



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS
ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL**

Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones

TEMA:

“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”

Trabajo de Graduación. Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones.

SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Programación de dispositivos de Comunicación

AUTOR: Luis Ángel Yanchatuña Aguayo

TUTOR: Ing. Mg. Giovanni Danilo Brito Moncayo

Ambato - Ecuador

Febrero 2016

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de investigación sobre el tema: “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” del señor Luis Ángel Yanchatuña Aguayo, estudiante de la Carrera de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones , de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe de investigación reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el Art. 16 del Capítulo II, del Reglamento de Graduación para Obtener el Título Terminal de Tercer Nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, febrero 2016

EL TUTOR

Ing. Mg. Giovanni Danilo Brito Moncayo

AUTORÍA

El presente trabajo de investigación titulado “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” es absolutamente original, auténtico y personal en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicas que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, febrero 2016

.....

Luis Ángel Yanchatuña Aguayo

CC: 1804377305

APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes aprobó el Informe Final del trabajo de graduación titulado “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” presentado por el señor Luis Ángel Yanchatuña Aguayo de acuerdo al Art. 17 del Reglamento de Graduación para obtener el título Terminal de tercer nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

.....

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

.....

DOCENTE CALIFICADOR

.....

DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a toda mi familia por ser mi apoyo e inspiración durante mi vida.

A mis maestros por ser la fuente del conocimiento y una guía en mi vida estudiantil.

A mis amigos y compañeros por haber compartido tiempo, espacio y aventuras dentro y fuera del salón de clases.

Luis Ángel Yanchatuña Aguayo

AGRADECIMIENTO

A mi familia por brindarme la ayuda necesario en cada momento de mi vida.

A mis maestros que supieron aportar a mi formación, especialmente al Ing. Mg. Geovanni Brito por brindarme su ayuda para realizar este proyecto.

Luis Ángel Yanchatuña Aguayo

INDICE

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	II
AUTORÍA	III
APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA.....	IV
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO	VI
INDICE.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
RESUMEN.....	XII
ABSTRACT	XIII
ACRÓNIMOS	XIV
GLOSARIO DE TÉRMINOS	XVI
INTRODUCCIÓN.....	XVIII
CAPITULO 1	1
EL PROBLEMA	1
1.2 Planteamiento del problema.....	1
1.3 Delimitación.....	2
1.4 Justificación	3
1.5 Objetivos.....	3
CAPITULO II.....	5
MARCO TEORÍCO	5
2.1 Antecedentes Investigativos	5
2.2 Fundamentación Teórica.....	6
2.2.1 Orientación y movilidad en las personas con discapacidad visual	6
2.2.2 Dispositivos electrónicos.....	7
2.2.3 Sistemas para adquisición de datos	11
2.2.4 Red de área corporal (BAN).....	18
2.2.5 Sensores de proximidad.....	21
2.3 Propuesta de Solución.....	26
CAPITULO III	27
METODOLOGIA.....	27

3.1	Modalidad de la investigación	27
3.2	Población y muestra.....	27
3.3	Recolección de la información	27
3.4	Procesamiento y análisis de datos.....	28
3.5	Desarrollo del proyecto.....	28
CAPITULO IV		29
DESARROLLO DE LA PROPUESTA		29
4.1	Análisis de requerimientos de la ruta de movilidad.....	29
4.1.1	Diseño de la ruta de movilidad.....	29
4.1.2	Estudio de la ruta de movilidad.....	30
4.1.3	Obstáculos en la ruta de movilidad	30
4.1.4	Identificación de los requerimientos.....	33
4.2	Comparación y selección de hardware y software.....	33
4.2.1	Hardware	33
4.2.2	Software.....	37
4.3	Configuración de módulos.....	40
4.3.1	Configuración de la tarjeta Arduino Pro Mini.....	40
4.3.2	Configuración del módulo bluetooth HC-05	41
4.3.3	Decodificador de audio - Alertas de voz	44
4.4	Diseño del prototipo.....	46
4.4.1	Diagramas de bloques.....	46
4.4.2	Diseño del circuito esquemático.....	48
4.5	Conexiones en la placa de pruebas	49
4.5.1	Módulo maestro.....	49
4.5.2	Módulo esclavo	51
4.5.3	Comunicación entre módulos	52
4.6	Programación	54
4.6.1	Análisis	54
4.6.2	Código	57
4.7	Implementación del prototipo.....	62
4.7.1	Diseño del circuito impreso.....	62
4.7.2	Preparación de las placas	63
4.7.3	Grabado de las placas	63
4.7.4	Lavado de las placas	63

4.7.5	Perforado de las placas	64
4.7.6	Montaje de los componentes	65
4.8	Diseño de carcasas	66
4.9	Características del prototipo	68
4.10	Presupuesto	69
4.11	Pruebas de funcionamiento	69
4.12	Análisis de resultados	70
CAPITULO V		72
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		72
5.1	Conclusiones	72
5.2	Recomendaciones	73
BIBLIOGRAFÍA		74
ANEXOS		77
Anexo 1. MANUAL DE USUARIO PARA EL GUIA		77
Anexo 2. HOJAS DE DATOS DE LOS COMPONENTES		83
Anexo 3. ENTREVISTA		94

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPITULO II

Fig. 2. 1	Trekker Breeze handheld talking GPS	9
Fig. 2. 2	Step Hear Navigation	9
Fig. 2. 3	Gafas milagrosas	10
Fig. 2. 4	Dispositivo Ray®	11
Fig. 2. 5	Arduino Uno.....	15
Fig. 2. 6	Cable USB.....	15
Fig. 2. 7	Ejemplo Blink Arduino	17
Fig. 2. 8	Menú tarjetas Arduino.....	17
Fig. 2. 9	Body Area Network (red de área corporal).....	19
Fig. 2. 10	Arquitectura red BAN	20
Fig. 2. 11	Tecnologías de radio	21
Fig. 2. 12	Estructura de un sensor inductivo.	22
Fig. 2. 13	Estructura de un sensor de efecto hall.....	22
Fig. 2. 14	Estructura de un sensor capacitivo	23
Fig. 2. 15	Estructura de un sensor ultrasónico.....	24
Fig. 2. 16	Sensor de ultrasonidos (Baumer Electric).....	25
Fig. 2. 17	Funcionamiento sensor óptico de proximidad	25
Fig. 2. 18	Diagrama sensor óptico de proximidad.....	25

CAPITULO IV

Fig. 4. 1 Diseño de la ruta de movilidad.....	30
Fig. 4. 2 Sensores de ingreso y salida.....	31
Fig. 4. 3 Muebles	31
Fig. 4. 4 Casilleros.....	31
Fig. 4. 5 Sección de no videntes	32
Fig. 4. 6 Computadoras para discapacitados visuales	32
Fig. 4. 7 Estantes de libros.....	32
Fig. 4. 8 Entorno de desarrollo integrado	38
Fig. 4. 9 Eagle 7.3.....	39
Fig. 4. 10 Conexión Arduino Pro Mini – Arduino Uno	40
Fig. 4. 11 Conexión módulo bluetooth HC-05	41
Fig. 4. 12 Programa de control - Modo AT	42
Fig. 4. 13 Monitor serie	43
Fig. 4. 14 Programando Modo AT	43
Fig. 4. 15 Programa TextAloud	45
Fig. 4. 16 Programa UsbRecorder Version 1.3.....	45
Fig. 4. 17 Tarjeta micro sd de 128Mb con los archivos AD4	46
Fig. 4. 18 Diagrama de bloques – Módulo maestro.....	47
Fig. 4. 19 Diagrama de bloques – Módulo esclavo	47
Fig. 4. 20 Diagrama esquemático – Módulo maestro.....	48
Fig. 4. 21 Diagrama esquemático – Módulo esclavo	49
Fig. 4. 22 Conexión Arduino Pro Mini – Sensor ultrasónico	50
Fig. 4. 23 Conexión decodificador de audio.....	51
Fig. 4. 24 Conexión: Arduino Pro Mini – Sensor ultrasónico.....	51
Fig. 4. 25 Conexión módulo bluetooth HC-05 – Módulo maestro.....	53
Fig. 4. 26 Conexión módulo bluetooth HC-05 – Módulo esclavo	53
Fig. 4. 27 Flujograma Módulo maestro	54
Fig. 4. 28 Flujograma Módulo esclavo.....	56
Fig. 4. 29 Circuito impreso – Módulo maestro.....	62
Fig. 4. 30 Circuito impreso – Módulo esclavo	62
Fig. 4. 31 Placas lavadas.....	64
Fig. 4. 32 Perforado de placa – Módulo maestro.....	64
Fig. 4. 33 Perforado de placa – Módulo esclavo	64
Fig. 4. 34 Placas completas – Módulos maestro y esclavo	65
Fig. 4. 35 Modelo 3D – Módulo maestro	66
Fig. 4. 36 Modelo 3D – Módulo esclavo.....	66
Fig. 4. 37 Impresión 3D.....	67
Fig. 4. 38 Ensamblaje Módulo maestro	67
Fig. 4. 39 Ensamblaje Módulo esclavo	67
Fig. 4. 40 Módulo maestro	68
Fig. 4. 41 Módulo esclavo	68
Fig. 4. 42 Pruebas del prototipo.....	70

ÍNDICE DE TABLAS

CAPITULO II

Tabla 2. 1 Productos Arduino.....	14
Tabla 2. 2 Características de tecnologías de RF.....	21

CAPITULO IV

Tabla 4. 1 Plataformas Hardware libre.....	34
Tabla 4. 2 Tarjetas Arduino.....	34
Tabla 4. 3 Tipos de sensores de proximidad.....	35
Tabla 4. 4 Tipos de sensores Ultrasónicos.....	36
Tabla 4. 5 Módulos Bluetooth.....	36
Tabla 4. 6 Características módulo decodificador de audio WTV020-SD.....	37
Tabla 4. 7 Elementos adicionales.....	37
Tabla 4. 8 Conexión Arduino Pro Mini – Sensor ultrasónico.....	49
Tabla 4. 9 Conexión Decodificador de Audio WTV020-SD.....	50
Tabla 4. 10 Conexión Arduino Pro Mini – Sensor ultrasónico.....	51
Tabla 4. 11 Conexión micro motor desfasado.....	52
Tabla 4. 12 Conexión módulo bluetooth esclavo.....	52
Tabla 4. 13 Conexión módulo bluetooth maestro.....	53
Tabla 4. 14 Principales características del prototipo.....	68
Tabla 4. 15 Presupuesto final del proyecto.....	69

RESUMEN

En la actualidad dentro de la población mundial existen millones de personas con deficiencia visual que afrontan diversos problemas en las diferentes actividades que desarrollan en su vida diaria. En la Universidad Técnica de Ambato existen pocos estudiantes con deficiencia visual, pero problemas dentro de su orientación y movilidad se deben a falta de información dentro del medio en el que se encuentran, entonces para lo cual se ha desarrollado este proyecto con el fin de solucionar algunos de los problemas existentes dentro de la biblioteca de no videntes.

En el presente proyecto se han creado dos módulos para uso de la persona con deficiencia visual, un maestro y un esclavo, que juntos conforman una red BAN y por medio de sensores ultrasónicos adquieran información de los obstáculos cercanos e inmediatamente informen al usuario mediante alertas de voz y movimiento. El módulo maestro se ubica en la parte frontal del usuario, al encenderse reproduce un mensaje de saludo con las instrucciones de uso y es el encargado de censar obstáculos en la parte superior y reproducir las alertas de voz. El módulo esclavo se ubica en la parte media del usuario para censar obstáculos medios e inferiores emitiendo alertas de movimiento usando un micro motor desfasado. También mediante el enlace inalámbrico y el uso de dos botones el módulo esclavo envía información detallada hacia el módulo maestro, así también sean posibles alertas de voz con información de obstáculos en la parte media e inferior del usuario y además incluye una guía de usuario en audio para dirigirlo hacia la sección de no videntes dentro de la Biblioteca General de la Universidad Técnica de Ambato.

Así con el uso de este dispositivo el usuario con deficiencia visual obtenga mayor información de su ruta de movilidad permitiéndole que su desplazamiento sea más factible y seguro.

Palabras clave: discapacidad visual, detección de obstáculos, BAN, alertas de voz.

ABSTRACT

At present there are in the world population million visually impaired people facing various problems in the different activities carried out in their daily lives. At the Technical University of Ambato there are few students with visual impairment, but problems within their orientation and mobility are due to lack of information within the environment in which they are, then for which this project has been developed in order to solve some of the existing problems within the library blind.

In this project we have developed two modules for use by the visually impaired person, a master and a slave, which together form a BAN network and through ultrasonic sensors acquire information from nearby obstacles and immediately inform the user via alerts voice and movement. The master module is located in the front, on power plays a greeting message with instructions and is in charge of census barriers at the top and play back voice alerts. The slave module is located in the middle part of the user to survey middle and lower barriers issuing alerts motion using an outdated micro motor. Also through the wireless link and using two buttons slave module sends detailed information to the master module, so be possible voice alerts with information about obstacles in the middle and lower portion of the user and includes a user's guide audio to direct toward the blind section within the General Library of the Technical University of Ambato.

So using this device the user with visual impairment get more information on your route allowing their displacement mobility more feasible and safe.

Keywords: visual impairment, obstacle detection, BAN, voice alerts.

ACRÓNIMOS

OMS = Organización Mundial de la Salud

UTA = Universidad Técnica de Ambato

UPS = Universidad Politécnica Salesiana

ESPE = Escuela Politécnica del Ejército

UMH = Universidad Miguel Hernández

GPS = Sistema de Posicionamiento Global

ONCE = Organización Nacional de Ciegos Españoles

PDA = Personal Digital Assistant - Asistente Digital Personal

PCB = Printed Circuit Board – Tarjeta de Circuito Impreso

VHDL = Very-High-speed integrated circuits Hardware Description Language -
Lenguaje de Descripción de Hardware de Circuitos Integrados de muy alta velocidad

LED = Light Emitting Diode – Diodo Emisor de Luz

IDE = Integrated Development Environment - Ambiente de Desarrollo Integrado

USB = Universal Serial Bus - Bus Universal en Serie

COM = COMmunications - COMunicaciones

LPT = Line Print Terminal - Terminal de impresión

RX = Recepción

TX = Transmisión

WBAN = Wireless Body Area Network - Red de Area Corporal Inalámbrica

BAN = Body Area Network - Red de Area Corporal

WPAN = Wireless Personal Area Network - Red Inalámbrica de Área Personal

WLAN = Wireless Local Area Network - Red Inalámbrica de Área Local

UWB = Ultra Wide Band - Banda ultra ancha

RF = Radio Frecuencia

DAC = Digital Analog Converter – Conversor de señal digital a análoga

PWM = Pulse Width Modulation - Modulación por Ancho de Pulsos

WAV = WAVEform audio format - Formato de Audio de Forma de Onda

ADPCM = Adaptive Differential Pulse Code Modulation - Modulación Código Pulso Diferencial Adaptable

SD = Secure Digital – Seguridad Digital

DC = Corriente Directa

Mb = Megabyte

MAC = Media Access Control - Control de Acceso al Medio

TTL = Transistor Transistor Logic - Lógica Transistor a Transistor

TDM = Time Division Multiplexing - Multiplexión por División de Tiempo

AT = Attention Command - Comando de Atención

GND = Ground - Tierra

VCC = Voltaje de Corriente Continua

CLK = Clock - Reloj

3D = Tridimensional, Tres Dimensiones

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Visión artificial. Métodos para adquirir, procesar, analizar y comprender las imágenes del mundo real con el fin de producir información numérica o simbólica para que puedan ser tratados por un computador.

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

Teleoperación. Hacer el trabajo a distancia.

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

Wiring. Es un marco de programación de código abierto para microcontroladores.

Processing. Es un cuaderno de bocetos de software flexible y un lenguaje para aprender a codificar en el contexto de las artes visuales.

Asequible. Baratos en comparación con otras.

Multiplataforma. Se ejecuta en los sistemas operativos Windows, Macintosh OSX y Linux.

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

Tecnologías de radio. Tecnologías de radiocomunicación que pueden ser utilizadas para redes inalámbricas.

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

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

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

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

Comunicación. Transmisión de señales mediante un código común al emisor y al receptor.

Comando. Es una instrucción u orden que el usuario proporciona a un sistema informático, desde la línea de comandos o desde una llamada de programación.

Decodificador. Convierte un código binario de entrada de N bits de entrada y M líneas de salida, tales que cada línea de salida será activada para una sola de las combinaciones posibles de entrada.

Terminal. En informática, un(a) terminal o consola (hardware) es un dispositivo electrónico o electromecánico que se utiliza para interactuar con un(a) computador(a).

PLA. Ácido poli-láctico es un polímero biodegradable derivado del ácido láctico.

AD4. La extensión de archivo ad4 se relaciona con un formato de audio propietario utilizado por los sistemas de 4D en sus soluciones.

SD. Es un formato de tarjeta de memoria para dispositivos portátiles

INTRODUCCIÓN

El avance de la tecnología permite crear nuevos dispositivos para facilitar y mejorar la vida de las personas, así como resolver los problemas que debemos afrontar en nuestra vida diaria. Las personas que tienen alguna deficiencia física también han sido beneficiadas con este avance porque ahora se puede encontrar muchos dispositivos orientados específicamente a resolver algunos de sus problemas como son de las personas que han quedado sin extremidades y ahora la tecnología ha permitido crear brazos y piernas robóticas casi perfectas a las del cuerpo humano, incluso se afirma que en el futuro el humano será mejorado con la tecnología que se va desarrollando a pasos gigantescos.

Igualmente las personas con deficiencia visual que tienen recursos pueden obtener una variedad de dispositivos para solucionar sus problemas. Como unos lentes que detectan objetos con la ayuda de una cámara y genera un sonido de alerta, el bastón ultrasónico que detecta obstáculos y genera un sonido, los teléfonos inteligentes que integran aplicaciones orientadas específicamente a la movilidad y orientación mediante la conexión a internet, incluso un súper avance son implantes de un chip en la retina que con una cámara externa y un computador envían imágenes infrarrojas mediante gafas transmitiendo la información al cerebro.

Sin embargo en el Ecuador existe poca investigación con respecto a los problemas de las personas con discapacidad, así como en la Universidad Técnica de Ambato se necesita de algún sistema o dispositivo para ayudar a los pocos estudiantes a solucionar algunos problemas dentro de la institución. Este proyecto se basa en el desarrollo e implementación de un dispositivo para el uso de estudiantes con deficiencia visual dentro de la biblioteca de no videntes basado en sensores ultrasónicos que detecten obstáculos en la ruta de movilidad e inmediatamente informen al usuario por medio de alertas de voz pregrabadas en una memoria y diferentes alertas de movimiento, además de una guía en audio para desplazarse dentro de la Biblioteca General hasta la sección de no videntes.

CAPITULO 1

EL PROBLEMA

1.1 Tema

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.

1.2 Planteamiento del problema

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), se estima que a nivel mundial 285 millones de personas tienen deficiencias visuales, de las cuales 39 millones tienen ceguera y 246 millones son débiles visuales. De estas, el 90 % viven en países en desarrollo donde la malnutrición, los inadecuados servicios de salud y educación, además de la mala calidad del agua y la falta de higiene, conducen a una alta incidencia de enfermedad en los ojos [1].

En Ecuador según el Consejo Nacional de Igualdad de Discapacidades en su último registro nacional de discapacidades realizado en septiembre de 2014, existen 46435 discapacitados visuales, de los cuales 1154 se encuentran en la provincia de Tungurahua y 806 están en la ciudad de Ambato [2].

Según la información adquirida en la Dirección de Bienestar Estudiantil y Asistencia Universitaria en la Universidad Técnica de Ambato existen a la fecha solamente dos estudiantes con deficiencia visual.

Una persona con discapacidad visual es toda aquella que posee una alteración, tanto en el funcionamiento como en la estructura de los ojos, es decir, persona totalmente ciega como con baja visión es considerada discapacitada visual.

Desde un aspecto descriptivo se entiende que la discapacidad visual es la carencia, disminución o defectos de la visión. Dentro de la discapacidad visual se pueden establecer categorías: Ceguera Total o amaurosis, es decir ausencia de respuesta

visual. Ceguera Legal, 1/10 de agudeza visual en el ojo de mayor visión, con correctivos y/o 20 grados de campo visual. Disminución o limitación visual (visión parcial), 3/10 de agudeza visual en el ojo de más visión, con corrección y/o 20 grados de campo visual total. La baja visión, visión parcial o visión subnormal puede definirse como agudeza central reducida o la pérdida del campo visual, que, incluso con la mejor corrección óptica proporcionada por lentes convencionales, se traduce en una deficiencia visual desde el punto de vista de las capacidades visuales.

Los problemas visuales influyen en la vida de las personas en los aspectos físicos, mentales, emocionales, sociales, académicos y profesionales. Estos problemas pueden dificultar en las personas a adquirir aprendizajes, realizar sus actividades de la vida diaria, comunicación, orientación y movilidad. Debido a estos problemas los discapacitados visuales compensan ese déficit utilizando la información que obtiene de sus otros sentidos como: el oído para orientarse, el tacto para identificar objetos, su olfato, etc.

Al no tener un dispositivo de visión artificial que les ayude en la orientación y movilidad, las personas no videntes no pueden desplazarse y caminar con seguridad, con firmeza y con un excelente conocimiento del lugar, ya que el denominado bastón blanco, el perro guía y otros medios comúnmente utilizados no pueden detectar objetos por encima de la cintura y más en una zona tan necesaria como es en la parte de la cabeza, lo que implica que al caminar puedan tropezar o tener algún accidente con algún objeto aéreo.

1.3 Delimitación

Delimitación de contenidos

- Área académica: Programación y Redes.
- Línea de investigación: Programación y Redes.
- Sublínea de investigación: Programación de Dispositivos de Comunicación.

Delimitación espacial

El presente proyecto se desarrolló en la biblioteca de no videntes perteneciente a la Biblioteca General de la Universidad Técnica de Ambato en el campus de Huachi.

Delimitación temporal

El proyecto se desarrolló en el transcurso de ocho meses después de su aprobación por parte del Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, desde abril hasta diciembre de 2015.

1.4 Justificación

Uno de los principales problemas con el que tiene que lidiar una persona invidente es la capacidad de orientación y movilidad, ambos conceptos están íntimamente interconectados, ya que no puede darse un desplazamiento independiente sin una previa orientación adecuada y viceversa.

Una gran cantidad de personas invidentes tradicionalmente usan bastón, llamado también bastón blanco, para desplazarse en interiores y exteriores. Otras utilizan un perro guía para apoyarse en su movilidad. Pero estas opciones también tienen sus limitaciones y desventajas: el bastón solo proporciona información del entorno en un rango de dos pasos en la parte baja del cuerpo, el perro guía requiere de gran entrenamiento y coordinación y tiene un alto costo [3].

