejo, y no ocasiona ninguna molestia al momento de su uso por las calles de la ciudad de La Paz, dando a conocer también que es de mucha ayuda al momento de detectar obstáculos cuando las personas invidentes se desplazan por las distintas calles.

Las pruebas realizadas en personas invidentes fueron con los estudiantes del Instituto Boliviano de la Ceguera (IBC) de la ciudad de La Paz, los cuales probaron el prototipo de gafas en sus diferentes rangos de distancia. Las pruebas realizadas se muestran a continuación en la Figura 3.25. y Figura 3.26.



Figura 3. 25 Acompañando a las personas invidentes en las pruebas del prototipo

Fuente: (Elaboración Propia, 2020)



Figura 3. 26 Las Personas Invidentes Realizan las Pruebas Individualmente

Fuente: (Elaboración Propia, 2020)

Podemos observar en la Figura 3.25 el uso del prototipo de gafas donde la persona invidente detecta los obstáculos del toldo de la Tienda, puesto que son unos de los grandes casos de obstáculos que existen al momento de circular por las calles, donde el bastón blanco no lo detectaría, de esta manera se ayuda a la persona invidente a mejorar y prevenir cualquier lesión o daño que le pueda suceder.

Luego de realizar las pruebas del prototipo de gafas para la detección de obstáculos mediante vibraciones para personas invidentes basado en la tecnología Arduino con los estudiantes del Instituto Boliviano de la Ceguera (IBC) es sus diferentes etapas dieron los siguientes resultados las cuales fueron:

- El prototipo de gafas ayuda al momento de desplazarse por las calles y detectar obstáculos que se encuentren por encima o a la altura de la cabeza.
- La detección de los obstáculos en sus diferentes rangos ayuda a tener en cuenta cuando se aproximan a un obstáculo al momento de desplazarse por las calles.

- Las vibraciones que generan los mini motores son sensibles y no son bruscos o molestos al momento de detectar un obstáculo, lo cual genera una buena experiencia al momento de usarlo.
- El prototipo es de fácil manejo y no genera ninguna molestia al momento de usarla y detectar obstáculos en las calles.

CAPÍTULO IV

PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.1 Introducción

Para la demostración de la validez de la hipótesis planteada, usaremos la prueba estadística Chi-cuadrada χ^2 , donde la hipótesis planteada es la siguiente:.

Hipótesis planteada:

La implementación de un prototipo de gafas para la detección de obstáculos mediante vibraciones para personas invidentes basado en la tecnología Arduino mejora el desplazamiento de las personas invidentes al transitar por las calles, con un nivel de confianza del 95%.

Para la demostración de la hipótesis planteada usaremos una muestra de 47 personas invidentes que realizaron las pruebas del prototipo de gafas, pertenecientes al Instituto Boliviano de la Ceguera, de esta manera obtendremos nuestra tabla de valores observados como se muestra en la Tabla 4.1.

Tabla 4. 1 Tabla de Valores o Frecuencias Observadas

Uso del Prototipo de Gafas que detecta Obstáculos	Mejora el desplazamiento de las personas invidentes		
	Si	Regular	No
Si	16	6	3
No	2	13	7

Fuente: (Elaboración Propia, 2020)

Parámetro 1 = Uso del prototipo de gafas que detecta obstáculos.

Parámetro 2 = Mejora el desplazamiento de las personas invidentes.

4.2 Pasos para la Demostración de Hipótesis

Paso uno: Planteamiento de la hipótesis nula y alternativa

Hipótesis Nula:

H₀ = La implementación de un prototipo de gafas para la detección de obstáculos mediante vibraciones para personas invidentes basado en la tecnología Arduino **NO** mejora el desplazamiento de las personas invidentes al transitar por las calles.

Hipótesis Alternativa:

H_a = La implementación de un prototipo de gafas para la detección de obstáculos mediante vibraciones para personas invidentes basado en la tecnología Arduino mejora el desplazamiento de las personas invidentes al transitar por las calles.

Paso dos: Determinar el nivel de significancia

La hipótesis planteada trabaja a un nivel de confianza es de 95%, por tanto, el nivel de significación será de $\alpha=0,05$.

Paso tres: Determinar la tabla de valores o frecuencias observadas extendida

Donde obtenemos el total de las columnas y filas, de la misma manera la suma total de las mismas como se muestra en la Tabla 4.2.

Tabla 4. 2 Tabla de Valores o Frecuencias Observadas Extendida

Uso del Prototipo de Gafas que detecta Obstáculos	Mejora el desplazamiento de las personas invidentes			Total
	Si	Regular	No	
Si	16	6	3	25
No	2	13	7	22
Total	18	19	10	47

Fuente: (Elaboración Propia, 2020)

Paso cuatro: Determinar la tabla de valores o frecuencias esperadas (Fe)

Par calcular los valores de frecuencia esperada debemos seguir la siguiente formula:

$$Fe = \frac{\text{total columna(celda)} * \text{total fila(celda)}}{\text{suma total}}$$

Los cálculos obtenidos de la Tabla 4.1 por cada celda son los siguientes:

Si: $\frac{18 \times 25}{47} = 9,57$; $\frac{18 \times 22}{47} = 8,42$

Regular : $\frac{19 \times 25}{47} = 10,11$; $\frac{19 \times 22}{47} = 8,89$

No : $\frac{10 \times 25}{47} = 5,32$; $\frac{10 \times 22}{47} = 4,68$

Los valores obtenidos realizando los respectivos cálculos, donde se aprecia de mejor manera la obtención de los valores o frecuencias observadas se muestran en la Tabla 4.3.

Tabla 4. 3 Tabla de Valores o Frecuencias Esperadas

Uso del Prototipo de Gafas que detecta Obstáculos	Mejora el desplazamiento de las personas invidentes		
	Si	Regular	No
Si	9,57	10,11	5,32
No	8,42	8,89	4,68

Fuente: (Elaboración Propia, 2020)

Paso cinco: Formula del Chi-cuadrado calculado

Para determinar el valor de **Chi-cuadrado estadístico calculado** se usará la fórmula que compara las frecuencias observadas con las frecuencias esperadas a continuación:

$$x_{cal}^2 = \sum \frac{(fo_i - fe_i)^2}{fe_i}$$

Donde:

fo_i = Representa a cada frecuencia observada

fe_i = Representa a cada frecuencia esperada

Paso seis: Determinar el Chi Cuadrado estadístico calculado.

$$x_{cat}^2 = \frac{(16 - 9,57)^2}{9,57} + \frac{(2 - 8,42)^2}{8,42} + \frac{(6 - 10,11)^2}{10,11} + \frac{(13 - 8,89)^2}{8,89} + \frac{(3 - 5,32)^2}{5,32} + \frac{(7 - 4,68)^2}{4,68}$$

$$x_{cat}^2 = 4,32 + 4,89 + 1,67 + 1,9 + 1,03 + 1,15$$

$$x_{cat}^2 = 14,96$$

Paso siete: Calculo de Chi-cuadrado critico

Para lo cual primeramente calculamos los grados de libertad, que dependen del número de celdas que tiene la tabla de valores o frecuencias observadas en le Tabla 2.23 de esta manera utilizando la siguiente formula obtendremos los grados de libertad:

$$\text{grados de libertad} = (\text{cantidad de filas} - 1)(\text{cantidad de columnas} - 1)$$

$$\text{grados de libertad} = (2 - 1)(3 - 1)$$

$$\text{grados de libertad} = 2$$

De esta manera obtenemos los siguientes datos:

Grados de libertad = 2

Nivel de significación = 0,05

Con los valores obtenidos de los **grados de libertad** y el **nivel de significación**, intersectamos los valores en la tabla de distribución Chi-cuadrado y obtenemos el valor de **Chi-cuadrado critico** como se muestra en la Figura 4.1.

Tabla de la distribución chi-cuadrado.