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, existen diferentes tipos de sensores electrónicos capaces de detectar obstáculos a largas y cortas distancias. Con el uso de esta se puede crear un prototipo de visión artificial para personas invidentes, que reemplazaría el uso del bastón blanco o el perro guía, a base de alertas de voz y movimiento. Además se puede resolver el problema del bastón al obtener información del entorno en un mayor rango de distancia y también en la parte superior del cuerpo.

Diferentes tipos de hardware que existen en el mercado abre las puertas a un mayor número de posibilidades de crear un prototipo de visión artificial que no solo resuelva los principales problemas de las personas invidentes sino que proporcionen comodidad, seguridad, exactitud y fácil portabilidad para un mejor desenvolvimiento de las mismas en su orientación y movilidad.

1.5 Objetivos

Objetivo General

- Construir un dispositivo 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 en el campus Huachi.

Objetivos Específicos

- Establecer los obstáculos en la ruta de movilidad de las personas con discapacidad visual en la biblioteca de no videntes de la Universidad Técnica de Ambato.
- Investigar los tipos de sensores de proximidad existentes en el mercado con el avance de la tecnología.
- Implementar el prototipo de visión artificial basado en hardware libre y utilizando sensores para generar alertas de voz y movimiento frente a obstáculos para personas con discapacidad visual.

CAPITULO II

MARCO TEORÍCO

2.1 Antecedentes Investigativos

En Ecuador se han realizado investigaciones relacionadas con visión artificial orientadas a diferentes objetivos, pero orientadas específicamente a personas con discapacidad visual no se encuentra mucha información, a continuación se encuentran algunos ejemplos:

Edy Ayala y Fernando Vásquez, de la Universidad Politécnica Salesiana (UPS) en su proyecto de investigación desarrollaron un prototipo de un sistema de ultrasonido aplicado a un bastón blanco, el cual permite a personas no videntes detectar obstáculos por medio de un sistema de ultrasonido que comunica, a través de audífonos, acerca del objeto que el individuo tiene por delante [4].

Juan Cáceres, de la Universidad Técnica de Ambato ha realizado un proyecto de tesis de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones titulado “Sistema de visión artificial para inspección del nivel de llenado de bebidas embotelladas” que está orientado hacia la automatización de procesos de inspección y se lo ha desarrollado utilizando el programa LabVIEW [5].

Richard Andrade, de la Carrera de Ingeniería en Electrónica, Automatización y Control de la ESPE en su artículo científico llamado “Teleoperación de una plataforma móvil asistida mediante el uso de un sistema de visión artificial”, da a conocer la teleoperación de un robot móvil usando un sistema de visión artificial e integrando un casco de realidad virtual y una cámara de video colocada en el robot, para generar telepresencia e inmersión sensorial [6].

Josuet Leoro y Sergio Aguilar, de la Carrera de Ingeniería Mecatrónica de la ESPE con su proyecto de tesis, denominado “Diseño y Construcción de un Prototipo de Robot Cuatricar Asistente de Simple Tracción con Seguimiento de Esqueleto por medio del Dispositivo de Adquisición y Procesamiento de Imágenes Microsoft

Kinect”, plantea el diseño y construcción de un robot asistente para personas discapacitadas en silla de ruedas, el cual seguirá a la persona dentro de un supermercado para que esta se pueda desenvolver con normalidad durante esta actividad [7].

Neydi Ñiacasha, de La Escuela Politécnica Nacional en su proyecto de tesis de Ingeniería en Electrónica y Control titulado “Desarrollo de un dispositivo que mida la distancia a un objeto emulando el efecto de un bastón blanco para personas invidentes”, brinda la información que ofrece un bastón sin emplear el bastón mismo y transmite dicha información empleando vibraciones de diferentes frecuencias en la mano del usuario [8].

2.2 Fundamentación Teórica

2.2.1 Orientación y movilidad en las personas con discapacidad visual

Discapacidad visual

Con arreglo a la Clasificación Internacional de Enfermedades, la función visual se subdivide en cuatro niveles:

- Visión normal
- Discapacidad visual moderada
- Discapacidad visual grave
- Ceguera

La discapacidad visual moderada y la discapacidad visual grave se reagrupan comúnmente bajo el término «baja visión »; la baja visión y la ceguera representan conjuntamente el total de casos de discapacidad visual.

Orientación y movilidad

La orientación es el conocimiento específico de la posición física de una persona en relación a los objetos que se encuentren en el medio que la rodea. Aparecen dos consideraciones importantes a tener en cuenta en la orientación de personas con discapacidad visual, la primera es la necesidad de conocer el medio ambiente que rodea al no vidente, objetos existentes en un determinado lugar, el tamaño, la forma y ubicación de estos objetos. La segunda consideración identifica la relación de los objetos cuando la persona no vidente cambia de posición, en conclusión, la primera consideración busca el conocimiento del ambiente y la segunda la posición de las personas no videntes.

Se define a la movilidad como la destreza que poseen las personas no videntes para transportarse de una posición a otra dentro de su medio ambiente, o a su vez se considerar a la movilidad como la acción de moverse en un determinado espacio.

Las personas al carecer del sentido de la vista indispensablemente requieren desarrollar los cuatro sentidos restantes: oído, olfato, tacto y gusto, ya que por medio de estos sentidos las personas con discapacidad visual reciben información del mundo que los rodea. Al hablar de movilidad en una persona no vidente se debe considerar una serie de 8 factores siendo los más sobresalientes la aparición de dos sentidos adicionales, el kinestésico y la visualización.

La Visualización es la habilidad de la persona con discapacidad visual para formarse una idea abstracta de su alrededor mediante el uso de descripciones verbales, información táctil y técnicas kinésicas. En decir, visualización es la imagen mental que se forma la persona no vidente como consecuencia de su orientación [9].

2.2.2 Dispositivos electrónicos

Un bastón electrónico inteligente

Investigadores de la Universidad Miguel Hernández (UMH) de Elche han desarrollado un novedoso bastón electrónico para ayudar a la movilidad de los invidentes. El nuevo sistema emite un aviso que detecta objetos que supongan un peligro para la integridad de la persona, a través de un innovador sistema de vibración colocado en la muñeca.

Una de las claves del nuevo sistema es que puede ser ajustado para adaptarse a las características físicas de cada persona como la altura o la anchura de hombros—. La detección de los objetos se realiza mediante un conjunto de sensores que se adaptan a un bastón blanco tradicional y mejoran su funcionalidad_[10].

Gafas “inteligentes” para ciegos

Unas gafas inteligentes desarrolladas en la Universidad de Oxford aprovechan esa visión residual de los ciegos para permitirles orientarse y navegar a través de entornos desconocidos. Las gafas utilizan un sistema de cámaras y software para detectar los objetos cercanos y presentarlos de forma reconocible para el usuario.

Su creador, el doctor Stephen Hicks, cuenta ya con un prototipo y está en busca de financiación para su producción industrial. Si lo consigue, podrían estar en el mercado finales de este año al precio de un smartphone de gama intermedia [11].

Bastón XploR

Tres estudiantes de la Universidad de Birmingham han desarrollado el bastón XploR, el primero con reconocimiento facial: detecta los rostros en un rango de diez metros gracias a una cámara digital que vibra cuando identifica a una persona conocida. Después, un GPS guía al invidente hacia a esa persona a través de audio. “Mi abuelo es ciego y sé lo útil que este dispositivo podría ser para él”, ha explicado Steve Adigbo, uno de los estudiantes creadores de este bastón identificador [12].

Escuchar el paisaje: Lazzus

Google Glass incorpora un sistema, Lazzus, que facilita no solo a llegar al destino como otras aplicaciones que ya hacen, sino que además anuncia todos los detalles del camino en tiempo real: el nombre de las tiendas, la localización de los pasos de cebra o la información sobre el transporte.

Lazzus no estará disponible para Google Glass, pero sí para móviles con Android y iOS cuando la ONCE lo valide. Utiliza el GPS para conocer la ubicación del usuario y la brújula para saber cuál es su orientación, su "campo de visión". De esta forma, en un rango de 20 metros, es capaz de describir los puntos de interés al invidente a través de pitidos (por ejemplo, si aparece por la izquierda) o de voz (cuando la tiene enfocado en el centro de visión, indica el nombre). El usuario puede configurar qué puntos quiere que se le describan y de qué forma gracias al uso de las bases de datos de Foursquare, Google Places y Tom Tom Go [12].

Trekker Breeze handheld talking GPS

Este GPS no solo anuncia verbalmente los nombres de las calles, los cruces y los puntos de interés mientras el usuario camina, sino que además le permite planear y seguir rutas. El dispositivo está compuesto por un asistente digital personal externo (PDA), un receptor GPS y un altavoz, que están conectados vía bluetooth [13].



Fig. 2. 1 Trekker Breeze handheld talking GPS

Fuente: <http://www.youngmarketing.co/tecnologia-asistiva-para-ciegos/>

Step Hear Navigation

Este dispositivo permite a las personas sin visión encontrar fácilmente las entradas de los locales comerciales. El artefacto cuenta con un sistema de audio que facilita la orientación: cuando la persona invidente está caminando dentro del rango de señal del Step Hear, que debe instalar cada establecimiento, el activador que está en la mano de la persona comienza a vibrar y a sonar. Una vez presionado el botón del activador, el Step Hear empieza a guiar a la persona hacia la entrada de los establecimientos comerciales y le proporciona información adicional sobre los servicios que se ofrecen ahí. Es una herramienta perfecta para que las personas discapacitadas puedan ser más independientes en el momento de salir a la calle [13].



Fig. 2. 2 Step Hear Navigation

Fuente: <http://www.youngmarketing.co/tecnologia-asistiva-para-ciegos/>

Gafas milagrosas

El programa piloto que desarrolla la firma Pixium Vision consiste en insertar un pequeño chip de silicona con 150 electrodos en la retina. Posteriormente una cámara integrada en las gafas envía las imágenes captadas a un computador portátil, de esa manera el registro se convierte en una imagen infrarroja que las gafas irradian al ojo.

Las vibraciones que se producen hacen que los electrodos implantados se activen y el nervio óptico sea capaz de enviar las imágenes al cerebro. Un paciente entrevistado por Fortune manifestó “Cuando pusieron en marcha los electrodos, fue un verdadero espectáculo de fuegos artificiales”.

Lo que ocurre después de la cirugía es que los pacientes necesitan un programa de rehabilitación para enseñarle al cerebro a identificar las siluetas básicas que observan por medio de diferentes colores. El portal Fortune explica “es imposible saber de antemano cómo reaccionará alguien, ya que depende de la adaptabilidad del cerebro de cada quien, es como aprender a tocar piano o hablar japonés”.

Por el momento la resolución de las imágenes que son emitidas es demasiado baja, esto impide a los pacientes distinguir los rostros o leer, pero desde ya Pixium Vision está trabajando en lo que será la próxima generación de estas gafas las cuales tendrán diez veces más electrodos.

Se espera que el programa llegué a Europa a finales del 2015 con un costo de unos 100 mil euros más la cirugía [14].



Fig. 2. 3 Gafas milagrosas

Fuente: <http://www.elespectador.com/tecnologia/los-ciegos-podran-volver-ver-gafas-milagrosas-articulo-559395>

Ray® - el dispositivo para facilitar su movilidad

Ray es un pequeño dispositivo electrónico de ayuda a la movilidad muy sensible que emite señales auditivas y/o táctiles. Ha sido desarrollado como complemento al bastón.largo. El ultrasonido que emite (comparable a los rayos de luz que salen de una linterna) le permitirá a detectar obstáculos de manera más rápida y de hacerse mejor idea de su entorno:

Ray es pequeño, ligero (60g) y práctico y cabe en cualquier bolsillo. Funciona con 2 baterías de larga duración AAA. Reconoce obstáculos de hasta 2,85m de distancia. La existencia de obstáculos se dan a conocer vía una señal auditiva o con modo vibrador (el usuario puede elegir entre uno de los dos modos).

El modo especial llamado “escape” permite al usuario de encontrar brechas como una puerta, un paso o espacio libre entre una multitud de personas (el usuario elige entre la señal auditiva o el modo vibrador). Sirve también para detectar fuentes de luz (señal auditiva o táctil).

Ray permite por lo tanto percibir objetos que están fuera del alcance de los bastones [15].



Fig. 2. 4 Dispositivo Ray®

Fuente: <http://www.caretec.at/Movilidad.479.0.html?&cHash=a82f48fd87&detail=3131>

2.2.3 Sistemas para adquisición de datos

Sistemas hardware libre

Los sistemas de hardware libre permiten crear y compartir diseños de equipos electrónicos, y programas relacionados con ellos, como los "drivers", ofreciendo 4 libertades.

- Libertad de uso
- Libertad de compartir
- Libertad de modificación (fuentes)
- Libertad de distribución

Un diseño se considera hardware libre si ofrece las 4 libertades del software libre en el diseño del esquemático, el PCB y el fichero de fabricación.

Se clasifica en Hardware estático como Arduino y hardware reconfigurable como VHDL, chips.

Ventajas más importantes del hardware libre

- Los costes son menores ya que no hay un interés comercial (ventaja para el usuario).
- Acceso al código fuente de diseños y librerías que permite personalizar y mejorar la aplicación (ventaja para el desarrollador) [16].

Arduino

Arduino es una plataforma de prototipos de código abierto basado en hardware y software fácil de usar. Placas Arduino son capaces de leer los insumos - la luz en un sensor, un dedo en un botón, o un mensaje de Twitter - y lo convierten en una salida - la activación de un motor, encender un LED, publicar algo en línea. Usted puede decirle a su tablero qué hacer mediante el envío de un conjunto de instrucciones para el microcontrolador en el tablero. Para ello se utiliza el lenguaje de programación de Arduino (basado en Wiring), y el software de Arduino (IDE), basado en Processing.

A través de los años Arduino ha sido el cerebro de miles de proyectos, a partir de objetos cotidianos a los instrumentos científicos complejos. Una comunidad mundial de los fabricantes - estudiantes, aficionados, artistas, programadores y profesionales - ha reunido alrededor de esta plataforma de código abierto, sus contribuciones han añadido hasta una cantidad increíble de conocimiento accesible que puede ser de gran ayuda para los principiantes como para expertos. Arduino nació a Ivrea Interaction Design Institute como una herramienta fácil para prototipado rápido, dirigido a estudiantes sin experiencia en electrónica y programación. Tan pronto como llegó a una comunidad más amplia, la placa Arduino comenzó a cambiar para adaptarse a las nuevas necesidades y desafíos, diferenciar su oferta de tablas simples de 8 bits a los productos de la IO aplicaciones, la impresión 3D portátil y entornos integrados. Todas las placas Arduino son completamente de código abierto, permitiendo a los usuarios crear de forma independiente y, finalmente, adaptarlos a sus necesidades particulares. El software también es de código abierto, y está creciendo a través de las aportaciones de los usuarios en todo el mundo.

Porque Arduino

Gracias a su sencilla y accesible experiencia de usuario, Arduino se ha utilizado en miles de diferentes proyectos y aplicaciones. El software de Arduino es fácil de usar para los principiantes, pero lo suficientemente flexible para los usuarios avanzados. Se ejecuta en Mac, Windows y Linux. Los profesores y los estudiantes lo utilizan para construir los instrumentos científicos de bajo coste, para demostrar los principios de química y física, o para empezar con la programación y la robótica. Diseñadores y arquitectos construyen prototipos interactivos, músicos y artistas lo utilizan para instalaciones y experimentar con nuevos instrumentos

musicales. Los fabricantes, por supuesto, lo utilizan para construir muchos de los proyectos expuestos en la Maker Faire, por ejemplo. Arduino es una herramienta clave para aprender cosas nuevas. Cualquier persona - niños, aficionados, artistas, programadores - puede comenzar a jugar simplemente siguiendo paso a paso las instrucciones de un kit, o compartir ideas en línea con otros miembros de la comunidad de Arduino.

Hay muchos otros microcontroladores y plataformas de microcontroladores disponibles para computación física. Parallax Basic Stamp, de Netmedia BX-24, Phidgets, Handyboard del MIT, y muchos otros ofrecen una funcionalidad similar. Todas estas herramientas toman los detalles sucios de programación de microcontroladores y se envuelve en un paquete fácil de usar. Arduino también simplifica el proceso de trabajar con microcontroladores, pero ofrece algunas ventajas para los profesores, estudiantes y aficionados interesados sobre otros sistemas:

Asequible - placas Arduino son relativamente baratos en comparación con otras plataformas de microcontroladores. La versión menos costosa del módulo Arduino puede ser montado a mano, e incluso los módulos de Arduino premontados cuestan menos de \$50.

Multiplataforma - El software de Arduino (IDE) se ejecuta en los sistemas operativos Windows, Macintosh OSX y Linux. La mayoría de los sistemas de microcontrolador se limitan a Windows.

Simple medio ambiente, clara programación - El software de Arduino (IDE) es fácil de usar para los principiantes, pero lo suficientemente flexible para los usuarios avanzados para aprovechar también. Para los profesores, se basa convenientemente en el entorno de programación Processing, por lo que los estudiantes aprenden a programar en ese entorno estarán familiarizados con cómo funciona el Arduino IDE.

El código abierto y el software extensible - El software de Arduino está publicado como herramientas de código abierto, disponible para la extensión por programadores experimentados. El idioma se puede ampliar a través de bibliotecas C ++, y la gente con ganas de entender los detalles técnicos pueden dar el salto de Arduino para el lenguaje de programación AVR-C en el que se basa. Del mismo modo, puede agregar código AVR-C directamente en sus programas de Arduino si quieres.

El código abierto y el hardware extensible - Los planes de las placas Arduino se publican bajo una licencia de Creative Commons, por lo que los diseñadores de circuitos experimentados pueden hacer su propia versión del módulo, ampliándolo y mejorándolo. Incluso los usuarios con poca experiencia pueden construir la versión tablero del módulo con el fin de entender cómo funciona y ahorrar dinero [17].

Arduino y Genuino Productos

Explorar la gama de productos oficiales de Arduino y Genuino, incluyendo Juntas, módulos (un factor de forma más pequeño de los tableros clásicos), Shields (elementos que se pueden conectar en una tabla para darle características extra) y kits [18].

Tabla 2. 1 Productos Arduino

Tipo	Producto
Nivel de entrada	<ul style="list-style-type: none"> • Arduino / Genuino uno • Arduino Pro/Pro Mini • Arduino / Genuino micro • Arduino nano • Arduino / Genuino starter kit • Arduino kit básico • Arduino motor shield
Características mejoradas	<ul style="list-style-type: none"> • Arduino / Genuino mega • Arduino zero • Arduino due • Arduino proto shield
Internet	<ul style="list-style-type: none"> • Arduino yún • Arduino ethernet shield • Arduino gsm shield • Arduino wifi shield 101
Vestimenta	<ul style="list-style-type: none"> • Arduino gemma • Lilypad arduino usb • Lilypad arduino main board • Lilypad arduino simple • Lilypad arduino simple snap
Retirado	<ul style="list-style-type: none"> • Arduino mega adk • Arduino ethernet • Arduino robot • Arduino leonardo • Arduino esplora • Arduino mini • Arduino fio • Arduino wifi shield • Arduino usb host shield • Arduino wireless sd shield • Arduino wireless proto shield • Arduino lcd screen • Arduino isp • Tarjetas antiguas
Impresión 3D	<ul style="list-style-type: none"> • Materia 101

Fuente: Investigador

Software de Arduino

El código abierto del Software Arduino (IDE) hace que sea fácil de escribir código y subirlo a la tarjeta. Se ejecuta en Windows, Mac OS X y Linux. El entorno está escrito en Java y basadas en Processing y otro software de código abierto.

Este software se puede utilizar con cualquier placa Arduino [19].

Introducción a Arduino en Windows

- **Obtener una placa Arduino y el cable USB**

En este tutorial, se supone que está utilizando un Arduino Uno, Arduino Duemilanove, Nano, Arduino Mega 2560 o Diecimila.

También se necesita un cable USB estándar: el tipo que se conectaría a una impresora USB, por ejemplo.

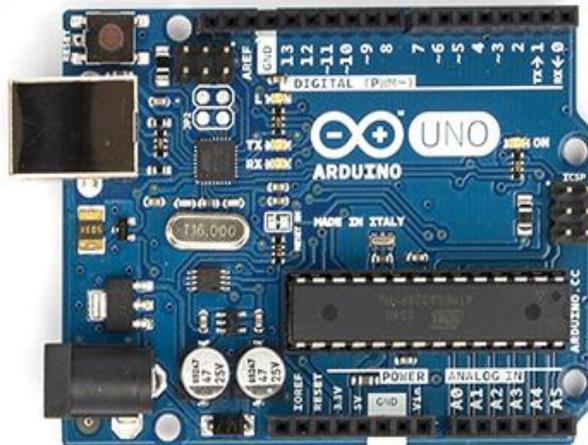


Fig. 2. 5 Arduino Uno

Fuente: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Windows>



Fig. 2. 6 Cable USB

Fuente: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Windows>

- **Descargar Software Arduino (IDE)**

Obtener la última versión desde la página de descarga. 1.6.5 ARDUINO

- **Conecte la tarjeta**

El Arduino Uno, Mega, Duemilanove y Arduino Nano obtiene de forma automática la alimentación de la conexión USB al ordenador o una fuente de alimentación externa.

Conecte la placa Arduino al ordenador mediante el cable USB. El LED de encendido verde (etiquetado PWR) debería encenderse.

- **Instale los controladores**

- Conecte su tablero y espere a Windows para comenzar su proceso de instalación del controlador. Después de unos momentos, el proceso va a fracasar, a pesar de sus mejores esfuerzos.
- Haga clic en el menú Inicio y abra el Panel de control.
- En Panel de control, vaya a Sistema y seguridad. A continuación, haga clic en Sistema. Una vez que la ventana del sistema se ha abierto, seleccione Administrador de dispositivos.
- Busque en Puertos (COM & LPT). Usted debe ver a un puerto abierto llamado "Arduino UNO (COMxx)". Si no hay una sección de LPT y COM, busque en "Otros dispositivos" para "Dispositivo desconocido".
- Haga clic derecho en el puerto " Arduino UNO (COMxx)" y elija la opción "Actualizar software de controlador".
- A continuación, seleccione la opción "Buscar software de controlador".
- Por último, busque y seleccione el archivo de controlador llamado "arduino.inf", ubicado en la carpeta "Drivers" de la descarga del software de Arduino (no el sub-directorio "Controladores USB FTDI").
- Windows termina la instalación del controlador allí.

- **Iniciar la aplicación Arduino**

Haga doble clic en la aplicación Arduino (arduino.exe) que ha descargado previamente. (Nota: si el software Arduino se carga en el idioma equivocado, puede cambiarlo en el diálogo de preferencias.)