La tabla contiene los valores x tales que $p[\chi_n^2 \geq x] = \alpha$ en función de los grados de libertad (n).



n	0,99	0,98	0,975	0,95	0,90	0,80	0,50	0,20	0,10	0,05	0,025	0,02	0,01	0,001
1	0,0002	0,0006	0,0010	0,0039	0,0158	0,0642	0,4549	1,6424	2,7055	3,8415	5,0239	5,4119	6,6349	10,8274
2	0,0001	0,0002	0,0003	0,0006	0,0015	0,0037	0,1888	0,5991	1,3858	2,2041	2,7707	2,9241	3,5795	6,3292
3	0,1148	0,1848	0,2158	0,3518	0,5844	1,0052	2,3660	4,6416	6,2514	7,8147	9,3484	9,8374	11,3449	16,2660
4	0,2971	0,4294	0,4844	0,7107	1,0636	1,6488	3,3567	5,9886	7,7794	9,4877	11,1433	11,6678	13,2767	18,4662
5	0,5543	0,7519	0,8312	1,1455	1,6103	2,3425	4,3515	7,2893	9,2363	11,0705	12,8325	13,3882	15,0863	20,5147
6	0,8721	1,1344	1,2373	1,6354	2,2041	3,0701	5,3481	8,5581	10,6446	12,5916	14,4494	15,0332	16,8119	22,4575
7	1,2390	1,5643	1,6899	2,1673	2,8331	3,8223	6,3458	9,8032	12,0170	14,0671	16,0128	16,6224	18,4753	24,3213
8	1,6465	2,0325	2,1797	2,7326	3,4895	4,5936	7,3441	11,0301	13,3616	15,5073	17,5345	18,1682	20,0902	26,1239
9	2,0879	2,5324	2,7004	3,3251	4,1682	5,3801	8,3428	12,2421	14,6837	16,9190	19,0228	19,6790	21,6660	27,8767
10	2,5582	3,0591	3,2470	3,9403	4,8652	6,1791	9,3418	13,4420	15,9872	18,3070	20,4832	21,1608	23,2093	29,5879
11	3,0535	3,6087	3,8157	4,5748	5,5778	6,9887	10,3410	14,6314	17,2750	19,6752	21,9200	22,6179	24,7250	31,2635

Figura 4. 1 Tabla de Chi-Cuadrado con el valor Chi-cuadrado Critico

Fuente: (Elaboración Propia, 2020)

El valor obtenido Figura 4.1, para **Chi-cuadrado crítico es de 5,99**, por tanto, ya contamos con los valores de Chi-cuadrado crítico y Chi-cuadrado calculado.

Paso ocho: Comparamos valores de Chi-cuadrado calculado y Chi-cuadrado crítico

El valor de Chi-cuadrado calculado y Chi-cuadrado crítico son:

Chi-cuadrado calculado = 14,96

Chi-cuadrado crítico = 5,99

Para aceptar la **H₀**:

Chi-cuadrado calculado < Chi-cuadrado crítico

Para aceptar la **H_a**:

Chi-cuadrado calculado > Chi-cuadrado crítico

Por tanto, comparando los valores de Chi-cuadrado calculado y Chi-cuadrado crítico obtenemos la siguiente igualdad:

Chi-cuadrado calculado > Chi-cuadrado crítico

$$14,96 > 5,99$$

Paso Nueve: Conclusiones

Entonces se rechaza la hipótesis nula **H₀** “La implementación de un prototipo de gafas para la detección de obstáculos mediante vibraciones para personas invidentes basado en la tecnología Arduino **NO** mejora el desplazamiento de las personas invidentes al transitar por las calles”.

Por tanto, se acepta la hipótesis alternativa **H_a** “La implementación de un prototipo de gafas para la detección de obstáculos mediante vibraciones para personas invidentes basado en la tecnología Arduino mejora el desplazamiento de las personas invidentes al transitar por las calles”.

Con las pruebas realizadas de funcionamiento en el Capítulo III y la demostración de la hipótesis, tomando en cuenta la prueba estadística de Chi-Cuadrado donde se demostró que la hipótesis planteada donde “La implementación de un prototipo de gafas para la detección

de obstáculos mediante vibraciones para personas invidentes basado en la tecnología Arduino mejora el desplazamiento de las personas invidentes en las calles permitiendo detectar obstáculos a determinadas distancias” es aceptable, de esta manera se realizó la demostración.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones Generales

En la presente investigación se realizó una amplia búsqueda y depuración de información acerca de proyectos que tuvieran similitud lo cual facilitó la elaboración y desarrollo del prototipo de gafas para la detección de obstáculos mediante vibraciones para personas invidentes basado en la tecnología Arduino.

Las pruebas realizadas comprobaron que se puede implementar un prototipo de gafas para la detección de obstáculos mediante vibraciones para personas invidentes basado en la tecnología Arduino usando hardware y software libre a menor costo, en comparación con otros productos construidos por empresas que se dedican a este mercado y resolviendo el mismo problema.

La realización del trabajo fue muy enriquecedora en cuanto a la adquisición de conocimiento en el área de electrónica y la programación de dispositivos de hardware que se usan en Arduino, pero aún más el hecho de poder implementar y desarrollar un prototipo de gafas para las personas invidentes que les ayudara a mejorar su desplazamiento por los distintos lugares que circulan.

5.2 Cumplimiento de los Objetivos Generales

El objetivo general “Implementar un prototipo de gafas para la detección de obstáculos mediante vibraciones para personas invidentes basada en la tecnología Arduino” planteada en el capítulo I, se cumplió satisfactoriamente con la construcción de un prototipo de gafas para la detección de obstáculos para personas invidentes la cual mejora el desplazamiento de las personas invidentes en lugares con mucha concurrencia de personas y obstáculos, tomando en cuenta también que el costo de los materiales implementados son de manera económica, de esta manera el prototipo alcanzó las funciones descritas en el desarrollo del trabajo.

5.3 Cumplimientos de los Objetivos Específicos

En cuanto a los objetivos específicos planteados en el trabajo de investigación, a continuación, se da a conocer el cumplimiento de los mismos:

- a) Se realizó el diseño de un esquema de los componentes de hardware a utilizar, integrando los componentes de hardware con en el Arduino.
- b) Se determinó la cantidad de componentes de hardware a utilizar en el prototipo de gafas para personas invidentes.
- c) Se determinó las distancias que detecta el prototipo y la sensibilidad de vibración de los mini motores al detectar un obstáculo, trabajándolo con las personas invidentes que realizaron el uso del prototipo.
- d) Se realizó las pruebas preliminares del funcionamiento del sistema integrado en Arduino utilizando un protoboard (placa de pruebas).
- e) Se dio a conocer el costo estimado de los componentes del hardware utilizado en el prototipo de gafas para la detección de obstáculos para personas invidentes basado en la tecnología Arduino.

5.4 Estado de Hipótesis

La hipótesis del presente trabajo sostiene que “La implementación de un prototipo de gafas para la detección de obstáculos mediante vibraciones para personas invidentes basado en la tecnología Arduino mejora el desplazamiento de las personas invidentes al transitar por las calles, permitiendo detectar los obstáculos que se encuentre a una altura mayor a la cintura y de esta manera brindar mayor seguridad a las personas invidentes”.

Con la construcción e implementación del prototipo de gafas, verificamos que el prototipo de gafas ayuda a mejorar la circulación por las calles en las personas invidentes gracias a la detección de los obstáculos en sus diferentes etapas dados a conocer en el capítulo III, por lo tanto, la hipótesis planteada se ha demostrado, como se observa en el capítulo IV.

5.5 Recomendaciones

- Imprimir un prototipo de manillas basado en IOT y sensores que detecten a que distancia se encuentra un obstáculo y de esta manera la persona invidente pueda sentir la señal de alerta de voz o vibración en la muñeca de la mano.

- Realizar un proyecto con reconocimiento de imágenes, enfocados a reconocer el valor de la familia de billetes del Bolivia de Bs 10, Bs 20, Bs 50, Bs 100 y Bs 200, para las personas invidentes.
- Implementar un proyecto basado en IOT y Android, para la guía y direccionamiento por las calles mediante una cámara puesta en la persona invidentes y la guía de su cuidador o familiar a la distancia mediante la aplicación.