- **Abra el ejemplo de parpadeo**

Abra el ejemplo de parpadeo del LED: Archivo> Ejemplos> 01.Basics> Blink

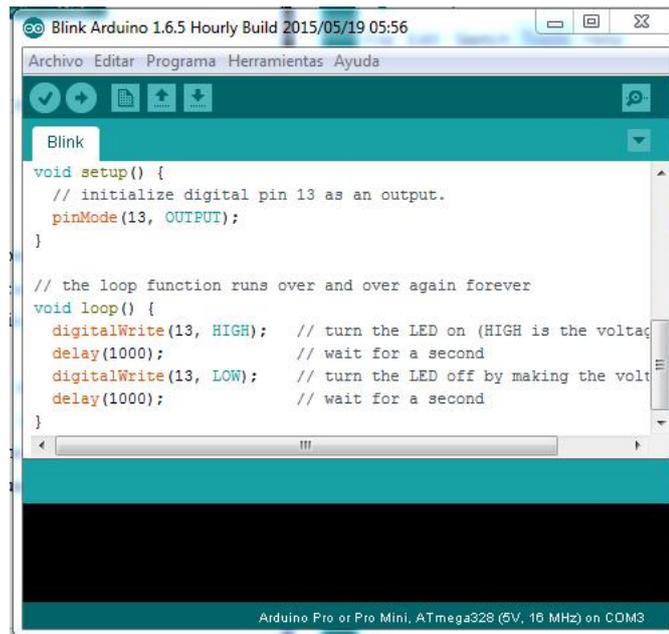


Fig. 2. 7 Ejemplo Blink Arduino
Fuente: Investigador

- **Seleccione su tarjeta**

Usted tendrá que seleccionar la entrada en la Herramientas> Placa, menú que corresponde a su Arduino.

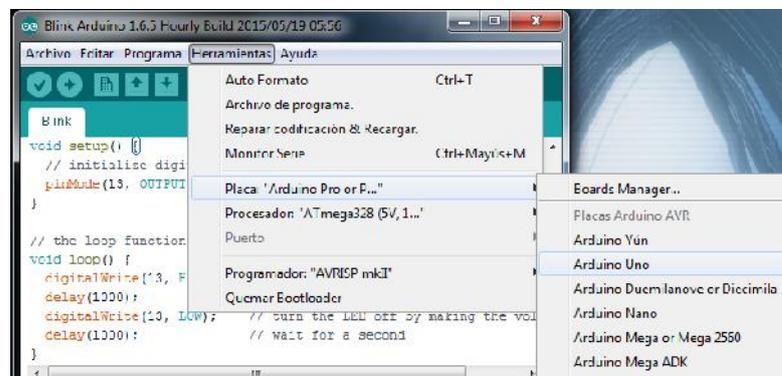


Fig. 2. 8 Menú tarjetas Arduino
Fuente: Investigador

- **Seleccione su puerto serie**

Seleccione el puerto serie de la placa Arduino desde el menú Herramientas > Puerto. Esto es probable que sea COM3 o superior (COM1 y COM2 son generalmente reservados para los puertos serie de hardware). Para averiguarlo, puede desconectar su placa Arduino y vuelva a abrir el menú; la entrada que desaparece debe ser la placa Arduino. Vuelva a conectar la tarjeta y seleccionar ese puerto serie.

- **Subir el programa**

Ahora, simplemente haga clic en el botón "Subir" en el medio ambiente. Espere unos segundos - debería ver los led RX y TX en parpadeo. Si la carga se realiza correctamente, el mensaje "Done subir." aparecerá en la barra de estado.

Unos segundos después de terminar la carga, el LED del pin 13 (L) en la tarjeta comenzará a parpadear (en naranja). Si es así, ¡felicitaciones! Ha configurado y ejecutado correctamente Arduino [20].

2.2.4 Red de área corporal (BAN)

WBAN o BAN (Wireless Body Area Network), red de área corporal, es una red de comunicación inalámbrica entre dispositivos de baja potencia utilizados en el cuerpo, consiste en un conjunto móvil y compacto de comunicación entre, por ejemplo micrófonos, auriculares, sensores, etc.

Actualmente, las comunicaciones inalámbricas han ganado gran relevancia y juegan un papel muy importante, tanto e en la vida laboral como en el estilo y calidad de vida de nuestra sociedad. Conceptos como la ubicuidad permiten que una persona se pueda conectar en cualquier lugar, de cualquier forma y con quien desee hacerlo. Dentro de la clasificación de redes inalámbricas, se han considerado las redes por su nivel de cobertura, por ello, tenemos redes de área extendida, área metropolitana, área local y área personal. En las redes de área personal se destaca el reciente interés por las redes de área corporal, las redes de comunicaciones que se encuentran dentro, cerca y alrededor de una persona. Allí podemos hallar algunas tecnologías ya existentes, adaptables perfectamente a estos requerimientos, como lo son Bluetooth, ZigBee, millimeter-wave y Ultra Wide Band [21].

También la red puede estar formada por dispositivos (sensores) de baja potencia implantados en el cuerpo, estos dispositivos controlan los parámetros vitales del cuerpo y movimientos. Estos dispositivos se comunican a través de las tecnologías inalámbricas, transmiten datos desde el cuerpo a una estación base, de donde los datos pueden ser remitidos a un hospital, clínica o a otro lugar, en tiempo real.

La tecnología WBAN está aún en su etapa inicial, esta servirá para una variedad de aplicaciones, incluyendo médicas, electrónica de consumo, entretenimiento y

otros. La tecnología, una vez aceptada y aprobada, se espera que sea un gran avance sobre todo en la asistencia médica.

Aplicaciones de WBAN

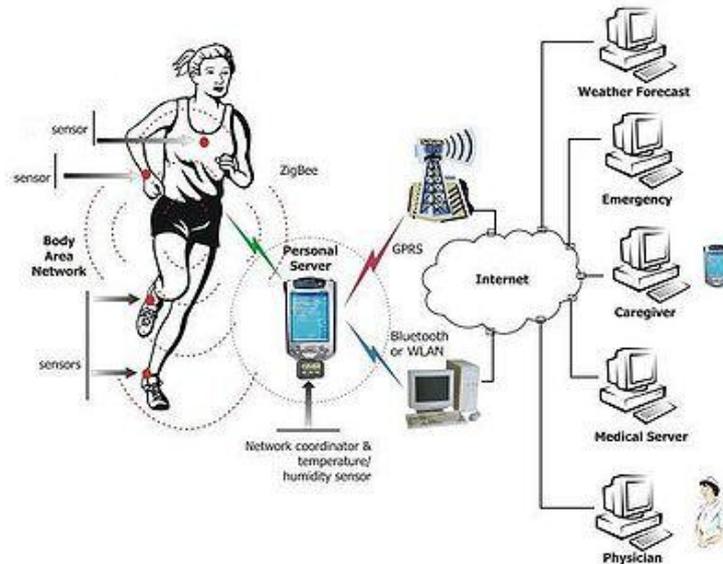


Fig. 2. 9 Body Area Network (red de área corporal)
Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Body_Area_Network

Las aplicaciones iniciales de WBAN se espera que aparezcan principalmente en el campo de la asistencia médica, sobre todo para la vigilancia continua de parámetros vitales de los pacientes que sufren de enfermedades crónicas como la diabetes, el asma y los ataques cardíacos.

Otras aplicaciones de esta tecnología WBAN incluyen deportes, electrónica, aplicaciones militares, o de seguridad. La extensión de la tecnología a nuevas áreas también podría ayudar a la comunicación sin fisuras, por los intercambios de información entre las personas, o entre personas y máquinas.

Precauciones para el uso de WBAN

Antes de empezar el uso masivo de las redes WBAN las siguientes cuestiones deben tomarse en cuenta:

Interoperabilidad. Los sistemas WBAN tendrán que garantizar sin fisuras la transferencia de datos a través de estándares como Bluetooth, Wi Fi para promover el intercambio de información, Además garantizar la eficacia de la migración a través de las redes y la conectividad ininterrumpida. Como por ejemplo la interconexión con otras WBAN, WPAN, WLAN, etc.

Sistema de Dispositivos. Los sensores utilizados en WBAN tendría que ser de baja complejidad, formas pequeñas, ligeras de peso, fácil de usar y

reconfigurables. Además, contar con dispositivos de almacenamiento remoto, necesidad de facilitar el almacenamiento y visualización de datos de pacientes, así como el acceso externo a la transformación y herramientas de análisis a través de Internet.

Nivel de dispositivos de seguridad. Un considerable esfuerzo deberá ser necesario para hacer la transmisión WBAN segura y precisa, los datos generados a partir de WBAN deben tener seguro y de acceso limitado, para la protección y seguridad de las personas [22].

Arquitectura del Sistema

El modelo de una red BAN consiste en un nodo coordinador, también llamado servidor personal y algunos nodos sensores, como se observa en la Figura 13. Generalmente un nodo sensor puede comunicarse directamente con el nodo coordinador, sin embargo, si no existe línea de vista entre algún nodo sensor y el nodo coordinador, se puede utilizar un nodo repetidor como un puente entre ellos. El nodo coordinador controla la formación de la red BAN y decide la asignación de los canales inalámbricos en la misma, además se encarga de enviar la información obtenida de los sensores hacia los lugares de interés, tales como clínicas, hospitales, etc [23].

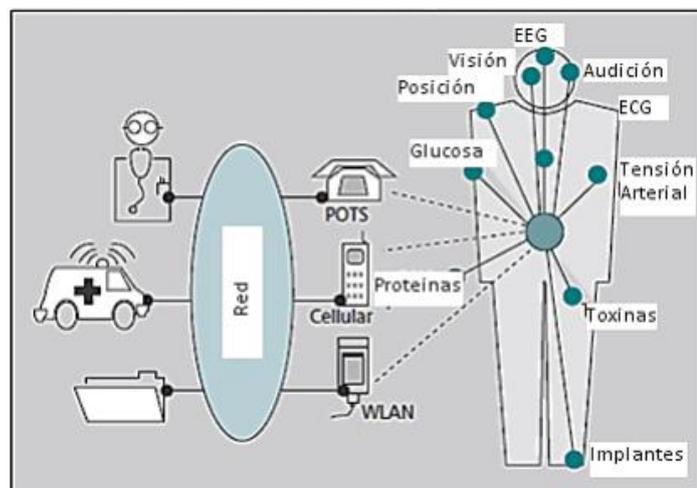


Fig. 2. 10 Arquitectura red BAN

Fuente:<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/2568/Tesis.pdf?sequence=1>

Tecnologías de radio

Existen varias tecnologías de radiocomunicación que pueden ser utilizadas para redes inalámbricas de sensores y redes de área corporal, estas incluyen Bluetooth,

Bluetooth de baja potencia, ZigBee y UWB, entre otras, como se muestra en la Figura [23].

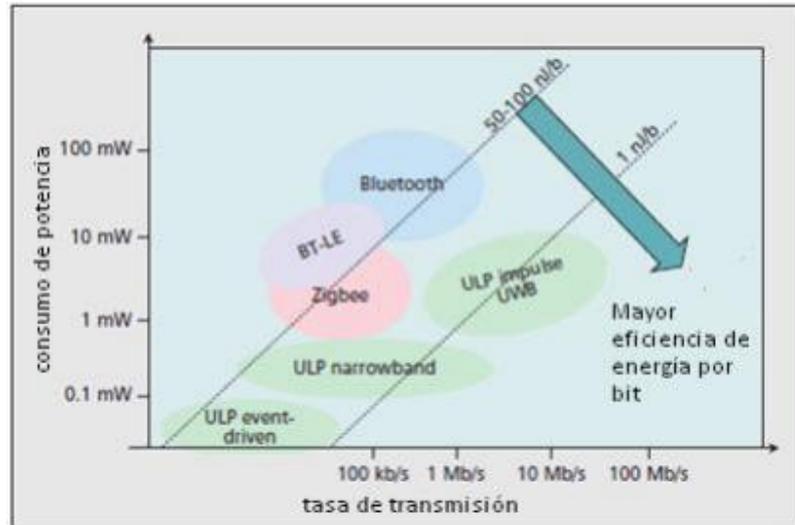


Fig. 2. 11 Tecnologías de radio

Fuente: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/2568/Tesis.pdf?sequence=1>

En la Tabla se comparan algunas de las tecnologías de RF usadas en redes BAN:

Tabla 2. 2 Características de tecnologías de RF

Tecnología	Banda de frecuencias	Tasa de transmisión (b/s)	Método de acceso múltiple	Área de cobertura (metros)	Topología de red
UWB	3.1~10.6 GHz	480 M	CSMA/TDMA	< 10	Estrella
Bluetooth de bajo consumo	2.4 GHz ISM	1 M	FH + TDMA	10	Estrella
ZigBee	ISM	250 K	CSMA	30 ~ 100	Estrella/malla

Fuente: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/2568/Tesis.pdf?sequence=1>

2.2.5 Sensores de proximidad

Detectan de objetos próximos, antes del contacto para agarrar o evitar un objeto.

Sensores Inductivos:

Modificación de un campo magnético por presencia de objetos metálicos. Consiste en una bobina situada junto a un imán permanente.

En condiciones estáticas no hay ningún movimiento en las líneas de flujo y no se induce ninguna corriente en la bobina.

Cuando un objeto metálico penetra en el campo del imán o lo abandona, el cambio resultante en las líneas de flujo induce un impulso de corriente, cuya amplitud es proporcional a la velocidad del cambio del flujo.

La forma de onda de la tensión a la salida de la bobina proporciona un medio para detectar la proximidad de un objeto.

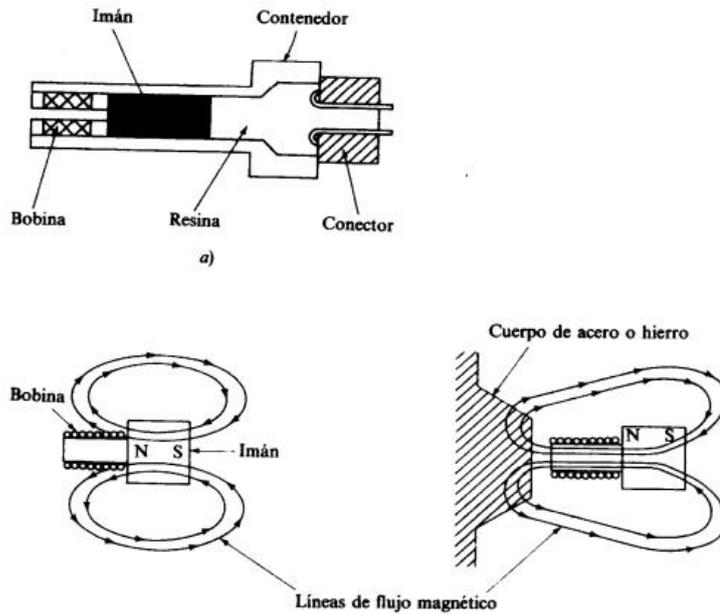


Fig. 2. 12 Estructura de un sensor inductivo.
Fuente: <http://www.isa.cie.uva.es/~maria/sensores.pdf>

Sensores de efecto Hall:

Modificación de un campo magnético por presencia de objetos metálicos. El efecto Hall relaciona la tensión entre dos puntos de un material conductor o semiconductor con un campo magnético a través de un material.

Detección por un sensor de efecto Hall en conjunción con un imán permanente.

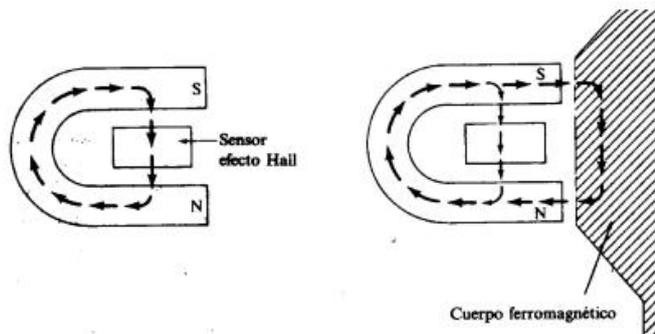


Fig. 2. 13 Estructura de un sensor de efecto hall
Fuente: <http://www.isa.cie.uva.es/~maria/sensores.pdf>

En ausencia de material el sensor de efecto Hall detecta un campo magnético intenso.

Cuando el material se aproxima al sensor el campo magnético se debilita en el sensor debido a la curvatura de las líneas de campo a través del material.

El efecto Hall se basa en el principio de la fuerza de Lorentz que actúa sobre una partícula cargada que se desplaza a través de un campo magnético:

$$F = q (v \times B) \quad [2.1]$$

F = Vector fuerza

q = Carga

V = Vector velocidad

B = Vector campo magnético

x = Símbolo del producto vectorial

El sensor se construye con un semiconductor, y la detección se realiza a través del potencial medido entre los extremos del material.

Sensores Capacitivos:

Modificación de la capacidad de un condensador por presencia de objetos sólidos

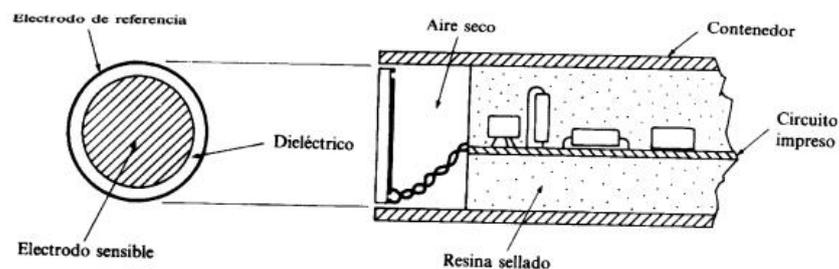


Fig. 2. 14 Estructura de un sensor capacitivo

Fuente: <http://www.isa.cie.uva.es/~maria/sensores.pdf>

El elemento sensor es un condensador constituido por un electrodo sensible y un electrodo de referencia separados por un dieléctrico, una cavidad de aire seco para aislar y un conjunto de circuitos electrónicos.

Utilizado como medidor de desplazamiento, se consigue haciendo que el desplazamiento a medir provoque un desplazamiento en algún componente del condensador => cambio en su capacidad.

El elemento capacitivo es parte de un circuito que es excitado de manera continua por una forma de onda sinusoidal de referencia. Un cambio en la capacidad, produce un desplazamiento de fase entre la señal de referencia y una señal obtenida a partir del elemento capacitivo.

El desplazamiento de fase es proporcional al cambio de capacidad, este cambio se utiliza para detección de proximidad.

- La capacidad varía con la distancia a la que está el objeto

- La capacidad depende del material objeto de detección

Sensores de Ultrasonidos:

Modificación de la distancia de objetos mediante la detección de ecos de ultrasonidos.

Las ondas ultrasónicas tienen la capacidad de que cuando viajan por un medio cualquiera son reflejadas si encuentran en su camino una discontinuidad o algún elemento extraño.

La reflexión de la onda es debida a la diferencia de impedancias acústicas entre el medio y el objeto. El tiempo de espera entre el envío de la onda ultrasónica hasta su recepción se denomina tiempo de eco, y es utilizado para determinar la distancia al objeto.

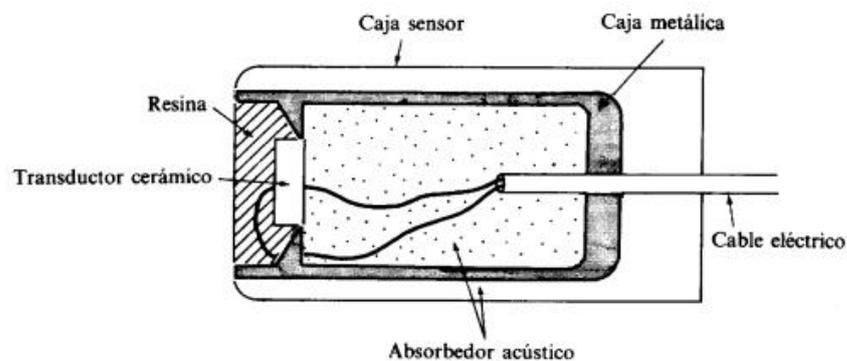


Fig. 2. 15 Estructura de un sensor ultrasónico

Fuente: <http://www.isa.cie.uva.es/~maria/sensores.pdf>

El elemento básico es un transductor electroacústico, de tipo cerámico piezoeléctrico. La capa de resina protege al transductor contra la humedad, polvo y otros factores ambientales.

Absorbedores acústicos, se utilizan para amortiguar rápidamente la energía acústica, para detectar objetos a pequeñas distancias, ya que el mismo transductor se utiliza como emisor y como receptor.

Tienen muchos problemas: ángulo de incidencia de la onda sobre el objeto, temperatura: induce cambios en la densidad del aire => cambio en la velocidad de propagación de la onda, aire, superficie del objeto, distancia mínima detectada, la forma de onda es cónica y solo detecta objetos dentro del cono del ultrasonido, falsos ecos, etc.



Fig. 2. 16 Sensor de ultrasonidos (Baumer Electric)
 Fuente: <http://www.isa.cie.uva.es/~maria/sensores.pdf>

Sensores ópticos de proximidad:

Emisor de luz por diodo LED + recepción por un fotodiodo.

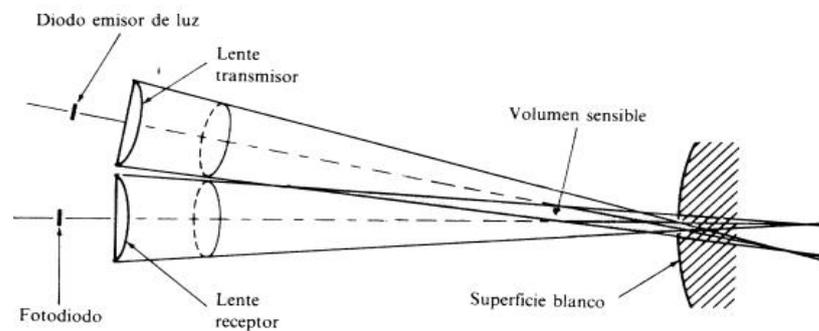


Fig. 2. 17 Funcionamiento sensor óptico de proximidad
 Fuente: <http://www.isa.cie.uva.es/~maria/sensores.pdf>

Los conos de luz formados enfocando la fuente y el detector en el mismo plano interceptan en un volumen largo.

Este volumen define el campo de operación del sensor, puesto que una superficie reflectora que intercepta ese volumen se ilumina por la fuente y es vista simultáneamente por el receptor.

Sensor con salida binaria: un objeto se detecta cuando se recibe una intensidad de luz superior a un umbral preestablecido.

Otra posibilidad más sencilla:



Fig. 2. 18 Diagrama sensor óptico de proximidad
 Fuente: <http://www.isa.cie.uva.es/~maria/sensores.pdf>

Problemas:

- Alineación precisa.
- Alta calidad del emisor: porque la energía se pierde con la distancia [24].

2.3 Propuesta de Solución

Mediante la implementación de un dispositivo para personas con discapacidad visual usando sensores de distancia que detecten obstáculos a corta y media distancia en la parte inferior y superior del cuerpo, recibiendo la información en un hardware y mediante la programación emitirá alertas de voz y movimiento. Con el uso de este dispositivo reemplazar el uso del bastón tradicional o del perro guía, generando más confiabilidad, facilidad de uso, seguridad y portabilidad a la persona con discapacidad visual.

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1 Modalidad de la investigación

Proyecto de investigación y desarrollo: Se utilizó diversas fuentes de información para obtener la mayor y mejor cantidad de información y de esta forma adquirir conocimientos necesarios para el desarrollo del proyecto.

Para el desarrollo del proyecto se emplearon los siguientes tipos de investigación:

Investigación bibliográfica-documental: Para conocer más acerca del tema, se utilizaron fuentes como libros, revistas, publicaciones científicas. De tal forma que se profundizó en el tema para adquirir conocimientos que ayudaron a la formulación de la propuesta.

Investigación de campo: Debido a que fue necesario realizar los estudios directamente en el lugar de aplicación del mismo.

Investigación Experimental: Se realizaron pruebas para el correcto funcionamiento del prototipo.

3.2 Población y muestra

El estudio del proyecto se realizó con los estudiantes no videntes de la Universidad Técnica de Ambato.

3.3 Recolección de la información

La información del proyecto se recolectó del departamento de no videntes de la Universidad Técnica de Ambato, trabajos de investigación, papers, patentes, páginas de internet, libros de tecnología, revistas científicas y otros artículos que contengan información actualizada.

3.4 Procesamiento y análisis de datos

- Organización de la información de acuerdo al tema y la fecha de la misma.
- Estudio de la información y obtención de conocimientos.
- Planteamiento de una alternativa de solución.
- Análisis de los resultados para verificar mejoras.

3.5 Desarrollo del proyecto

Guía para el desarrollo del proyecto:

- Análisis de la ruta de movilidad de las personas con discapacidad visual en la biblioteca de no videntes de la Universidad Técnica de Ambato.
- Establecimiento de los obstáculos en la ruta de movilidad
- Análisis de los beneficios de un prototipo de visión artificial con respecto a las personas con discapacidad visual.
- Comparación de los tipos de sensores aptos para detectar distancia.
- Selección de hardware y software a utilizarse para el desarrollo del proyecto.
- Programación del funcionamiento con la ayuda de un software dependiendo de las necesidades del prototipo.
- Diseño del circuito impreso del prototipo utilizando un software.
- Implementación del prototipo de visión artificial.
- Realización de las pruebas de funcionamiento del prototipo de visión artificial completo.
- Análisis de los resultados y beneficios obtenidos para las personas con discapacidad visual.

CAPITULO IV

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

El presente proyecto se basa en el diseño e implementación de un prototipo de visión artificial por alertas de voz y movimiento, el cual consta de dos terminales enlazadas inalámbricamente ubicadas específicamente en el usuario, cada terminal obtiene datos de obstáculos cercanos dentro de la ruta de movilidad del usuario mediante sensores de proximidad y en base a la programación y las necesidades del usuario se emiten las alertas de voz y movimiento para prevenir al usuario. Este proyecto está diseñado para ayudar a los estudiantes con discapacidad visual de la Universidad Técnica de Ambato a tener una mayor facilidad de movilidad y orientación dentro de la Biblioteca de no videntes ubicada dentro de la Biblioteca General del Campus Huachi.

4.1 Análisis de requerimientos de la ruta de movilidad

Mediante sensores el dispositivo debe detectar la distancia de los diferentes tipos de obstáculos que se encuentren en la ruta de movilidad y generar alertas de voz y movimiento entendible para el usuario. Por lo cual para la identificación de los requerimientos se realizó los pasos detallados a continuación:

4.1.1 Diseño de la ruta de movilidad

La ruta de movilidad de las personas con discapacidad visual dentro de la Biblioteca General empieza desde la entrada hasta llegar a la sección de no videntes. En esta sección ya pueden encontrar materiales dirigidos especialmente para ayudarlos en su aprendizaje y obtención de información.

A continuación se presenta el plano de la Biblioteca General señalando las diferentes secciones e identificando específicamente la ruta de movilidad para las personas con discapacidad visual.

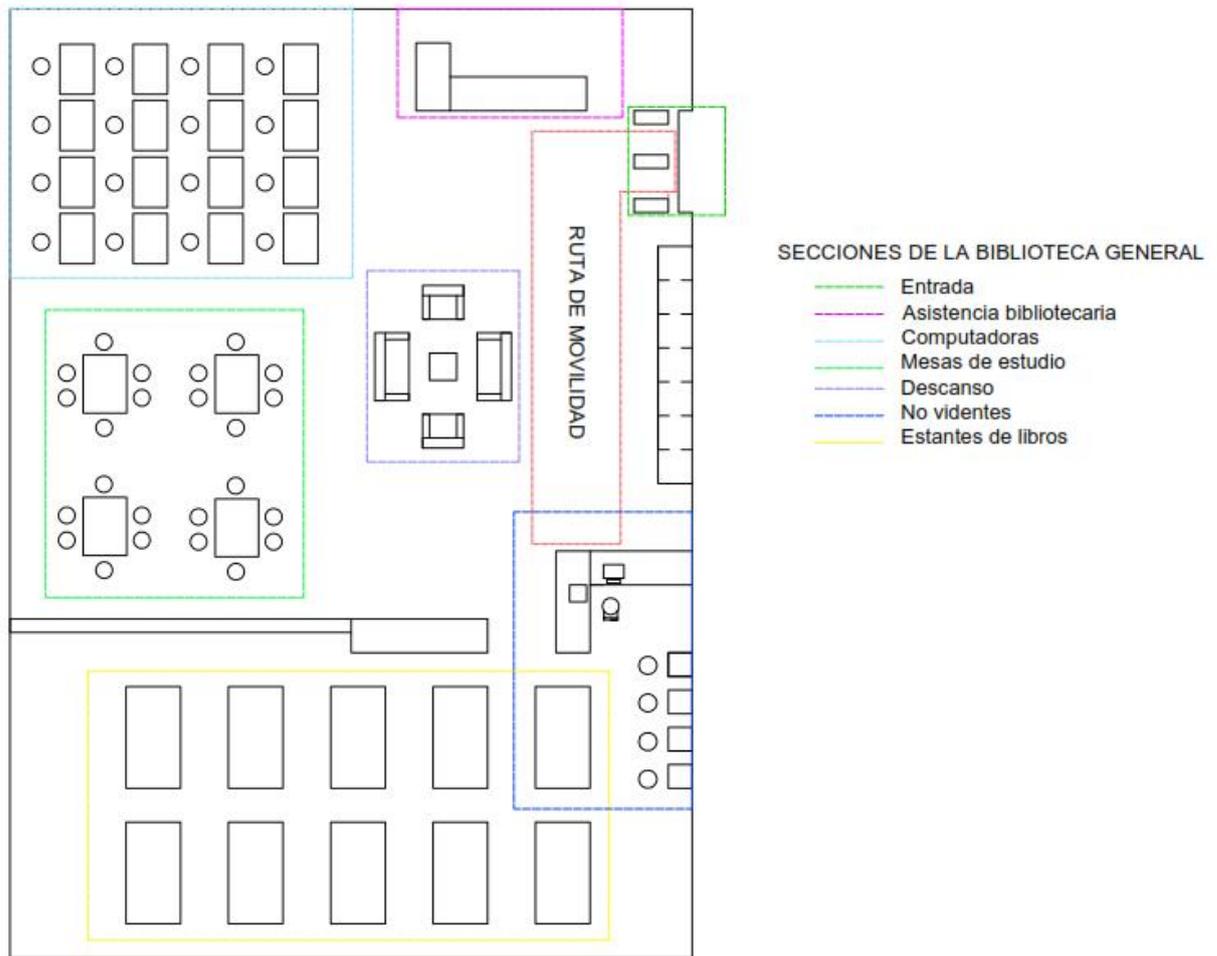


Fig. 4. 1 Diseño de la ruta de movilidad
Fuente: Investigador

4.1.2 Estudio de la ruta de movilidad

La Biblioteca de no videntes de la Universidad Técnica de Ambato se encuentra ubicada en una sección de la Biblioteca General del Campus Huachi, por lo cual no consta de diferentes características que la identifiquen como única para no videntes y tampoco existen diferentes herramientas que ayuden a prevenir accidentes en el uso de la misma. Entonces la movilidad de las personas con discapacidad visual dentro de la biblioteca se basa únicamente en la obtención de información mediante sus sentidos más desarrollados como son el sentido auditivo y el táctil, los cuales ayudan a la persona a desplazarse con poca dificultad.

4.1.3 Obstáculos en la ruta de movilidad

A continuación se presentan imágenes de los obstáculos existentes en la ruta de movilidad, los cuales pueden presentar un peligro al movilizarse:

- En la entrada existen sensores que controlan el ingreso y salida de las personas a la biblioteca, estos sensores pueden ser un problema para la parte frontal del discapacitado visual debido a su altura.



Fig. 4. 2 Sensores de ingreso y salida
Fuente: Investigador

- Luego existe un juego de muebles que el discapacitado visual debe atravesar por la Biblioteca General para llegar a la sección de no videntes.



Fig. 4. 3 Muebles
Fuente: Investigador

- También existen casilleros que se encuentran junto a la pared.



Fig. 4. 4 Casilleros
Fuente: Investigador

- En la sección de no videntes existen dos impresoras, una mesa, un computador, sillas y libros.



Fig. 4. 5 Sección de no videntes
Fuente: Investigador

- Los discapacitados visuales pueden acceder a estas computadoras implementadas específicamente para ellos y q les brindan ayuda en su aprendizaje.



Fig. 4. 6 Computadoras para discapacitados visuales
Fuente: Investigador

- Los estantes de los libros son obstáculos grandes que interfieren en su movilidad.



Fig. 4. 7 Estantes de libros
Fuente: Investigador

4.1.4 Identificación de los requerimientos

Los principales requerimientos para la implementación de este proyecto se han identificado en base al estudio anteriormente realizado de los obstáculos en la ruta de movilidad del estudiante con discapacidad visual y una entrevista realizada a un estudiante con discapacidad visual total de donde se obtiene la siguiente información:

- El estudiante informa tener accidentes con obstáculos altos debido a que el bastón no los puede detectar.
- Le resultaría muy útil usar un dispositivo que detecte obstáculos altos y además entregue información en alertas de voz.
- Le interesa experimentar con un dispositivo que reemplace el bastón para detectar obstáculos.
- Necesita de un guía para dirigirse a la sección de no videntes dentro de la Biblioteca General.

Gracias a toda la información obtenida se han identificado los siguientes requerimientos:

- Viabilidad de uso del prototipo
- Comodidad de portabilidad del prototipo
- Corto y mediano alcance de detección de obstáculos
- Confiabilidad de uso para el usuario
- Comprensibilidad de las alertas
- Accesible costo del prototipo
- Manual de usuario

4.2 Comparación y selección de hardware y software

A continuación se muestran los pasos desarrollados para la selección de hardware y software que más se ajusten a las necesidades del proyecto.

4.2.1 Hardware

Existen diversos tipos de hardware que se han ido desarrollando con el avance de la tecnología, pero para este proyecto se ha seleccionado específicamente hardware libre debido a sus libertades que ofrece. Para el desarrollo del presente proyecto se requiere diseñar un prototipo portable, por lo cual se requiere que sea

de menor tamaño posible. A continuación se muestran las principales plataformas de hardware libre:

Tabla 4. 1 Plataformas Hardware libre

Características	OSWarrior DK	SKYPIC	Arduino	Netduino
Microcontrolador	S08AC60 de Freescale Semiconductor	16f87x y 18fxxx	Atmegaxx8	AT91SAM7X512 ATMEL
Voltaje de operación	5V	Entre 5 y 6 voltios	(3.3 a 5)V	Entre 7.5 y 12 voltios
Corriente salida	40 mA	40 mA	(40 a 130) mA	8 mA
Posee E/S Digitales	Si	Si	Si	Si
Posee Entradas Analógicas	Si	Si	Si	Si
Memoria Flash	64 KB	8 KB	(2, 32, 512) KB	128 KB
SRAM	2 KB	0.368 KB	(2, 2.5, 8 ,96) KB	60 KB
Velocidad de reloj	40 MHz	20 MHz	(16 y 84) MHz	48 MHz
Tipo de USB	USBDM	No posee	Mini USB y Estándar	USB Estándar

Fuente: Investigador

Analizando las necesidades del proyecto y las características de las plataformas de hardware libre, se ha destacado Arduino.

4.2.1.1 Selección de tarjeta de control

Dentro de la plataforma de Arduino encontramos variedad de tarjetas de diferentes características, tamaños y precios. Se han analizado y comparado principalmente las tarjetas de menor tamaño para ajustar a los requerimientos y obtener mayor utilidad dentro de la portabilidad del usuario.

Tabla 4. 2 Tarjetas Arduino

Tarjeta	Arduino Uno	Arduino Pro Mini	Arduino Micro	Arduino Nano
Microcontrolador	ATmega328	ATmega328	ATmega32u4	Atmega168 o 328
Tensión de funcionamiento	5 V	3.3 V o 5 V	5 V	5 V
E/S digitales	14	14	20	14
Entradas analógicas	6	6	12	8
Corriente de salida	40 mA	40 mA	40 mA	40 mA
Memoria flash	32 KB	32 KB	32 KB	16 o 32 KB
SRAM	2 KB	2 KB	2,5 KB	1 o 2 KB
EEPROM	1 KB	1 KB	1 KB	512 bytes o 1 KB
Velocidad de reloj	16 MHz	8 MHz o 16 MHz	16 MHz	16 MHz
Largo/ancho	68,6/53,4 mm	33/17,8 mm	48/18 mm	45/18 mm

Peso	25 g	2 g	13 g	5 g
Precio \$	25,00	10,00	20,00	14,00

Fuente: Investigador

Dado a las características que posee el Arduino Pro Mini es considerado como el más óptimo, además del precio que es el más económico, también posee características idénticas a las otras tarjetas pero con un menor tamaño y peso.

4.2.1.2 Selección de sensores de proximidad

Para la implementación del presente proyecto se necesita sensores con gran exactitud, además que tengan un rango de alcance corto y mediano para adaptarlos a las necesidades del usuario. A continuación se realizó una comparación de los sensores más eficaces para el prototipo.

Tabla 4. 3 Tipos de sensores de proximidad

Tipo	Inductivo	Capacitivo	Réflex	Ultrasónico	Óptico
Características	Posee bobina electromagnética	Producen campos electrostáticos	Envía un haz de luz	Emiten pulsos de ultrasónicos	Utiliza la luz y la estructura que componen los objetos
Ventajas	Detecta objetos metálicos	Detecta objetos metálicos y no metálicos	Detección de colores y objetos diminutos	Amplio rango de detección	Puede ser utilizado en redes con varios sensores a la vez
Desventajas	Interferencia por campos electromagnéticos intensos	Alcance de detección corto	Alto tiempo de respuesta	En ciertas superficies posee un mínimo rango	Se ve afectado por medios ambientales
Aplicación	- Detección de piezas metálicas - Control de válvulas	- Detección de nivel - Presencia de fluidos	- Detección de materiales no deseados	- Detección de objetos en movimiento	- La industria

Fuente: Investigador

Los sensores ultrasónicos tienen un amplio rango de detección y pueden detectar objetos en movimiento, por lo que se adaptan a las necesidades y requerimientos del proyecto. Además de las características antes mencionadas para la selección del sensor específico también se requiere que sea compatible con la tarjeta de control seleccionada y a continuación se muestra la comparación de los diferentes tipos de sensores ultrasónicos:

Tabla 4. 4 Tipos de sensores Ultrasónicos

Sensor	LV- MaxSonar- EZ1	DEVANTE CH SRF02	HC-SR04	HY-SRF05	SRF08
Tensión, Corriente	5 V, 2mA	5 V, 4mA	5 V, 15mA	5 V, 30mA	5 V, 15mA
Dimensión	22*20*16 mm	24*20*17 mm	45*20*15 mm	45*20*15 mm	43*20*17 mm
Rango	0.10 a 6 m	0.15 a 6 m	0.03 a 4 m	0.02 a 4.5 m	0.03 a 6 m
Resolución	25.4 mm	3 mm	3 mm	3 mm	3 mm
Frecuencia	42Hz	40Hz	40Hz	40Hz	40Hz
Angulo de cobertura	<15°	<15°	<15°	<15°	<15°
Peso	4,3 g	4,6 g			
Precio \$	37,00	43,00	7,00	9,50	20,00

Fuente: Investigador

Los sensores ultrasónicos HY-SRF05 y HC-SR04 son los más eficientes porque poseen un rango de detección desde 0.02 m a 4.5 m, excelente resolución, mismo ángulo de detección <15° y un bajo costo con respecto al precio de los otros sensores.

4.2.1.3 Selección de módulos de comunicación

Como se ha mencionado anteriormente en el capítulo II, se requiere hacer una red BAN para la comunicación entre dispositivos y así detectar diferentes tipos de obstáculos. A continuación se muestra la comparación entre dispositivos que permitan la comunicación entre tarjetas Arduino.

Tabla 4. 5 Módulos Bluetooth

Modulo	Bluetooth HC-05	Bluetooth HC-06
Modo de trabajo	Maestro/esclavo	Esclavo
Versión	V2.0	V2.0
Voltaje de alimentación	3.3 – 6 VDC	3.3 – 6VDC
Voltaje de operación	3.3 VDC	3.3VDC
Baud rate ajustable	1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200	1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200
Tamaño	4.4 cm x 1.6 cm x 0.7 cm	4.4 cm x 1.6 cm x 0.7 cm
Corriente de operación	< 40 mA	< 40 mA
Corriente modo sleep	< 1mA	< 1mA
Distancia de alcance	10 m	10 m
Peso	8 g	8 g
Precio \$	15,00	16,00

Fuente: Investigador

Basado en las características similares anteriormente analizadas, se ha seleccionado utilizar 2 módulos bluetooth HC-05 porque se puede configurar como maestro o esclavo y además su precio es menor.

4.2.1.4 Selección de módulo de audio

El decodificador de audio que se ajusta a las necesidades del presente proyecto y además es compatible con la plataforma Arduino es el Módulo Decodificador de Audio WTV020-SD, porque utiliza una tarjeta micro sd máxima de 1 Gb en la cual se puede grabar mensajes de alertas las cuales se reproducen fácilmente con la ayuda de la tarjeta de control. En el siguiente cuadro se presentan sus características:

Tabla 4. 6 Características módulo decodificador de audio WTV020-SD

Módulo	Decodificador de Audio WTV020-SD
Características	<ul style="list-style-type: none">- Soporte para tarjetas SD de 1 GB máximo- Flash SPI máximo de 64Mb.- Reproduce archivos formato ADCPM de 4 bits.- Tasa de muestreo de 6KHz a 36 KHz para el formato de voz AD4.- Tasa de muestreo de 6KHz a 16 KHz para el formato de voz WAV.- 16 pines de salida de audio DAC/PWM.- Soporta: modo de teclas, modo mp3 y modo de dos líneas son opcionales.- Copiar archivos de voz en la tarjeta SD por PC.- Voltaje de operación: DC 2.7 – 3.5 V.- Corriente en reposo 16uA

Fuente: Investigador

4.2.1.5 Selección de elementos adicionales

Además del hardware seleccionado anteriormente, también se utilizaron otros elementos y herramientas esenciales para el desarrollo del prototipo. Estos se listan en los siguientes cuadros:

Tabla 4. 7 Elementos adicionales

Elemento	Características
Tarjeta micro SD	512 Mb
Pulsadores	De placa
Regulador de voltaje	7805
Mini interruptor	On/Off
Auriculares	Medianos
Transistores	NPN
Resistencias	Varios valores
Espadines	Macho y hembra
Baquelita	Normal
Diluyente	Cloruro férrico
Papel couche	75 gramos
Estaño	2m

Fuente: Investigador

4.2.2 Software

Para el desarrollo de este proyecto se necesita un software para la programación del prototipo dependiendo de las necesidades del usuario y otro software para el diseño del circuito impreso del prototipo.

El software utilizado para la programación se basa en el hardware seleccionado anteriormente, ya que posee un lenguaje propio basado en el lenguaje de programación de alto nivel Processing. Por lo cual se ha seleccionado Arduino IDE, el Entorno de Desarrollo Integrado propio del hardware libre Arduino.

Por otra parte, para el diseño de la tarjeta del circuito impreso se utilizó el software Eagle, por la factibilidad de crear nuevos componentes los cuales son usados en este prototipo y no están presentes en este como en ningún otro software debido a que son componentes nuevos o con muy poca información.

4.2.2.1 Entorno de Desarrollo Integrado - IDE

Este software se lo puede descargar de la página web de Arduino. Se dispone de versiones para Windows y para MAC, así como las fuentes para compilarlas en LINUX. Para utilizar una placa USB es necesario instalar los drivers FTDI. Estos drivers vienen incluidos en el paquete de Arduino mencionado anteriormente.

A continuación se presentan los pasos para empezar a trabajar con Arduino:

1. Conseguir una placa Arduino y el cable USB
2. Descargar el entorno de desarrollo Arduino
3. Instalar los drivers USB
4. Conectar la tarjeta Arduino
5. Conectar un LED
6. Ejecutar el ambiente de desarrollo Arduino
7. Cargar el programa en la tarjeta
8. Mirar como pestañea el LED
9. Aprender a usar Arduino

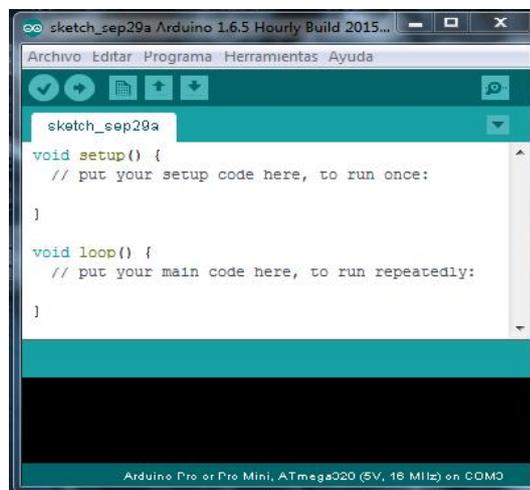


Fig. 4. 8 Entorno de desarrollo integrado

Fuente: Investigador

4.2.2.2 Software Eagle 7.3.0

Eagle es un software para diseño de circuitos eléctricos y electrónicos. Cuenta con una versión gratuita con algunas limitaciones y una versión comercial completa. Se ha seleccionado este software en la versión gratuita porque cumple con los requisitos del diseñador y gracias a las ventajas que nos ofrece.