Bibliografía

- Adam. (13 de Febrero de 2020). *Ceguera y pérdida de la visión*. Obtenido de <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/003040.htm>
- Aliexpress. (2019). *AliExpress*. Obtenido de <https://es.aliexpress.com/i/32966163801.html>
- Alvarez. (Septiembre de 2015). *asifunciona*. Obtenido de http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_resistencia/ke_resistencia_1.htm
- Anf. (26 de Julio de 2016). Obtenido de https://correodelsur.com/sociedad/20160726_estatura-los-bolivianos-estan-entre-los-mas-bajitos-de-la-region.html
- Atom. (21 de Septiembre de 2013). *Electronicamag*. Obtenido de <http://electronicamag.blogspot.com/2013/09/corazon-de-acrilico-y-leds-rgb.html>
- Ayala. (Junio de 2011). Diseño y construcción del prototipo de un sistema electrónico por ultrasonico para medir distancias aplicadas a un baston blanco. Cuenca.
- Baviera. (30 de Octubre de 2019). *Cuida tus ojos*. Obtenido de <https://www.clinicabaviera.com/blog/quieres-saber-como-se-produce-la-vision/>
- Castillo. (20 de Enero de 2019). *ProfesionalReview*. Obtenido de <https://www.profesionalreview.com/2019/01/20/rgb-que-es/>
- Chepalli. (30 de Septiembre de 2014). *Arduino Boards*. Obtenido de <https://icircuit.net/arduino-boards-pin-mapping/141>
- Davalos. (16 de Abril de 2015). *LaFisicaEnMi*. Obtenido de <http://lafisicaenmi.blogspot.com/2015/04/la-ecolocacion.html>
- Demeyer. (12 de Diciembre de 2007). *Arrow Electronic*. Obtenido de <https://www.arrow.com/es-mx/research-and-events/articles/an-overview-of-the-arduino-micro>
- Espinoza. (Enero de 2015). Diseño e implementación de un prototipo de gafas electrónicas con comunicación bluetooth para la detección de objetos circundantes para personas no videntes. Guayaquil, Ecuador.
- Garcia. (Junio de 2014). Diseño e implementación de un sistema de seguridad para el hogar con interfaz en android. Vasco.
- Garcia. (Septiembre de 2015). *asifunciona*. Obtenido de http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_resistencia/ke_resistencia_1.htm
- Gimenez. (23 de Marzo de 2017). *Tiflotecnología*. Obtenido de <https://web.ua.es/es/cae/documentos/noticias/2017/tiflotecnologia-para-deficit-visual-once-juan-antonio-gimenez-sonia-collado.pdf>
- Gomez. (3 de Noviembre de 2018). *tuElectronica.es*. Obtenido de <https://tuelectronica.es/que-es-la-protoboard/>

- Gonzales. (16 de Abril de 2012). *SlideShare*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/MelissaOrtega5/modelo-v>
- Hernandez. (2018). *programafacil*. Obtenido de https://programarfacil.com/podcast/esp8266-wifi-coste-arduino/#Un_poco_de_historia
- Horcajo. (16 de Enero de 2020). *Quora*. Obtenido de <https://es.quora.com/C%C3%B3mo-se-mide-el-paso-de-una-persona>
- IBC. (2017). Instituto boliviano de la ceguera. Bolivia. Obtenido de <http://www.ibt.gov.bo/>
- Ine. (Diciembre de 2016). *Censo 2012 segun tipo de dificultad permanente*. Obtenido de ine.gov.bo
- Isaac. (2019). *Hardware Libre*. Obtenido de <https://www.hwlibre.com/arduino-nano/>
- Jadiaz. (21 de Enero de 2016). *MiArduion*. Obtenido de <http://www.iescamp.es/miarduino/2016/01/21/placa-arduino-uno/>
- Lavorda. (2 de Octubre de 2016). *GitHub*. Obtenido de <https://github.com/jaimelaborda/Planta-Twittera/wiki/1.-Introducci%C3%B3n-al-ESP8266-y-NodeMCU>
- Llamas. (16 de Junio de 2015). *Ingenierira Informatica y Diseño*. Obtenido de <https://www.luisllamas.es/medir-distancia-con-arduino-y-sensor-de-ultrasonidos-hc-sr04/>
- Macho. (2019). *Prometec*. Obtenido de <https://www.prometec.net>
- Marroquin. (15 de Octubre de 2019). *Selebracion del dia del baston*. Obtenido de <https://www.prensalibre.com/ciudades/guatemala-ciudades/sabia-que-hoy-se-celebra-el-dia-del-baston-blanco-instrumento-necesario-para-no-videntes/>
- Martin. (28 de Febrero de 2017). *El Español Publicaciones S.A.* Obtenido de https://www.elespanol.com/ciencia/investigacion/20170228/197230433_0.html
- Martinez. (26 de Abril de 2012). *Ingenieria de Software*. Obtenido de <http://softwareverde.blogspot.com/2012/09/modelo-en-v.html>
- Mecafenix. (25 de Abril de 2017). *Ingenieria Mecafenix*. Obtenido de <https://www.ingmecafenix.com/electronica/arduino/>
- Moreno. (2 de Noviembre de 2018). *El Dia*. Obtenido de https://www.eldiadecordoba.es/cordoba/calle-pista-obstaculos_0_195881047.html
- Oliveira. (2011). *Frirzing Primeros Pasos*. Venezuela.
- Once. (2013). *www.once.es*. Obtenido de <https://www.once.es/dejanos-ayudarte/accesibilidad>, <https://www.once.es/dejanos-ayudarte/accesibilidad>
- Perez. (2015). *definicion.de*. Obtenido de <https://definicion.de/prototipo/>
- Prometec. (2019). *prometec.net*. Obtenido de <https://www.prometec.net/consumos-arduino/>