Las ventajas más importantes que se pueden destacar son:

- Compatibilidad con Windows
- Buena calidad de diseño
- Enorme cantidad de librerías
- Muy utilizado en el mundo
- Sencillo editor de componentes y librerías
- Actualizaciones frecuentes

Limitaciones de la versión gratuita:

- Área de trabajo limitada a 100x800 mm
- Solo dos capas (TOP y BOTTOM)
- Su uso está orientado a aplicaciones sin fines de lucro o propósitos de evaluación
- La simulación se logra por medio de otro software

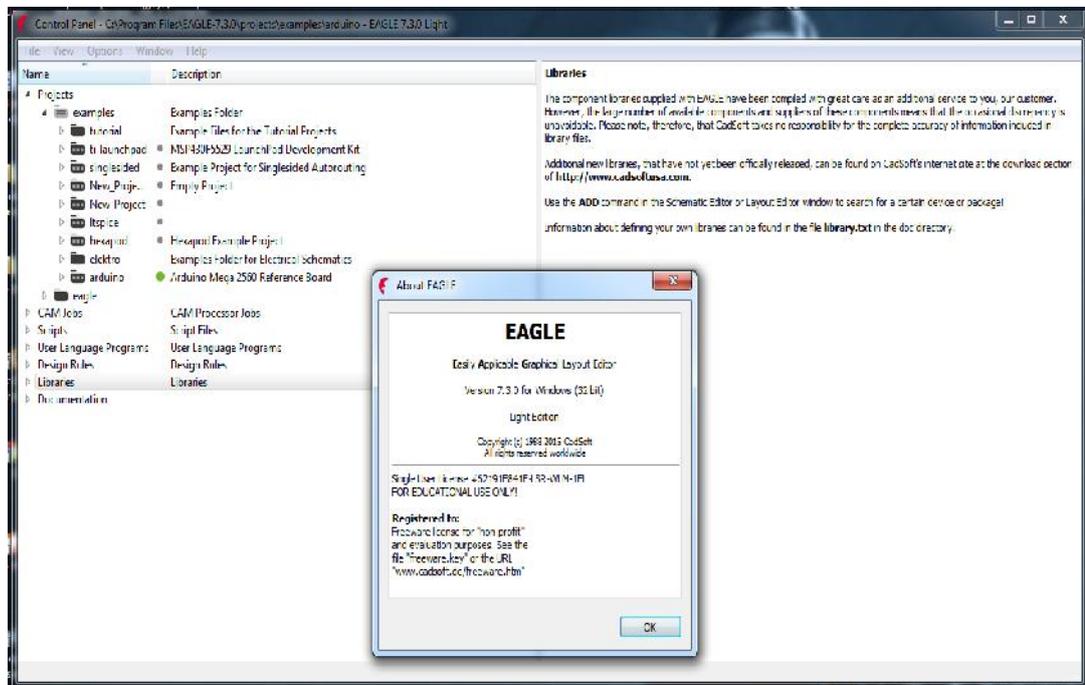


Fig. 4. 9 Eagle 7.3
Fuente: Investigador

4.3 Configuración de módulos

Antes de realizar las conexiones y las pruebas de funcionamiento de los elementos del prototipo se procedió a la configuración de los módulos Arduino para que se adapten a las necesidades del proyecto.

4.3.1 Configuración de la tarjeta Arduino Pro Mini

Una vez obtenida la tarjeta se procede a conectarla al computador, esta tarjeta no tiene conector USB, por lo cual se utiliza un Arduino uno como interfaz de programación ya que su microcontrolador es extraíble. También se puede utilizar un módulo USB a TTL para programar nuestra tarjeta Arduino.

Para programar el Arduino pro mini mediante el Arduino uno se presenta los siguientes pasos:

- Extraer el microcontrolador ATmega328 del Arduino uno
- Conectar directamente los pines TX0, RX0, VCC, GND del Arduino pro mini al Arduino uno
- Conectar el pin TDM del Arduino pro mini al pin RESET del Arduino uno
- Conectar el Arduino uno a la PC mediante USB
- Iniciar el IDE de Arduino
- En herramientas elegir la placa Arduino Pro Mini
- Cargar el programa

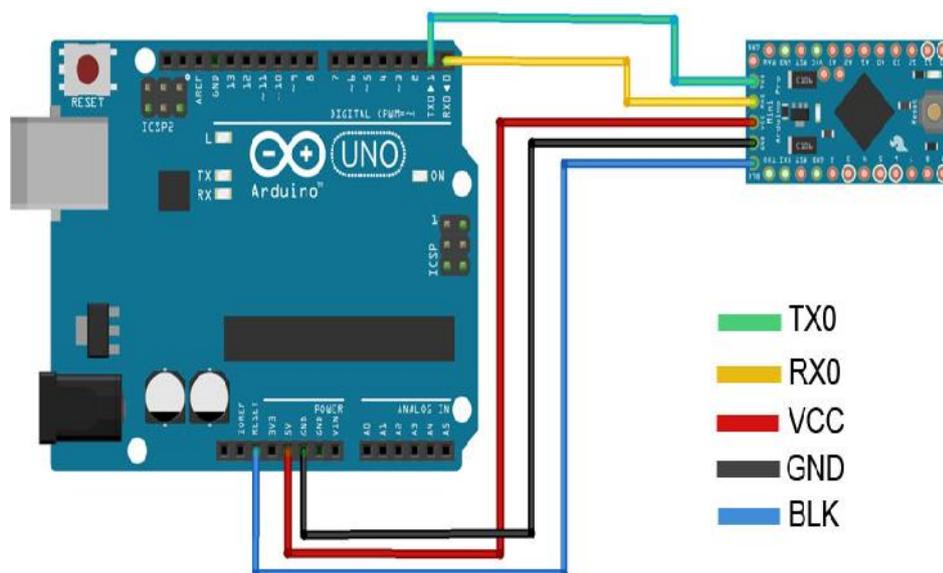


Fig. 4. 10 Conexión Arduino Pro Mini – Arduino Uno

Fuente: <http://www.prometec.net/pro-mini/>

Pruebas del funcionamiento Arduino Pro Mini

Conectado a la PC el Arduino Pro Mini mediante el Arduino Uno se puede comprobar su funcionamiento cargando un pequeño programa de los ejemplos que trae IDE llamado Blink que lo único que hace es parpadear un led conectado directamente a pin 13. A continuación los pasos para realizar lo detallado:

- Iniciar IDE de Arduino
- En herramientas elegir la placa Arduino Pro Mini
- Abrir Archivo – Ejemplos – Basics – Blink
- Subir el programa a la tarjeta
- Listo, led del pin 13 parpadea cada segundo

4.3.2 Configuración del módulo bluetooth HC-05

El módulo de bluetooth HC-05 es el que ofrece una mejor relación de precio y características, ya que es un módulo Maestro-Eslavo. Esto nos permite conectar dos módulos de bluetooth y formar una conexión punto a punto para transmitir datos entre dos microcontroladores o dispositivos.

El HC-05 tiene un modo de comandos AT que debe activarse mediante un estado alto en el PIN34 mientras se enciende o se resetea el módulo. En las versiones para protoboard este pin viene marcado como “Key”. Una vez que estamos en el modo de comandos AT, podemos configurar el módulo bluetooth y cambiar parámetros como el nombre del dispositivo, contraseña, modo maestro/esclavo, etc.

Conexión

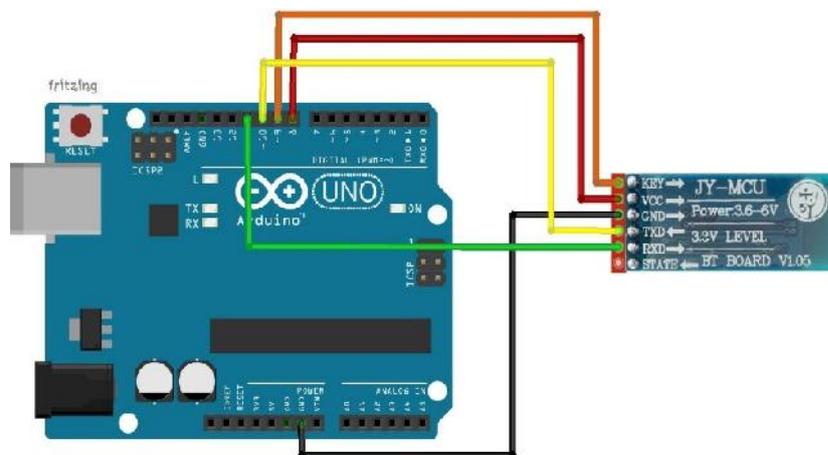


Fig. 4. 11 Conexión módulo bluetooth HC-05

Fuente: <http://www.prometec.net/bt-hc05/>

En primer lugar, para que el HC-05 entre en modo comandos AT, requiere que cuando se enciende el módulo, el pin KEY este HIGH. Por eso hemos conectado la tensión Vcc del módulo Bluetooth al pin 8 de nuestro Arduino.

El consumo del módulo es mínimo y nuestro Arduino es capaz de alimentarlo sin problemas, por eso el módulo se encenderá cuando pongamos HIGH en el pin 9. Esto nos permitirá poner en HIGH el pin digital 8, al iniciar nuestro programa y después levantar el pin 8, de este modo cuando arranque entrara sin más en el modo de comandos AT.

Comunicación

Para comunicarnos con el módulo y configurarlo, es necesario tener acceso al módulo mediante una interfaz serial, a continuación se muestran los pasos a seguir:

1. Desconectar el pin GND o Vcc de alimentación del módulo bluetooth.
2. Apretar el botón y dejar pulsado.
3. Conectar el pin de alimentación del paso 1 sin soltar el botón del paso 2.
4. Cuando vemos un parpadeo lento, unos 3 segundos. Soltamos el botón. Los parpadeos son mucho más lentos.
5. Ya estamos en modo master.

Programa de control

Así pues, no tenemos nada nuevo en el programa excepto que alimentaremos el módulo desde el pin digital 8, para forzarle a entrar en el modo comandos AT. Nuestro programa quedaría poco más o menos así:



```
Mode_AT-HC-05 Arduino 1.6.5 Hourly Build 2015/05/19 05:56
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
Modo_AT-HC-05
#include <SoftwareSerial.h>

SoftwareSerial BT1(10, 11); // RX | TX

void setup()
{
  pinMode(8, OUTPUT); // Al poner en HIGH forzaremos el modo AT
  pinMode(9, OUTPUT); // cuando se alimente de aqui
  digitalWrite(9, HIGH);
  delay(500); // Espera antes de encender el modulo
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Levantando el modulo HC-05");
  digitalWrite(8, HIGH); //Enciende el modulo
  Serial.println("Esperando comandos AT");
  BT1.begin(57600);
}

void loop()
{
  if (BT1.available())
    Serial.write(BT1.read());
  if (Serial.available())
    BT1.write(Serial.read());
}
```

Fig. 4. 12 Programa de control - Modo AT
Fuente: Investigador

Con este procedimiento garantizamos que el módulo HC-05 entra solo en modo AT comandos, y que nuestra consola nos va a servir para programarlo.

Programando con comandos AT

Desde el mismo editor de Skech abrimos el Monitor Serial

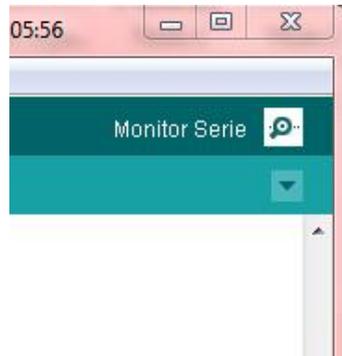


Fig. 4. 13 Monitor serie
Fuente: Investigador

En la nueva ventana seleccionar “Ambos NL & CR” y “9600 Baudio” como se muestra en la siguiente imagen:

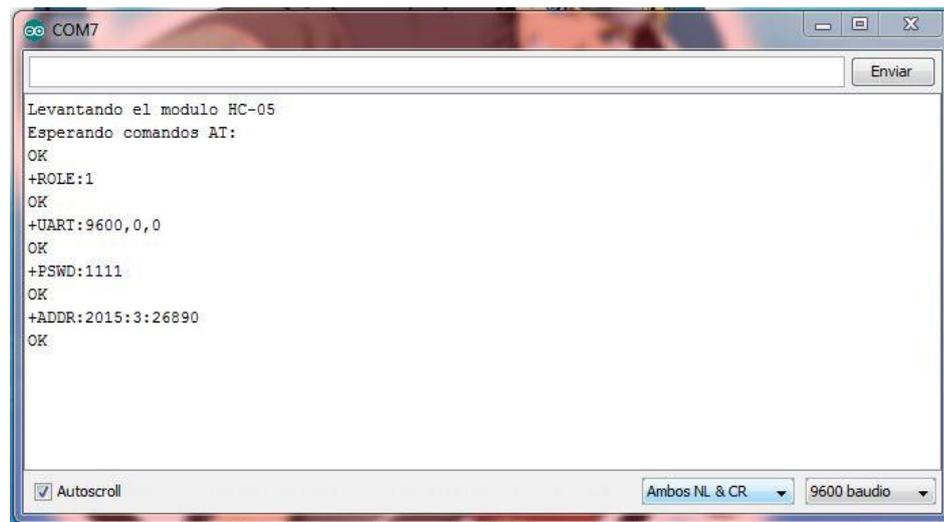


Fig. 4. 14 Programando Modo AT
Fuente: Investigador

Para verificar enviamos un “AT” y se debe recibir un “OK”

Utilizarlos siguientes comandos para configurar los principales parámetros del módulo bluetooth:

- | | |
|-----------|---|
| AT | Comando de prueba, debe responder con OK |
| AT+ROLE=1 | Comando para colocar el módulo en modo Maestro (Master) |
| AT+ROLE=0 | Comando para colocar el módulo en modo Esclavo (Slave) |

AT+VERSION? Obtener la versión del firmware
AT+UART=(velocidad),0,0 Configurar la velocidad de transmisión en baudios
AT+PIO=10,1 Colocar el pin de IO de propósito general a nivel alto
AT+NAME=Master Comando para cambiar el nombre del módulo a “Master”
AT+PSWD=1234 Cambiar clave a “1234”

4.3.3 Decodificador de audio - Alertas de voz

Para crear las alertas de voz y guardarlas en una tarjeta micro sd de máximo 1Gb, debemos seguir los siguientes pasos.

1. Descargar e instalar un programa que nos permita crear archivos de audio, en este proyecto utilizamos TextAloud.
2. Crear los mensajes de alertas en un formato mp3. Los archivos deben tener el nombre 0000, 0001, 0002 y así sucesivamente para ser llamados en la programación de la tarjeta Arduino.

- ¡Hola! Bienvenido a la Biblioteca general de la Universidad Técnica de Ambato.

Instrucciones de uso:

1. El dispositivo que está utilizando le entrega alertas de voz de obstáculos superiores y alertas de vibración de obstáculos medios e inferiores.
 2. Si desea cambiar las alertas de vibración de obstáculos medios e inferiores por alertas de voz por favor presione el botón número 1.
 3. Si desea ser dirigido a la sección de no videntes, por favor ubíquese en la puerta, presione el botón número 2 y siga las instrucciones.
- Ubicado en la puerta con dirección hacia adentro, por favor de dos pasos al frente y espere la siguiente instrucción.
 - Gire 90 grados hacia la izquierda y de 10 pasos hasta obtener una alerta de obstáculo al frente y espere la siguiente instrucción.
 - Usted se encuentra en la sección de no videntes, ahora puede ser asesorado por el encargado de la sección.
 - Cuidado! Obstáculo frontal muy cercano
 - Cuidado! Obstáculo frontal a 50 centímetros
 - Cuidado! Obstáculo frontal a 80 centímetros
 - Cuidado! Obstáculo inferior muy cercano

- Cuidado! obstáculo inferior a 30 centímetros
- Cuidado! obstáculo inferior a 50 centímetros

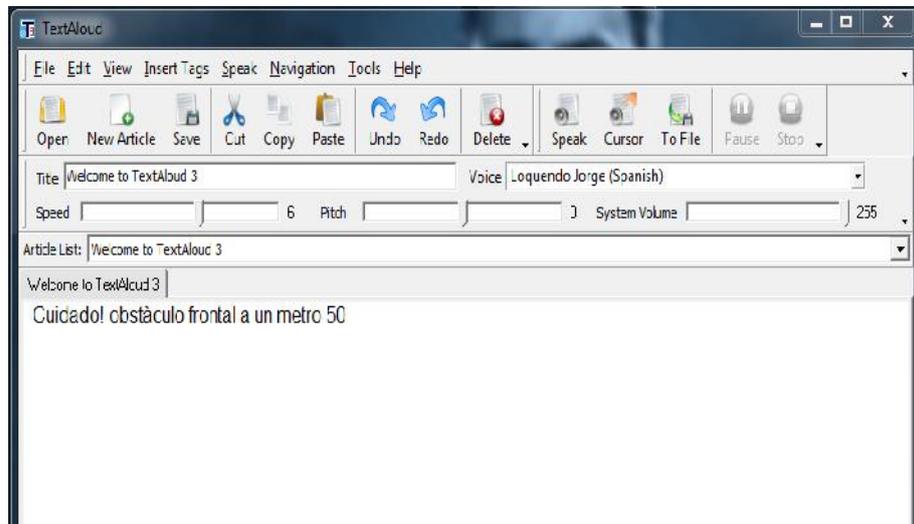


Fig. 4. 15 Programa TextAloud
Fuente: Investigador

3. Convertir los archivos .mp3 a .ad4, ya que este tipo de archivos son compatibles con este módulo para que funcione correctamente. Para esto se utilizó el programa UsbRecorder Version 1.3, elegir una frecuencia de muestreo de 32000 y dar a convertir a formato AD4.

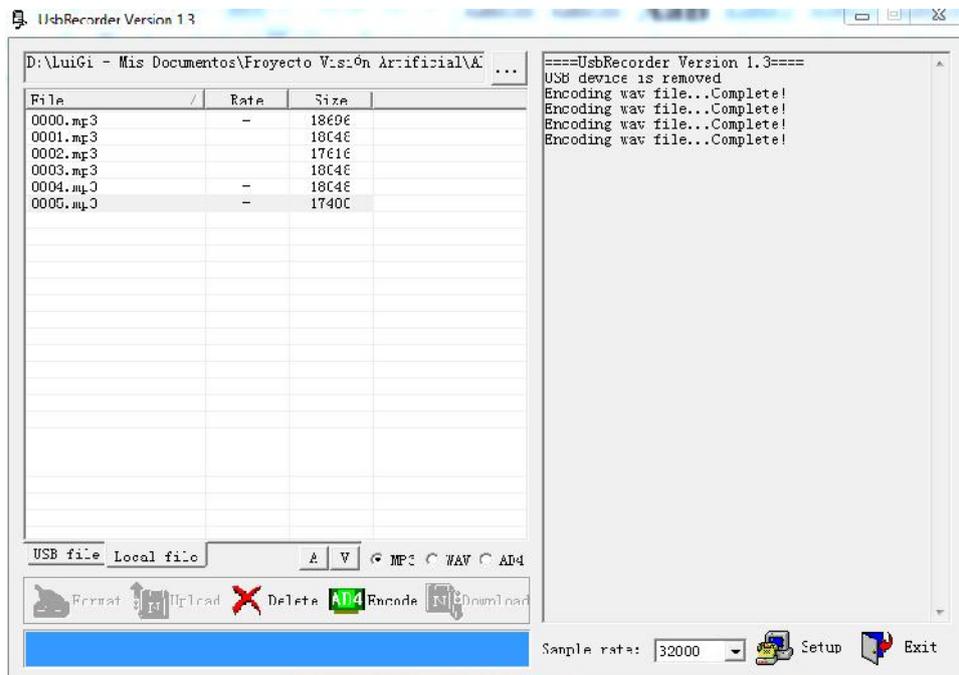


Fig. 4. 16 Programa UsbRecorder Version 1.3
Fuente: Investigador

4. Guardar los archivos en formato AD4 en la tarjeta micro sd.

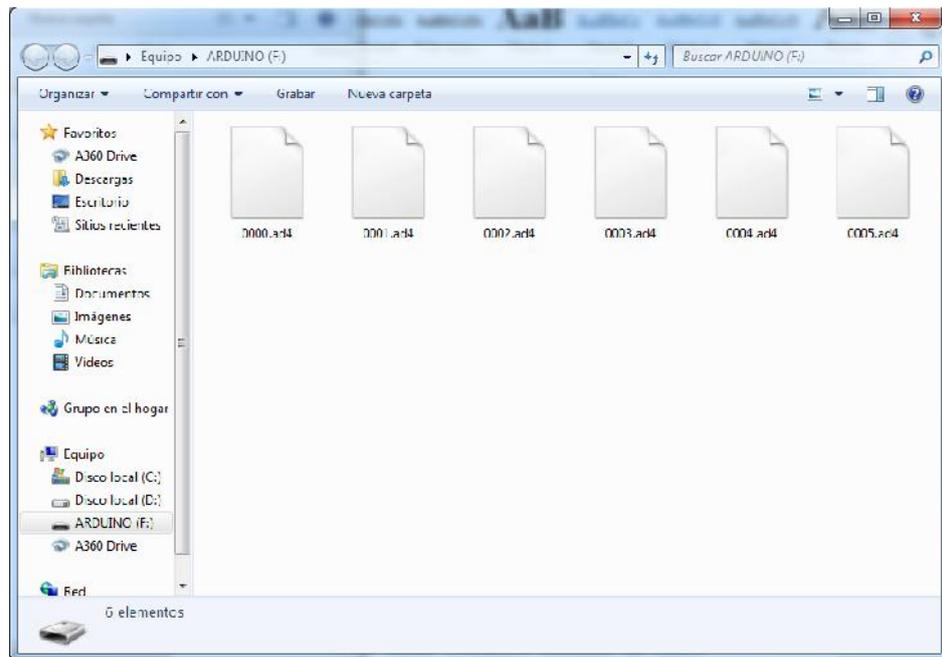


Fig. 4. 17 Tarjeta micro sd de 128Mb con los archivos AD4
Fuente: Investigador

5. Insertar la tarjeta micro sd en el módulo Decodificador de audio y ya está listo para emitir las alertas de voz.

4.4 Diseño del prototipo

4.4.1 Diagramas de bloques

Para el diseño del presente proyecto se desarrollaron dos módulos que se presentan a continuación:

Módulo maestro

El módulo maestro al encenderse reproduce un mensaje de saludo e instrucciones de uso, se encarga de censar obstáculos mediante un sensor ultrasónico en la parte superior del usuario, posteriormente la información se obtiene en la tarjeta de control que dependiendo de su programación genera alertas de voz pregrabadas. Además recibe información enviada desde el módulo esclavo mediante un enlace inalámbrico y en base a su programación también genera alertas de voz o una guía para el usuario, así el usuario adquiere mayor información de su entorno lo cual facilitara su movilidad.

A continuación se presenta su diagrama de bloques:

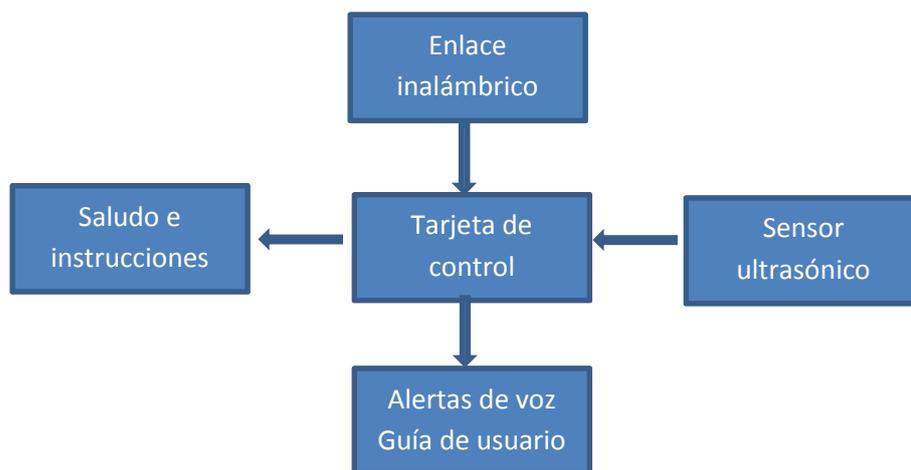


Fig. 4. 18 Diagrama de bloques – Módulo maestro
Fuente: Investigador

Módulo esclavo

El módulo esclavo se encarga de censar obstáculos mediante un sensor ultrasónico en la parte media e inferior del usuario, luego se obtiene la información en la tarjeta de control que dependiendo de su programación genera alertas de movimiento. También al presionar el botón 2 mediante el enlace inalámbrico reproduce en el módulo maestro una guía de usuario o al presionar el botón 1 mediante el enlace inalámbrico cambia las alertas de movimiento por alertas de voz reproducidas por el módulo maestro.

A continuación se presenta su diagrama de bloques:

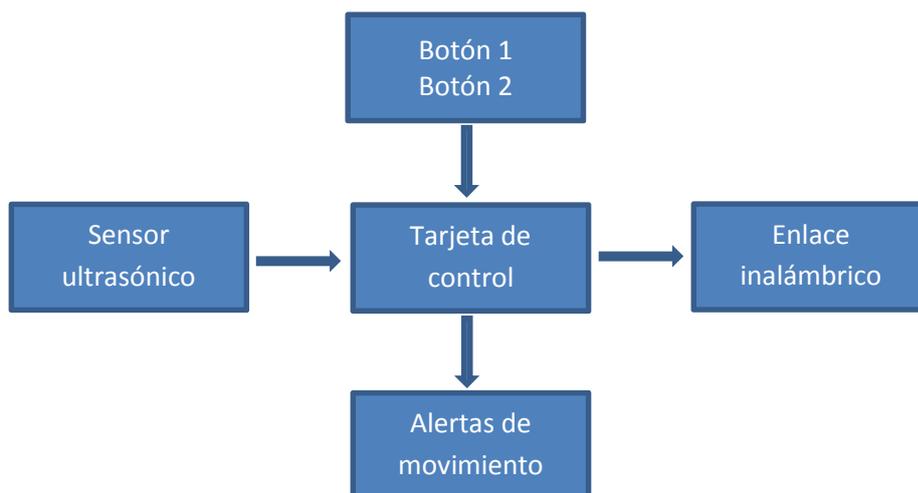


Fig. 4. 19 Diagrama de bloques – Módulo esclavo
Fuente: Investigador

4.4.2 Diseño del circuito esquemático

Utilizando el software Eagle 7.3.0, se realizó el diseño esquemático de los módulos maestro y esclavo. Eagle es fácil de utilizar y consta de muchas herramientas para realizar las conexiones de los elementos necesarios para el diseño de los circuitos como los cables normales y los buses que son muy útiles para una conexión más ordenada.

Las librerías de Eagle más actualizadas no constan con algunos elementos de hardware Arduino, pero fue posible crear nuevos elementos como la tarjeta Arduino Pro Mini, el módulo Bluetooth HC-05 y el Decodificador de Audio que se utilizaron en este proyecto. También fue necesario crear los PCB de estos elementos para el diseño del circuito impreso que se muestra más adelante.

A continuación se presentan los diagramas esquemáticos del módulo maestros y del módulo esclavo.

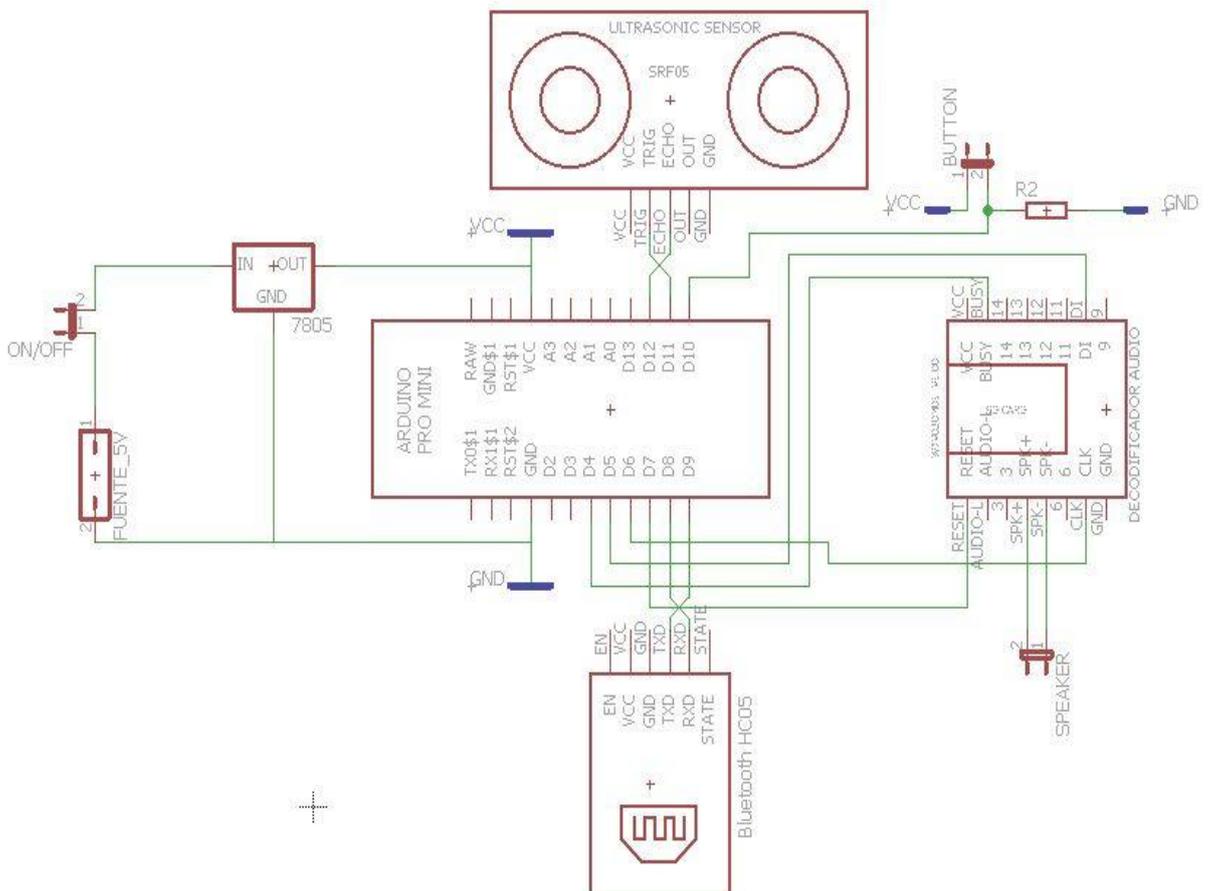


Fig. 4. 20 Diagrama esquemático – Módulo maestro
Fuente: Investigador

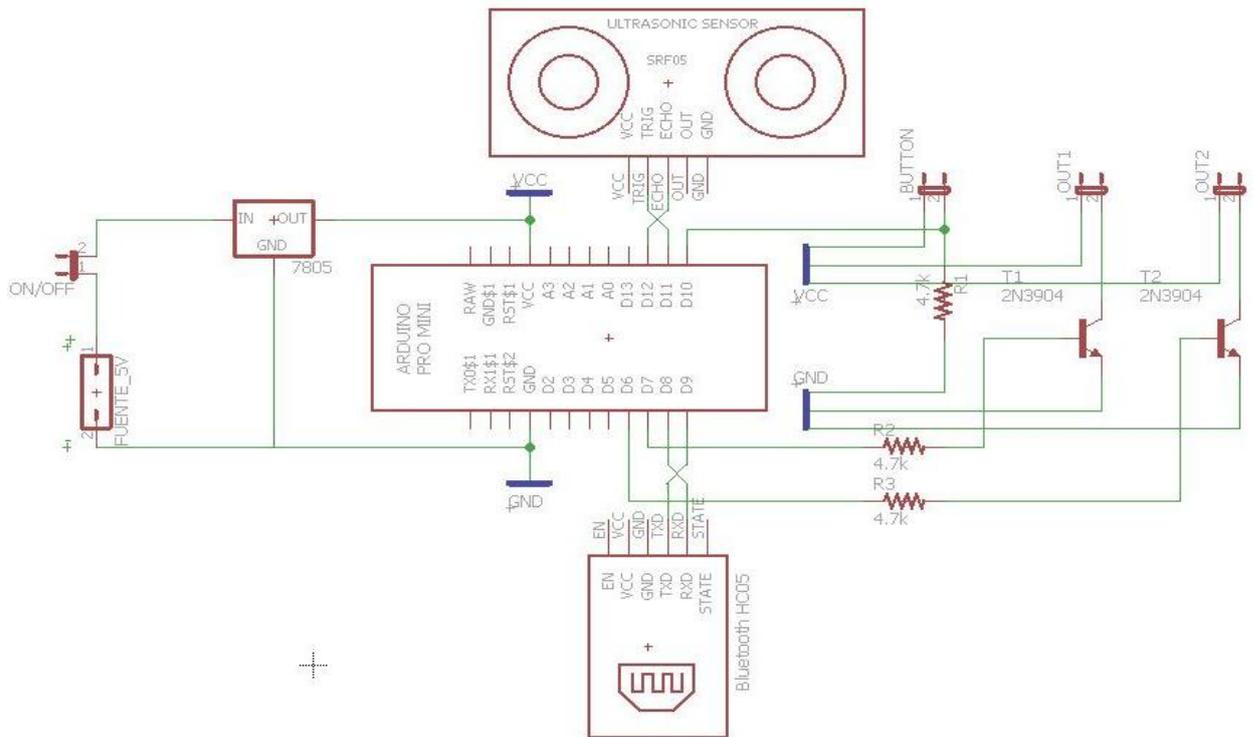


Fig. 4. 21 Diagrama esquemático – Módulo esclavo
Fuente: Investigador

4.5 Conexiones en la placa de pruebas

En este punto se muestra detalladamente las etapas de la implementación y simulación en la placa de pruebas de los dos módulos.

4.5.1 Módulo maestro

1. Primero se analizó el funcionamiento del módulo Arduino Pro Mini con el sensor ultrasónico para detectar los obstáculos, así como el alcance y su ángulo de detección. A continuación se muestra la tabla de las conexiones realizadas:

Tabla 4. 8 Conexión Arduino Pro Mini – Sensor ultrasónico

Conexiones	
Arduino Pro Mini	Sensor ultrasónico
Vcc	Vcc
Gnd	Gnd
D11	Trig
D12	Echo

Fuente: Investigador

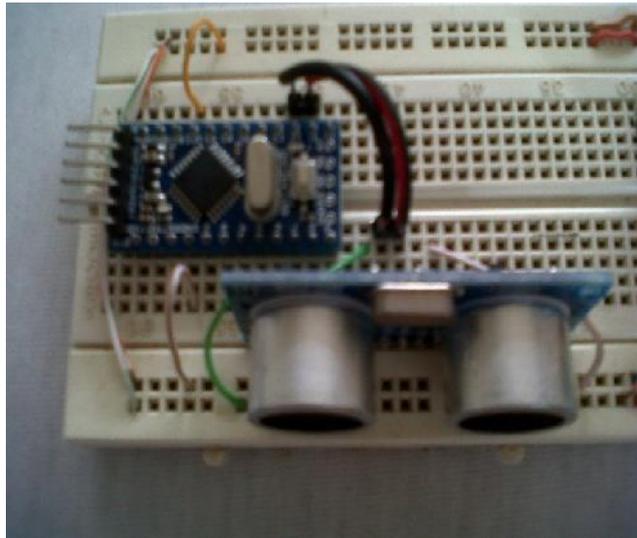


Fig. 4. 22 Conexión Arduino Pro Mini – Sensor ultrasónico
Fuente: Investigador

Los resultados obtenidos son buenos, ya que el sensor funciona correctamente detectando diferentes obstáculos en frente, el ángulo de detección de 15° que posee este sensor es pequeño a un alcance muy corto, pero mientras el obstáculo se encuentre a mayor distancia y dentro de su rango de detección es más factible detectarlo.

2. Lo siguiente es probar el funcionamiento del anterior circuito junto con el módulo Decodificador de Audio WTV020-SD y un parlante para verificar el funcionamiento de las alertas de voz. A continuación se muestra la tabla de las conexiones realizadas:

Tabla 4. 9 Conexión Decodificador de Audio WTV020-SD

Conexiones	
Arduino Pro Mini	Decodificador de audio
Vcc	Vcc
Gnd	Gnd
D4	Pin 15: Busy
D5	Pin 10: DI
D6	Pin 7: CLK
D10	Pin 8:
	Pin 4: SPK+
	Pin 5: SPK-

Fuente: Investigador

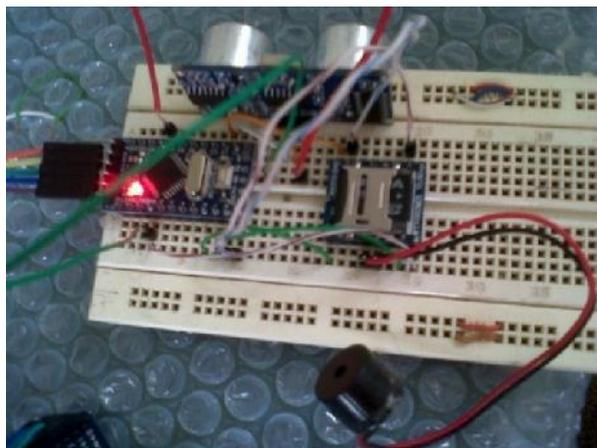


Fig. 4. 23 Conexión decodificador de audio
Fuente: Investigador

4.5.2 Módulo esclavo

1. Similar al módulo maestro, en el módulo esclavo lo primero fue realizar la conexión entre otro módulo Arduino Pro Mini y otro sensor ultrasónico. A continuación se presenta la tabla de las conexiones realizadas:

Tabla 4. 10 Conexión Arduino Pro Mini – Sensor ultrasónico

Conexiones	
Arduino Pro Mini	Sensor ultrasónico
Vcc	Vcc
Gnd	Gnd
D11	Trig
D12	Echo

Fuente: Investigador

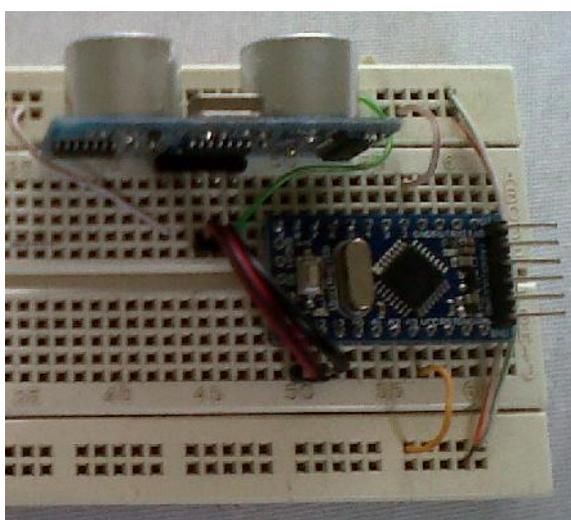


Fig. 4. 24 Conexión: Arduino Pro Mini – Sensor ultrasónico
Fuente: Investigador

2. El módulo esclavo es el encargado de generar las alertas de movimiento y para esto lo que se utilizó fue un micro motor desfasado. Para esto se necesita utilizar transistores que se activen con salidas digitales programables del Arduino Pro Mini dependiendo de la distancia de los obstáculos y las necesidades del usuario.

Tabla 4. 11 Conexión micro motor desfasado

Conexiones				
Arduino Pro Mini	T1	T2	M1	M2
Vcc			+	+
Gnd	E1	E2		
D6		B1		
D7	B1			
	C1		-	
		C2		-

Fuente: Investigador

4.5.3 Comunicación entre módulos

Ahora que ya están listos los 2 módulos, lo último que se necesita es obtener la comunicación entre ellos, para lo cual es necesario utilizar 2 módulos bluetooth HC-05 previamente configurados, uno como maestro y otro como esclavo. Un bluetooth recibirá los datos en el módulo maestro enviados desde el módulo esclavo mediante el otro bluetooth.

1. El módulo maestro se enlaza con el módulo esclavo para obtener los datos de los obstáculos en la parte media e inferior del usuario. A continuación se presenta la tabla de conexiones realizadas en el módulo maestro con su respectivo módulo bluetooth:

Tabla 4. 12 Conexión módulo bluetooth esclavo

Conexiones	
Arduino Pro Mini	Modulo bluetooth HC-05
Vcc	Vcc
Gnd	Gnd
D8	RXD
D9	TXD

Fuente: Investigador

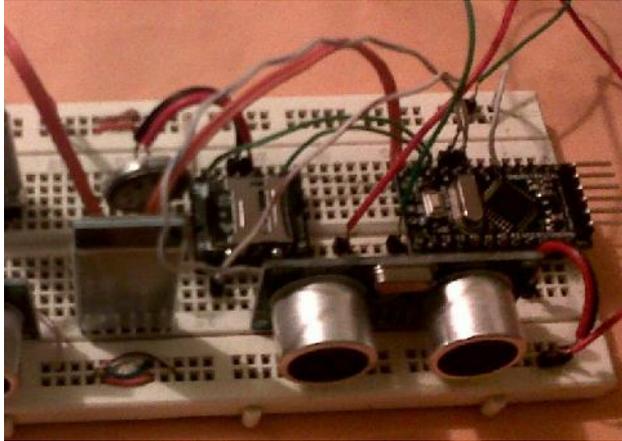


Fig. 4. 25 Conexión módulo bluetooth HC-05 – Módulo maestro
Fuente: Investigador

2. El módulo esclavo se encarga de enviar los datos obtenidos en la parte media e inferior del usuario mediante el módulo bluetooth configurado previamente como maestro. En la siguiente tabla se presentan las conexiones del módulo esclavo con su respectivo módulo bluetooth:

Tabla 4. 13 Conexión módulo bluetooth maestro

Conexiones	
Arduino Pro Mini	Módulo bluetooth HC-05
Vcc	Vcc
Gnd	Gnd
D8	RXD
D9	TXD

Fuente: Investigador

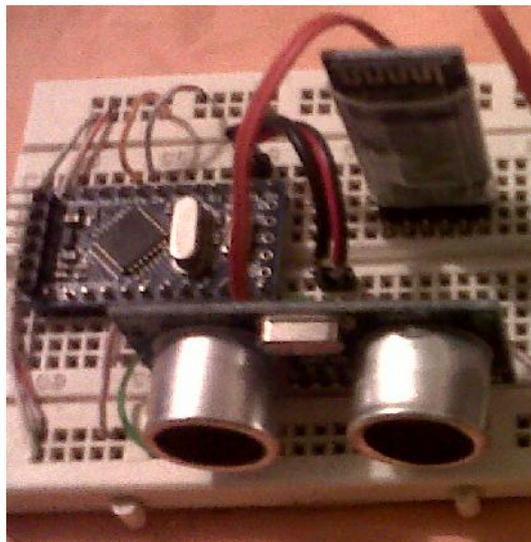


Fig. 4. 26 Conexión módulo bluetooth HC-05 – Módulo esclavo
Fuente: Investigador

4.6 Programación

4.6.1 Análisis

La tarjeta Arduino Pro Mini, tanto del módulo maestro como del módulo esclavo, envía un pulso en alto de 10ms por el pin 11 hacia el pin Trig del sensor ultrasónico, el cual emite una onda de sonido no audible para los humanos y si la onda rebota en algún obstáculo cercano el pin 12 del Arduino se encarga de leer el tiempo en alto del pin Echo del sensor y mediante una pequeña ecuación se obtiene la distancia de dicho obstáculo.

$$\text{distancia} = (0.017 * \text{tiempo en alto pin Echo}); \quad (4.1)$$

0.017 es una constante

Módulo maestro

En el siguiente flujograma se representa gráficamente el programa del módulo maestro y luego se realiza una descripción de los procesos realizados:

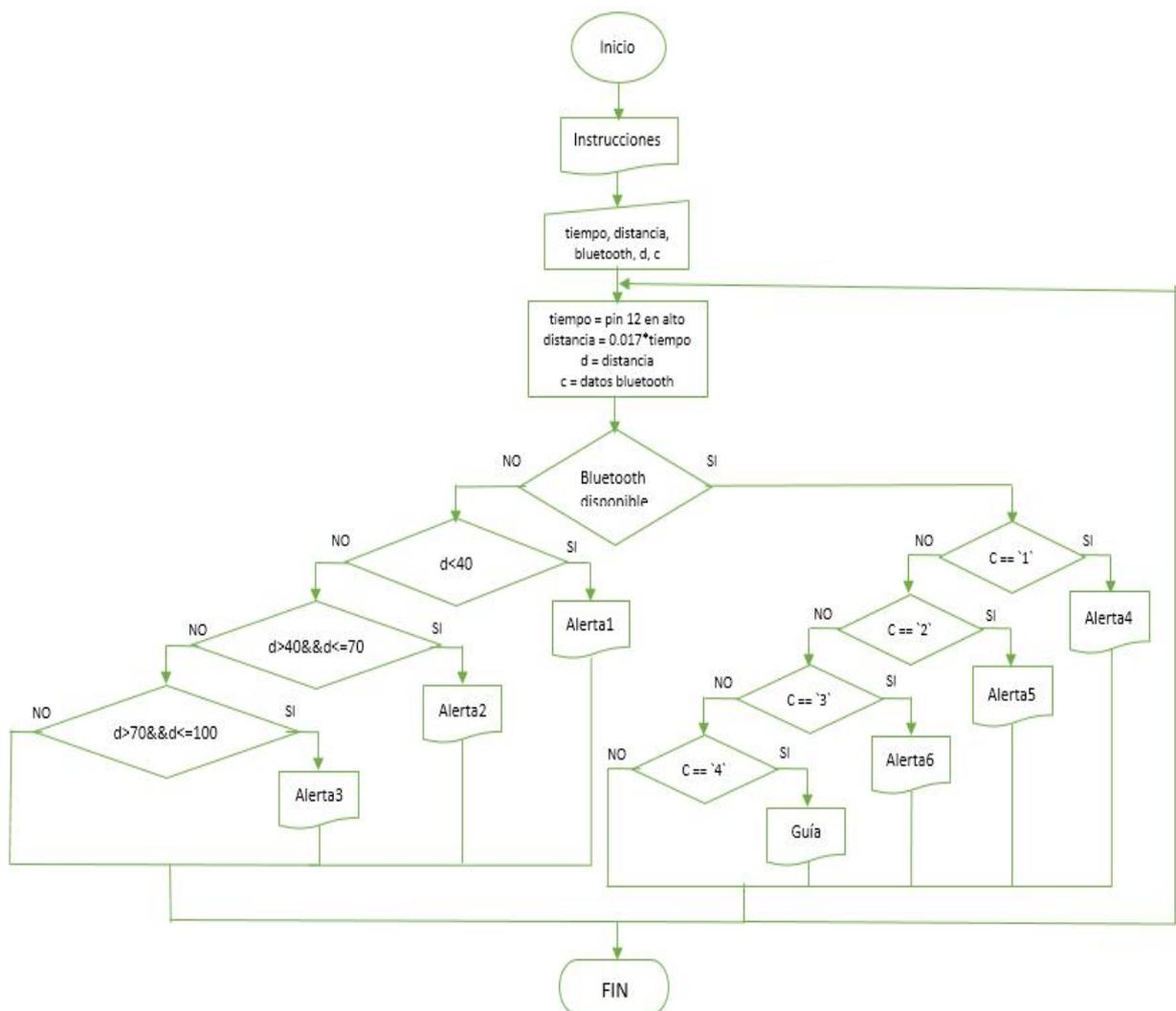


Fig. 4. 27 Flujograma Módulo maestro

Fuente: Investigador

En el módulo maestro, al encender el dispositivo se reproduce un mensaje de bienvenida con las instrucciones de uso:

“¡Hola! Bienvenido a la Biblioteca General de la Universidad Técnica de Ambato. Instrucciones de uso:

1. El dispositivo que está utilizando le entrega alertas de voz de obstáculos superiores y alertas de vibración de obstáculos medios e inferiores.
2. Si desea cambiar las alertas de vibración de obstáculos medios e inferiores por alertas de voz por favor presione el botón número 1.
3. Si desea ser dirigido a la sección de no videntes, por favor ubíquese en la puerta, presione el botón número 2 y siga las instrucciones.”