- Quevedo. (11 de 12 de 2011). *Medwave*. Obtenido de <https://www.medwave.cl/link.cgi/Medwave/Series/MBE04/5266>
- Reyes. (8 de Agosto de 2015). *IngenieriaElectronica*. Obtenido de <https://ingenieriaelectronica.org/definicion-de-protoboard-y-como-utilizarlo/>
- Rodriguez. (28 de Septiembre de 2008). *Metodo de Desarrolllo de Software*. Obtenido de <http://old-web-1.iiia.csic.es/udt/es/blog/jrodriguez/2008/metodologia-desarrollo-sotware-modelo-en-v-o-cuatro-niveles>
- Rodriguez. (28 de Septiembre de 2008). *Metodo de Desarrollo de Software*. Obtenido de <http://old-web-1.iiia.csic.es/udt/es/blog/jrodriguez/2008/metodologia-desarrollo-sotware-modelo-en-v-o-cuatro-niveles>
- Rodriguez. (28 de Septiembre de 2008). *Metodo de Desarrollo de Software*. Obtenido de <http://old-web-1.iiia.csic.es/udt/es/blog/jrodriguez/2008/metodologia-desarrollo-sotware-modelo-en-v-o-cuatro-niveles>
- Rodríguez. (2018). *fundacionperiodismo*. Obtenido de <https://fundacionperiodismo.org/la-paz-diversas-barreras-las-personas-discapacidad/>
- s. (D de D de D). *dd*. Obtenido de D: D
- Saenz. (28 de Diciembre de 2009). *Sitistema de orientacion y posicion movil para personas ciegas en ambientes cerrados*. Santiago de Chile, Chile.
- Santana. (2013). *La aptitud linguistica de estudiantes ciegos*. Madrid, España: Departamento de didactica de la lengua y literatura.
- Schulkin. (30 de Junio de 2018). *infobae*. Obtenido de <https://www.infobae.com/tecno/2018/06/30/5-tecnologias-que-pueden-mejorar-la-vida-de-las-personas-con-discapacidad-visual/>
- Suarez. (2018). *Las tics para las personas con discapacidad*. Obtenido de <https://www.isesinstituto.com/noticia/lo-que-las-tic-pueden-hacer-por-las-personas-con-discapacidad>
- Tapia. (2 de Noviembre de 2013). *Diez tipos de obstáculos dificultan el tránsito de los ciegos en La Paz*. La Paz: La Razon.
- Wikipedia. (22 de Septiembre de 2020). *Wikipedia.es*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Estatura>
- Yanchatuña. (2016). *Vision artificial por alertas de voz y movimiento para personas con discapacidad visual en la bibliote de no videntes de la universidad tecnica de ambato*. Ambanto, Ecuador.