Además si existen datos recibidos mediante el enlace inalámbrico por bluetooth de tipo carácter en la variable “c”, se compara los datos recibidos y se emiten las siguientes alertas de voz:

- Si $c = '1'$ => “Cuidado! Obstáculo inferior muy cercano”
- Si $c = '2'$ => “Cuidado! obstáculo inferior a 30 centímetros”
- Si $c = '3'$ => “Cuidado! obstáculo inferior a 50 centímetros”
- Si $c = '4'$ => Guía a la sección de no videntes

Dentro de la guía a la sección de no videntes se analizó la ruta de movilidad, la distancia, los obstáculos y la dirección que debe tener en cuenta el usuario para llegar a esta sección sin problemas y en base a esto se grabaron las siguientes instrucciones en audio:

- “Ubicado en la puerta con dirección hacia adentro, por favor de dos pasos al frente y espere la siguiente instrucción.”
- “Gire 90 grados hacia la izquierda y de 10 pasos al frente hasta obtener una alerta de obstáculo y espere la siguiente instrucción.”
- “Usted se encuentra en la sección de no videntes, ahora puede ser asesorado por el encargado de la sección.”

Caso contrario, si no existe ningún dato recibido mediante el enlace inalámbrico y dependiendo de la distancia obtenida se reproducen las siguientes alertas de voz:

- Si $\text{distancia} < 40 \text{ cm}$ => “Cuidado! Obstáculo frontal muy cercano”

- Si distancia >40 y ≤ 70 cm \Rightarrow “Cuidado! Obstáculo frontal a 50 centímetros”
- Si distancia >70 y ≤ 100 cm \Rightarrow “Cuidado! Obstáculo frontal a 80 centímetros”

Módulo esclavo

El siguiente flujograma representa gráficamente el programa del módulo esclavo y luego se realiza una descripción de los procesos realizados:

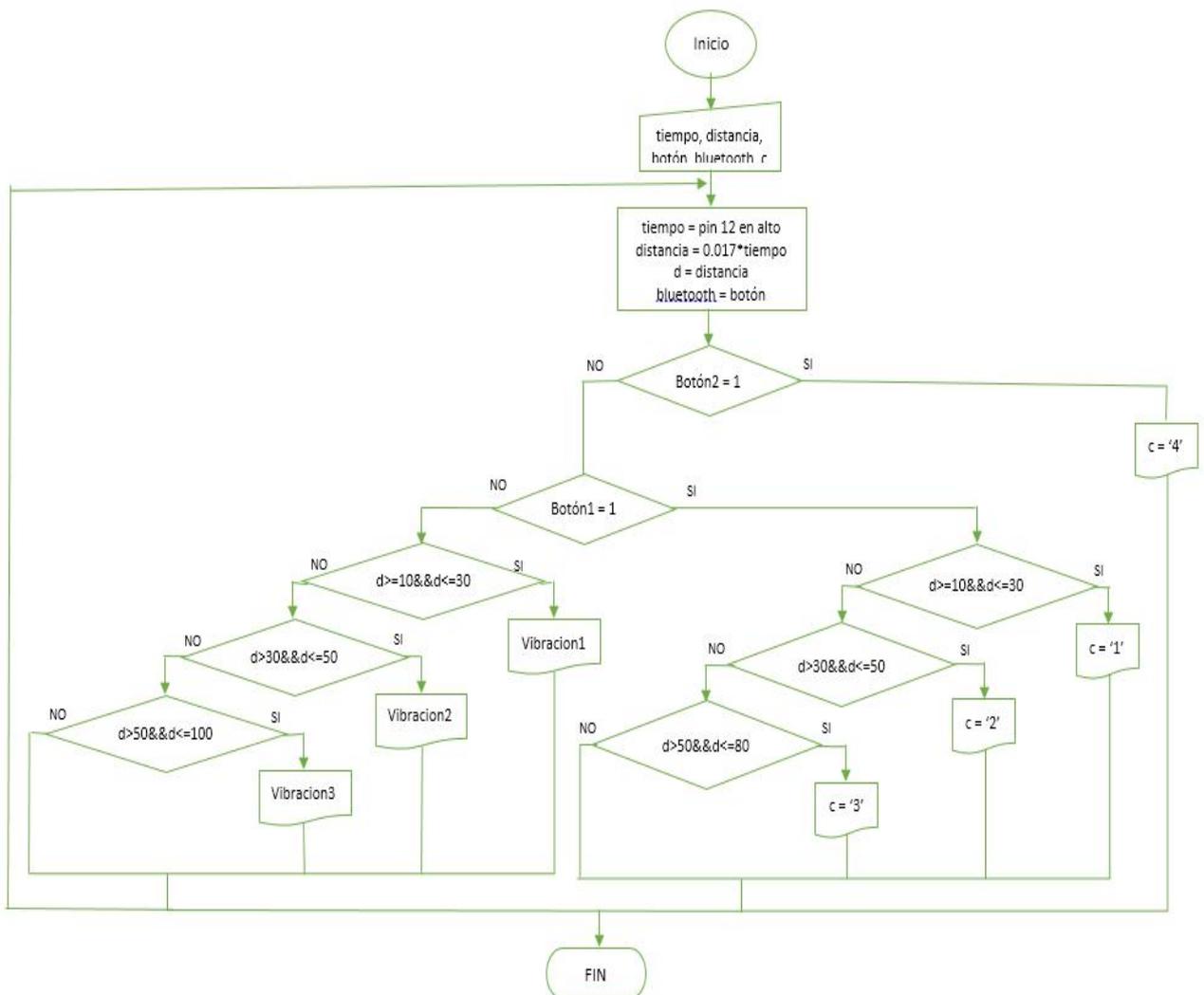


Fig. 4. 28 Flujograma Módulo esclavo
Fuente: Investigador

El módulo esclavo consta de dos botones: el botón 1 para cambiar las alertas de vibración por alertas de voz y el botón 2 para iniciar una guía de direccionamiento del usuario hacia la sección de no videntes.

Si se presiona el botón 2 luego de encender el módulo este envía un dato mediante el enlace inalámbrico para iniciar la guía del usuario.

Sin presionar el botón 2 ni el botón 1, dependiendo de la distancia obtenida se reproducen 3 alertas de movimiento para informar al usuario de cualquier obstáculo:

1. Si distancia ≥ 10 & ≤ 30 cm \Rightarrow una vibración cíclica
2. Si distancia > 30 & ≤ 50 cm \Rightarrow dos vibraciones cíclicas
3. Si distancia > 50 & ≤ 100 cm \Rightarrow tres vibraciones cíclicas

Cuando se presiona el botón 1, se establece una conexión inalámbrica entre los dos módulos mediante bluetooth y dependiendo del dato distancia se envían 3 datos al módulo maestro mediante la variable de tipo carácter “c”:

1. Si distancia ≥ 10 & ≤ 30 cm \Rightarrow c = '1'
2. Si distancia > 30 & ≤ 50 cm \Rightarrow c = '2'
3. Si distancia > 50 & ≤ 80 cm \Rightarrow c = '3'

4.6.2 Código

Código del módulo maestro

```
#include <SoftwareSerial.h> // declaración de librería para la comunicación bluetooth
#include <Wtv020sd16p.h> // declaración de librería para el módulo de audio
SoftwareSerial BS(9,8); //Se define los pines TX y RX
long distancia; //declaración de variables
long tiempo;
long i=0;
char blue = 0;
int resetPin = 7;
int clockPin = 6;
int dataPin = 5;
int busyPin =4;
Wtv020sd16p wtv020sd16p(resetPin,clockPin,dataPin,busyPin); // se definen los
pines para controlar el módulo de audio
void setup(){ // configurar el Arduino
  pinMode(13, OUTPUT); // se definen pines como entradas o salidas
  pinMode(12, INPUT);
  pinMode(11, OUTPUT);
  wtv020sd16p.reset(); // inicializar el módulo de audio
  digitalWrite(13,LOW);
```

```

    BS.begin(9600);    // iniciamos comunicación bluetooth
}

void sensor() {      // función sensor
    digitalWrite(11,LOW); // por cuestión de estabilización del sensor
    delayMicroseconds(5); // pausa de 5 us
    digitalWrite(11, HIGH); // envío del pulso ultrasónico
    delayMicroseconds(10); // pausa de 10 us
    digitalWrite(11,LOW); // apaga el pulso ultrasónico
    tiempo=pulseIn(12, HIGH); // medir la longitud del pulso entrante
    distancia= int(0.017*tiempo); // fórmula para calcular la distancia
}

void loop(){    // Ciclo infinito, programa principal
if(i==0){
wtv020sd16p.playVoice(0); // mensaje de bienvenida e instrucciones 0000
}
I=1;
    if(BS.available() > 0){ // Si hay datos disponibles en el buffer
        blue = BS.read(); // Leer un byte de puerto serie y colocarlo en variable blue
    }
    if(blue>1){ // si existe datos en la variable blue se ejecuta..
    if(blue=='1'){ //compara si la variable blue es igual al caracter 1
        wtv020sd16p.playVoice(7); // reproduce de forma sincrónica el archivo de audio 0007
    }
    if(blue=='2'){ //compara si la variable blue es igual al caracter 2
        wtv020sd16p.playVoice(8); // reproduce de forma sincrónica el archivo de audio 0008
    }
    if(blue=='3'){ //compara si la variable blue es igual al caracter 3
        wtv020sd16p.playVoice(9); // reproduce de forma sincrónica el archivo de audio 0009
    }
    if(blue=='4'){ //compara si la variable blue es igual al caracter 4
        wtv020sd16p.playVoice(1); // mensaje de guía 0001
        delay(5000);
        wtv020sd16p.playVoice(2); // mensaje de guía 0002
        delay(20000);
    }
}
}

```



```

pinMode(10, INPUT);
pinMode(6,OUTPUT);
BM.begin(9600);    // iniciamos comunicacion bluetooth
}

void sensor() {    // función sensor
    digitalWrite(11,LOW); // por cuestión de estabilización del sensor
    delayMicroseconds(5); // pausa de 5 us
    digitalWrite(11, HIGH); // envío del pulso ultrasónico
    delayMicroseconds(10); // pausa de 10 us
    digitalWrite(11,LOW);
    tiempo=pulseIn(12, HIGH); // medir la longitud del pulso entrante
    distancia= int(0.017*tiempo); // fórmula para calcular la distancia
}

void vibracion(){ // función vibración
    digitalWrite(6,HIGH); // enciende el micro motor desfasado
    delay(100);          // pausa 100 ms
    digitalWrite(6,LOW); // apaga el micro motor desfasado
    delay(100);          // pausa 100 ms
}

void loop(){ // Ciclo infinito, programa principal
    sensor(); // llama a la función sensor y retorna el valor de la distancia
    boton1=digitalRead(10); // lee el estado del botón1
    if((boton1==HIGH)&&(boton1anterior==LOW)){ //algoritmo para leer el botón1
        bluetooth=1-bluetooth;
        delay(20);
    }
    Boton1anterior=boton1; //guarda el dato anterior de botón1
    boton2=digitalRead(7); // lee el estado del botón2
    if((boton2==HIGH)&&(boton2anterior==LOW)){ //algoritmo para leer el botón2
        guia=1-guia;
        delay(20);
    }
    boton2anterior=boton2; //guarda el dato anterior de botón2
    if(guia==1){

```

```

    BM.write('4');    // escribe el cacarter 4 en el puerto serie
    delay(1000);
}else{
if(bluetooth==0){    // si no se presiona el botón se ejecuta lo siguiente..
    if(distancia>=15&&distancia<=30){        // compara los valores de la distancia
        for(i=0;i<1;i++){                    // ciclo for se repite una vez
            vibracion();                      // llama a la función vibración
        }
        delay(100);                          // pausa de 100 us
    }
    if(distancia>30&&distancia<=50){        // compara los valores de la distancia
        for(i=0;i<2;i++){                    // ciclo for se repite dos veces
            vibracion();                      // llama a la función vibración
        }
        delay(200);                          // pausa de 200 us
    }
    if(distancia>50&&distancia<=100){        // compara los valores de la distancia
        for(i=0;i<3;i++){                    // ciclo for se repite tres veces
            vibracion();                      // llama a la función vibración
        }
        delay(200);                          // pausa de 200 us
    }
    if(distancia>100){                        // compara los valores de la distancia
        digitalWrite(6,LOW);                // deshabilita las alertas de movimiento
        delay(100);                          // pausa de 100 us
    }
}
}
if(bluetooth==1){                            // si se presiona el botón se ejecuta lo siguiente..
    if(distancia>10&&distancia<=30){        // compara los valores de la distancia
        BM.write('1');                      // escribe el caracter 0 en el puerto serie
        delay(1000);                        // pausa de 1000 us
    }else{if(distancia>30&&distancia<=50){    // compara los valores de la distancia
        BM.write('2');                      // escribe el caracter 1 en el puerto serie
        delay(1000);                        // pausa de 1000 us
    }
}
}

```

```

}else{if(distancia>50&&distancia<=80){ // compara los valores de la distancia
  BM.write('3'); // escribe el caracter 2 en el puerto serie
  delay(1000); // pausa de 1000 us
}else{
  delay(1000); // pausa de 1000 us
}
} } } }
}

```

4.7 Implementación del prototipo.

4.7.1 Diseño del circuito impreso

Luego se procedió a realizar los diagramas del circuito impreso de los módulos maestro y esclavo, con la ayuda de Eagle 7.3.0 y los diagramas esquemáticos anteriormente realizados en el mismo software.

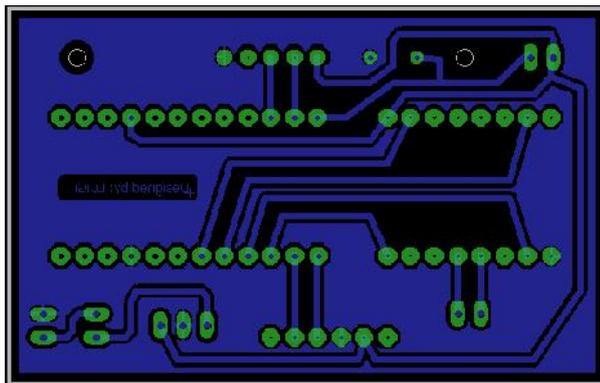


Fig. 4. 29 Circuito impreso – Módulo maestro
Fuente: Investigador

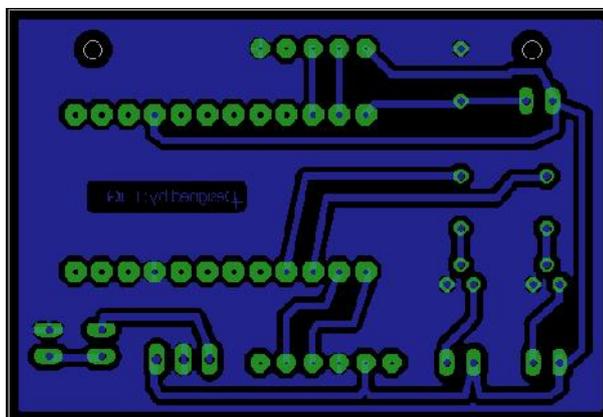


Fig. 4. 30 Circuito impreso – Módulo esclavo
Fuente: Investigador

4.7.2 Preparación de las placas

Lo primero que se hizo fue recortar los circuitos impresos previamente impresos en una impresora láser en papel cuché, ya que es muy importante usar un papel indicado para la fabricación de circuitos impresos.

Luego se recortó la baquelita a un tamaño poco mayor de los circuitos impresos para mayor facilidad del planchado. También es importante limpiar muy bien la superficie brillante de las placas con la ayuda de un estropajo muy fino para eliminar todas las impurezas.

4.7.3 Grabado de las placas

Terminada la etapa de pulido y limpieza del cobre, se procedió a la etapa de planchado, que fijara el tonner de la impresión láser sobre las placas.

1. Primero colocamos la hoja recortada boca abajo sobre el cobre y centrada.
2. Planchamos con mucho cuidado a una temperatura media durante unos minutos procurando que la impresión se fije muy bien a las placas
3. Terminado el planchado colocamos las placas en un recipiente con agua y las dejamos remojar por varios minutos para luego desprenderlas fácilmente.
4. Desprendemos el papel con cuidado y verificar que no quede restos principalmente sobre el cobre.
5. Si es necesario retocar el grabado utilizando un marcador indeleble fino.

4.7.4 Lavado de las placas

Pasamos a la fase de lavado en la cual se extrae el cobre de las placas excepto de las zonas grabadas. Para esto se usa un producto químico llamado cloruro férrico. Es muy importante tomar las debidas precauciones como usar guantes, gafas, mascarilla y realizar esto en un lugar ventilado. A continuación se listan lo pasos realizados:

1. Verter un poco de agua lo suficiente para cubrir las placas, preferible caliente, en un recipiente de plástico.
2. Mesclar el cloruro férrico en el recipiente con el agua.
3. Colocar las placas dentro de la mezcla y para acelerar el proceso mover ligeramente con cuidado el recipiente.
4. Luego de unos minutos se observa como las placas quedan limpias en la parte del cobre.

5. A continuación, extraer las placas y lavarlas con agua limpia.
6. Finalmente se obtienen las placas listas y limpias con el diseño del circuito impreso correctamente impreso sobre el cobre.



Fig. 4. 31 Placas lavadas
Fuente: Investigador

4.7.5 Perforado de las placas

Lo siguiente es taladrar las placas utilizando una broca de 0.7mm para realizar los agujeros donde se ubicaran los elementos. Con mucho cuidado de no dañar las pistas se procedió a taladrar todos los agujeros donde se insertaran los pines de los elementos.

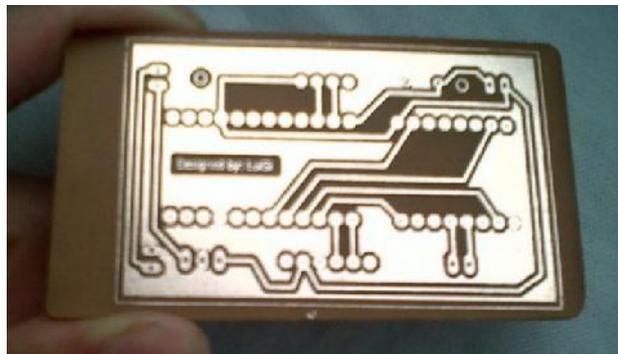


Fig. 4. 32 Perforado de placa – Módulo maestro
Fuente: Investigador

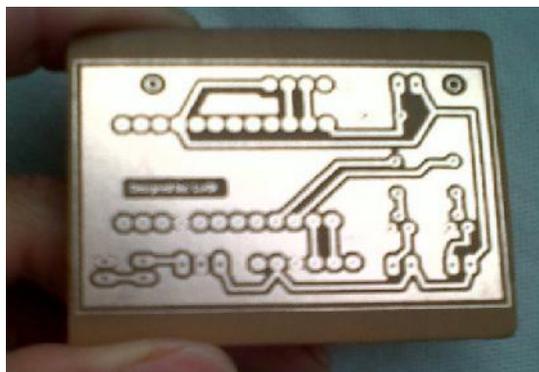


Fig. 4. 33 Perforado de placa – Módulo esclavo
Fuente: Investigador

4.7.6 Montaje de los componentes

Listos los hoyos en las placas, lo siguiente es soldar y fijar los componentes. Para este prototipo se ha usado espadines hembra en los dos módulos para una mayor facilidad de montaje y desmontaje de los módulos Arduino y sensores ultrasónicos. Los elementos pequeños se pueden soldar directamente en las placas ya que por ser pequeños deben estar bien fijos para asegurar el correcto funcionamiento del prototipo. A continuación se presentan los pasos para el montaje de los componentes:

1. Verificar que las placas estén completamente limpias para una mejor fijación del estaño.
2. Comprobar continuidad eléctrica de todas las pistas y reparar si es necesario.
3. Ubicar correctamente los espadines.
4. Usando pasta de soldar, un cautín caliente y estaño fijar correctamente los espadines y elementos.
5. Terminado de soldar todos los componentes, limpiar el resto de pasta de soldar sobre las placas usando un diluyente como thinner.
6. Verificar continuidad entre las pistas, los espadines y elementos para prevenir sueldas frías o mal soldadas.
7. Verificar que no exista ningún corto circuito entre las pistas.
8. Montar las tarjetas y sensores sobre las placas.
9. Listo

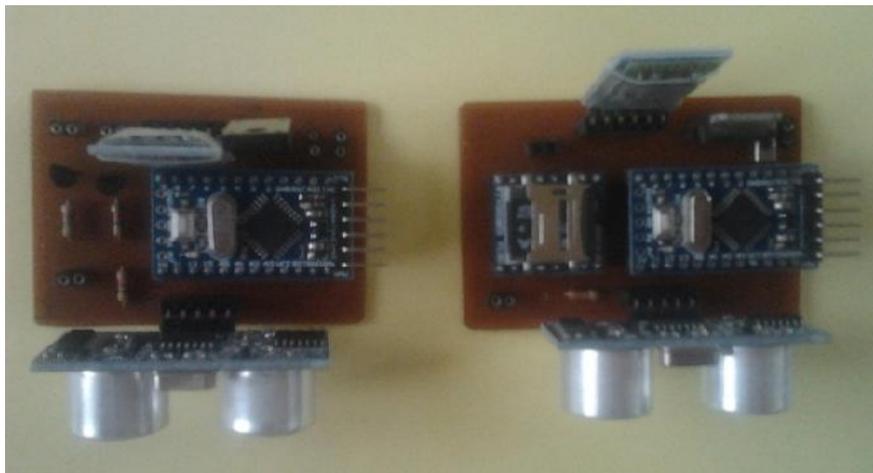


Fig. 4. 34 Placas completas – Módulos maestro y esclavo
Fuente: Investigador

4.8 Diseño de carcasas

1. Planos

Para el diseño de las carcasas de opto utilizar Autocad 3D, así se creó los modelos 3D con las medidas exactas en base a las necesidades del proyecto y obtener mejores resultados.

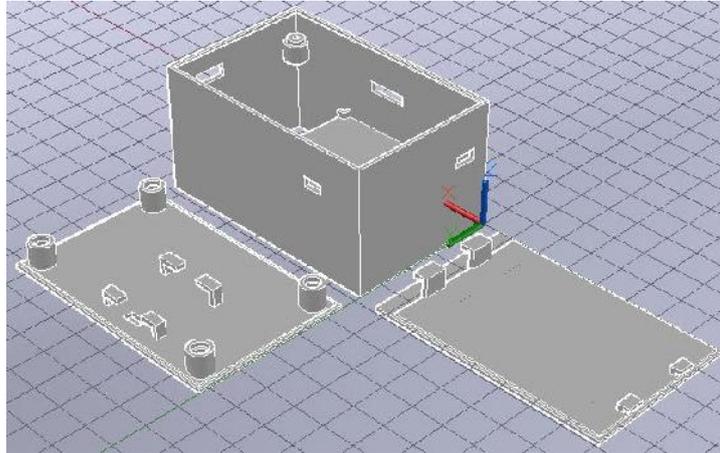


Fig. 4. 35 Modelo 3D – Módulo maestro
Fuente: Investigador

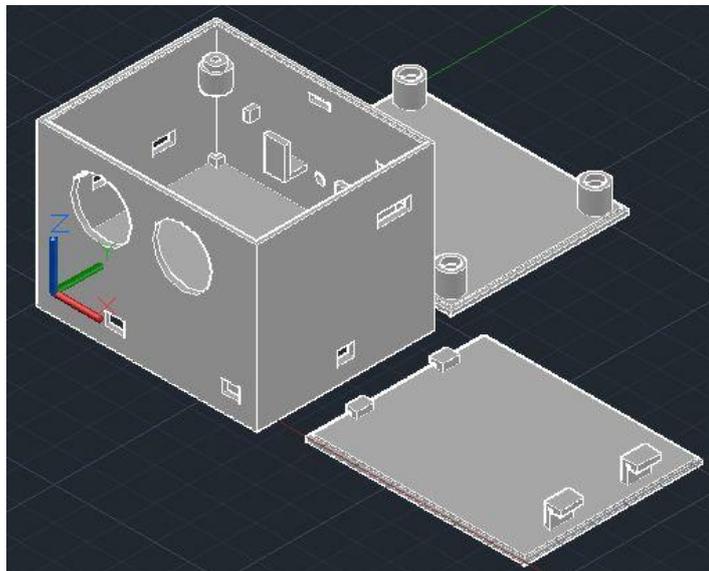


Fig. 4. 36 Modelo 3D – Módulo esclavo
Fuente: Investigador

2. Impresión 3D

Las impresiones 3D se realizaron en un material llamado PLA, es un plástico biodegradable, resistente y fácil de imprimir.



Fig. 4. 37 Impresión 3D
Fuente: Investigador

3. Ensamblaje

Las carcasas fueron diseñadas con medidas exactas de las placas y los elementos, así como de sus fuentes de alimentación. Por lo cual su ensamblaje resulta muy fácil y sencillo.



Fig. 4. 38 Ensamblaje Módulo maestro
Fuente: Investigador



Fig. 4. 39 Ensamblaje Módulo esclavo
Fuente: Investigador

4. Diseño final

Para finalizar la implementación del presente proyecto se diseñaron dos elementos para el usuario, los cuales son: una pulsera para el módulo esclavo encargado de detectar obstáculos en la parte media e inferior del usuario y una banda frontal donde se conecta el sensor, los altavoces y el módulo maestro

encargados de detectar obstáculos en la parte frontal y emitir alertas de voz al usuario.



Fig. 4. 40 Módulo maestro
Fuente: Investigador



Fig. 4. 41 Módulo esclavo
Fuente: Investigador

4.9 Características del prototipo

Este prototipo de visión artificial por alertas de voz y movimiento presenta las siguientes características:

Tabla 4. 14 Principales características del prototipo

Características	Prototipo
Componentes	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 2 tarjetas Arduino Pro Mini ✓ 2 sensores HY-SRF05 ✓ Módulo decodificador de audio ✓ 2 bluetooth HC05 ✓ Micro motor desfasado ✓ Elementos electrónicos
Alimentación	5V-65 mA
Rango de detección	2 cm a 4 metros.
Rango de alerta	2 cm a 150 cm.
Frecuencia de Operación	16 kHz.
Modelo	Adaptable a diferentes usuarios.
Peso	200 gramos
Velocidad de comunicación	9600 Baudios.

Fuente: Investigador

4.10 Presupuesto

En el siguiente cuadro se detalla completamente el precio final del proyecto.

Tabla 4. 15 Presupuesto final del proyecto

Elemento	Cantidad	Precio Unitario	Precio Final
Tarjeta Arduino Pro Mini	2	10,00	20,00
Sensor HY-SRF05	2	9,50	19,00
Módulo Bluetooth HC-05	2	15,00	30,00
Módulo Decodificador de Audio WTV020-SD	1	15,00	15,00
Tarjeta micro SD 512 Mb	1	3,00	3,00
Pulsadores	2	0,15	0,30
Regulador de voltaje 7805	2	0,50	1,00
Mini interruptor	2	0,15	0,30
Auriculares	1	1,00	1,00
Transistores 2N3904	2	0,30	0,60
Resistencias 5.7K	4	0,05	0,20
Espadines	2	0,50	1,00
Baquelita 10x20cm	1	1,00	1,00
Diluyente	1	0,60	0,60
Papel couche 75g.	1	0,10	0,10
Estaño/m	2	0,70	1,40
Pilas AAA/par	5	7,00	35,00
Impresión 3D	2	10,00	20,00
Otros materiales	1	20,00	20,00
TOTAL =>			148,50

Fuente: Investigador

4.11 Pruebas de funcionamiento

Una vez finalizado el proyecto, se realizaron las pruebas del dispositivo con la ayuda de un estudiante con discapacidad visual de la Facultad de Ciencias Humanas y la Educación con el nombre de Santiago Gutiérrez de 26 años. El dispositivo fue implementado con información entregada por Santiago anteriormente analizadas acerca de su entrevista, también las alertas fueron configuradas con algunas pruebas realizadas con su ayuda. Por lo cual él ya tenía bastante conocimiento acerca de este proyecto y ya se encontraba bastante familiarizado con el uso de este dispositivo.

A continuación se explica de forma rápida el funcionamiento del dispositivo:

Al encender el dispositivo con la ayuda de un interruptor en el módulo maestro ubicado en la parte frontal del usuario, este empieza reproduciendo un mensaje de saludo y bienvenida con las instrucciones de uso, la información en este mensaje es acerca del lugar en el que se encuentra como es en este caso la Biblioteca General de

la Universidad Técnica de Ambato en los predios Huachi, también informa acerca de las opciones a las que puede acceder el usuario como son: el tipo de alertas que cada módulo entrega, el uso del botón uno para cambiar las alertas de movimiento por alertas de voz o el uso del botón 2 para iniciar una guía en audio para dirigirse a la sección de no videntes dentro de la Biblioteca General.



Fig. 4. 42 Pruebas del prototipo
Fuente: Investigador

Las pruebas finales se realizaron en la Biblioteca General el 30 de noviembre de 2015 para en verificar el funcionamiento del dispositivo en detectar los obstáculos existentes en este espacio, la comprensión de las alertas las alertas voz y movimiento y la eficiencia de la guía en audio que incluye el dispositivo para el desplazamiento desde la puerta de la Biblioteca General hasta la sección de no videntes.

4.12 Análisis de resultados

Al finalizar las pruebas realizadas en la Biblioteca General el estudiante entrego las siguientes opiniones acerca del uso del dispositivo:

- El uso del dispositivo resulta cómodo al usarlo como una banda frontal y una pulsera.

- El mensaje inicial de bienvenida con las instrucciones de uso se escucha claro y brinda toda la información necesaria para el uso del dispositivo.
- Los botones 1 y 2 del módulo esclavo se pueden diferenciar rápidamente con el tacto y son fáciles de usar.
- La guía para llegar desde la puerta hasta la sección de no videntes resulta sencilla de seguir y ayuda a ser independiente en dirigirse hasta allí.
- Luego de familiarizarse con el uso del dispositivo y recordar los tipos de alertas resulta fácil entender su funcionamiento.
- Las alertas de voz son claras y se escuchan inmediatamente antes de un posible accidente con algún obstáculo cercano en la parte frontal.
- Las alertas de movimiento al inicio pueden ser confusas pero con la práctica resultan fácil entenderlas.

Analizando los resultados obtenidos en base de las pruebas realizadas y las opiniones del usuario, el dispositivo resulta cómodo, ligero y fácil de utilizar, porque el mensaje de bienvenida con las instrucciones y las alertas de voz son muy claras entregando información detallada de la distancia de los obstáculos al usuario, también las alertas de movimiento que fueron configuradas de tres tipos diferentes entregan información detallada que luego de que el usuario se adapte le resulta fácil entenderlas. Además la guía implementada en audio para dirigir al estudiante desde la puerta hasta la sección de no videntes le permite depender menos de otra persona.

Existen muchos dispositivos y aplicaciones desarrolladas para personas con discapacidad visual, pero algunos dispositivos de los más eficientes solo detectan obstáculos en la parte superior y otras solo en la parte inferior del usuario que además tienen precios elevados. Pero con el uso del dispositivo desarrollado en este proyecto el usuario obtiene información mediante alertas de voz y alertas de movimiento de objetos altos, medios y bajos, lo que permite que el usuario se sienta más seguro de desplazarse evitando posibles accidentes en su ruta de movilidad con un precio accesible menor a los \$150. En este caso se realizó el estudio solamente en la Biblioteca General de la Universidad Técnica de Ambato lo cual permitió incluir un mensaje de bienvenida con la información del espacio y agregar una guía en audio especialmente para su desplazamiento hacia la sección de no videntes permitiendo que el usuario sea más independiente y se pueda desenvolver con mayor facilidad dentro de la biblioteca.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Los obstáculos existentes en la Biblioteca de no videntes, ubicada dentro de la Biblioteca General de la Universidad Técnica de Ambato en el Campus Huachi, resultan un peligro para la persona con deficiencia visual al momento de desplazarse dentro de ella debido a que algunos obstáculos altos como los estantes de libros y las mesas no son detectadas fácilmente con el uso del bastón blanco usado normalmente por las personas con deficiencia visual y pueden ocasionar golpes o choques en la parte superior y media del mismo.
- Con el avance de la tecnología hoy en día existen diferentes tipos de sensores de proximidad como: los inductivos, capacitivos, réflex, ultrasónicos y ópticos. Estos sensores son usados para medir las distancias y detectar obstáculos, pero los más eficientes para este proyecto son los ultrasónicos por tener un amplio rango de detección y detectar objetos en movimiento, estas características permiten detectar diferentes obstáculos en la ruta de movilidad del usuario obteniendo mayor confiabilidad al usar el prototipo desarrollado.
- El uso de hardware y software libre como Arduino e IDE, tiene muchas ventajas debido a sus libertades que ofrece. Permitiendo al desarrollador programar y usar estos productos sin necesidad de pagar una licencia o costos mayores lo que permitió obtener este dispositivo a un accesible costo.
- Los sensores ultrasónicos HY-SRF05 utilizados en este proyecto entregan excelentes resultados permitiendo detectar los obstáculos existentes en su ruta de movilidad. Pero un inconveniente es su ángulo de cobertura $<15^\circ$, lo cual provoca que obstáculos fuera de este rango no sean detectados a menos que el usuario direcciona los sensores hacia ellos.

- La información que obtiene el usuario con deficiencia visual por medio de los mensajes, alertas de voz y alertas de movimiento que entrega este dispositivo le ayuda a desplazarse con mayor facilidad y seguridad dentro de la biblioteca, evitando problemas y peligros de choques o golpes contra diferentes obstáculos.

5.2 Recomendaciones

- Para evitar problemas en la movilidad de las personas con discapacidad visual dentro de la Biblioteca General, se recomienda implementar una ruta específica para su desplazamiento donde no existan obstáculos peligrosos para evitar cualquier tipo de accidente.
- Al momento de seleccionar los sensores se deben elegir los que posean mayor rango de detección y mayor ángulo de cobertura porque estas características permiten obtener mejores resultados en este proyecto.
- Este prototipo debe tener un precio accesible para el usuario por lo que se recomienda usar hardware y software libre, de esta manera se reducen los costos por las libertades que ofrecen estos.
- Para resolver el inconveniente de la cobertura del sensor en este prototipo existe la posibilidad de usar sensores en red y ampliar su ángulo de detección.
- Se recomienda configurar las alertas de voz y movimiento conjuntamente con el usuario para satisfacer sus necesidades y adaptarlo específicamente a sus deficiencias.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Organización Mundial de la Salud, «Visual impairment and blindness,» Agosto 2014. [En línea]. Available: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs282/es/>.
- [2] CONADIS, «Consejo Nacional de Igualdad de Discapacidades,» 2014. [En línea]. Available: http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/11/registro_nacional_discapacidades.pdf.
- [3] A. Martínez, «Bastón blanco para prevenir obstáculos,» Agosto 2012. [En línea]. Available: <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/11470/21.pdf?sequence=1>.
- [4] E. Ayala y F. Vásquez, «Prototipo de un sistema de ultrasonido aplicado a un bastón blanco,» Universidad Politécnica Salesiana, Quito, 2012.
- [5] J. Cáceres, «Sistema de visión artificial para inspección del nivel de llenado de bebidas embotelladas,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2011.
- [6] R. Andrade, «Teleoperación de una plataforma móvil asistida mediante el uso de un sistema de visión artificial,» Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí, 2012.
- [7] J. Leoro y S. Romero, «Diseño y construcción de un prototipo de robot cuatricar asistente de simple tracción con seguimiento de esqueleto por medio del dispositivo de adquisición y procesamiento de imágenes MICROSOFT KINECT,» Escuela Politécnica del Ejército, SANGOLQUI, 2013.
- [8] N. Ñiacasha, «Desarrollo de un dispositivo que mida la distancia a un objeto emulando el efecto de un bastón blanco para personas invidentes,» Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2004.
- [9] A. Soria, SISTEMA EMBEBIDO DE MOVILIZACIÓN Y POSICIONAMIENTO PARA PERSONAS, Ambato: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, 2015.
- [10] SINC, «La ciencia es noticia,» Un bastón electrónico inteligente, 2013. [En línea]. Available: <http://www.agenciasinc.es/Noticias/Un-baston-electronico-inteligente-ayuda-a-las-personas-ciegas-a-detectar-obstaculos>. [Último acceso: agosto 2015].
- [11] Javier Barbuzano, «OpenMind,» 5 ejemplos de tecnología para personas ciegas, 15 abril 2015. [En línea]. Available: <https://www.bbvaopenmind.com/tecnologia-para-invidentes-mas-alla-del-braille/>. [Último acceso: agosto 2015].

- [12] C. Sánchez, «eldiario.es,» El futuro del bastón blanco, junio 2015. [En línea]. Available: http://www.eldiario.es/hojaderouter/tecnologia/baston_blanco-ciegos-invidentes-tecnologia-bastones_0_396160531.html. [Último acceso: agosto 2015].
- [13] C. A. Ortega, «YOUNGMARKETING.CO,» Tecnología asistiva para ciegos, octubre 2013. [En línea]. Available: <http://www.youngmarketing.co/tecnologia-asistiva-para-ciegos/>. [Último acceso: agosto 2015].
- [14] Redacción Tecnología, «El Espectador,» Tecnología para la visión, 8 mayo 2015. [En línea]. Available: <http://www.elespectador.com/tecnologia/los-ciegos-podran-volver-ver-gafas-milagrosas-articulo-559395>. [Último acceso: agosto 2015].
- [15] «Caretec,» Ray® - el dispositivo para facilitar su movilidad!, 2015. [En línea]. Available: <http://www.caretec.at/Movilidad.479.0.html?&cHash=a82f48fd87&detail=3131>. [Último acceso: agosto 2015].
- [16] A. Posada, «INTRODUCCION A LA ELECTRÓNICA E INTERACTIVIDAD,» de *Captando el mundo físico con arduino*, Quito, 2006, pp. 14-15.
- [17] Arduino, «arduino.cc,» Introducción Arduino, 2015. [En línea]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>. [Último acceso: agosto 2015].
- [18] Arduino, «arduino.cc,» Arduino Products, 2015. [En línea]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Main/Products>. [Último acceso: agosto 2015].
- [19] Arduino, «arduino.cc,» Download the Arduino Software, 2015. [En línea]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>. [Último acceso: agosto 2015].
- [20] Arduino, «arduino.cc,» Introducción a Arduino en Windows, 2015. [En línea]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Windows>. [Último acceso: agosto 2015].
- [21] L. Betancur, Ph.D, «Redes de área corporal. Una perspectiva al futuro desde la investigación,» *Revista Sistemas y Telemática*, vol. 9, nº 16, pp. 11,12, 2011.
- [22] S. Gonzalez y X. Liang, «Body Area Networks,» Springer, Venezuela, 2014.
- [23] S. Alvarado y D. Juarez, «REDES DE ÁREA CORPORAL EN EL CUIDADO DE LA SALUD,» UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA, 2012, pp. 40-43,49.
- [24] R. Verdone, «Sensores de proximidad,» Universidad de la Rioja, España, 2013.

[25] J. R. T. Salinas, J. Salas y B. Raducanu, «Estado del Arte en Sistemas de Visión Artificial,» *Komputer Sapiens*, vol. I, nº 5, pp. 20-25, Junio 3013.

ANEXOS

Anexo 1. MANUAL DE USUARIO PARA EL GUIA DISPOSITIVO DE VISION ARTIFICIAL POR ALERTAS DE VOZ Y MOVIMIENTO PAR APERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL EN LA BIBLIOTECA DE NO VIDENTES DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



Este dispositivo está compuesto de dos módulos. Para el uso correcto del dispositivo el guía bibliotecario debe ayudar con la entrega y ubicación de los dos módulos en la persona con discapacidad visual como se muestra en la siguiente figura.



El módulo maestro da un mensaje de bienvenida con las instrucciones de uso y sirve para detectar obstáculos en la parte frontal y el módulo esclavo para detectar obstáculos en la parte media e inferior del usuario, además de iniciar una guía en audio y cambiar las alertas de movimiento por alertas de voz.

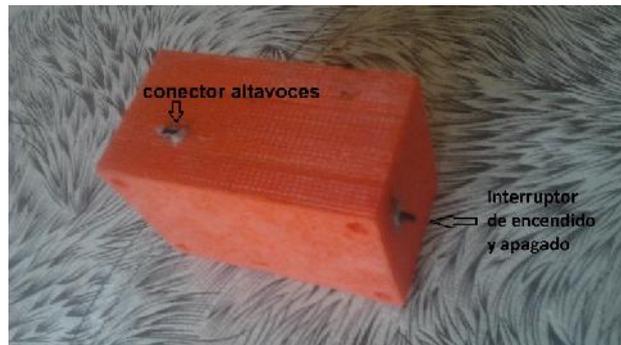


Módulo maestro

El módulo maestro se encuentra en una banda frontal y consta de un sensor ultrasónico, dos pequeños altavoces y una carcasa con los módulos de control.



El módulo maestro tiene un interruptor para el encendido/apagado, para encender el modulo se desplaza el interruptor hacia arriba, para apagarlo hacia abajo.



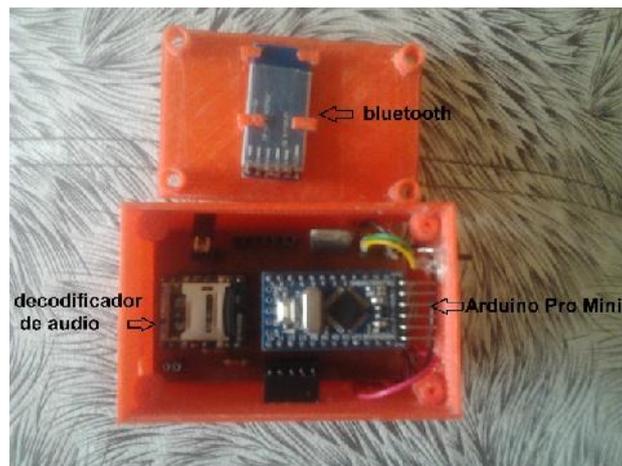
También dispone de un conector de 2 pines para los altavoces y otro de 5 pines para el sensor.



A continuación se muestran los cables del sensor y los altavoces.



Para el mantenimiento del módulo maestro se debe extraer la tapa superior y a continuación revisar las tarjetas que se encuentran en el interior.

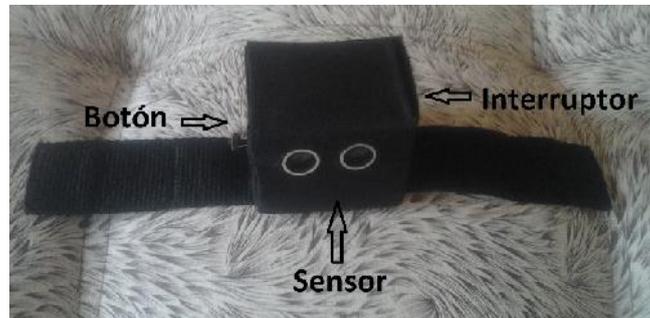


Para cambiar la fuente de alimentación se debe extraer la tapa inferior y a continuación extraer sus pilas o baterías.

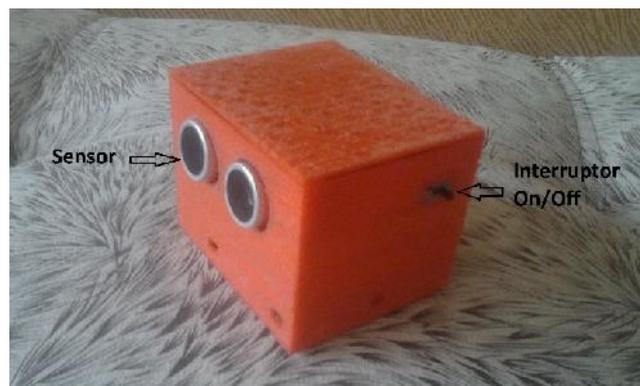


Módulo esclavo

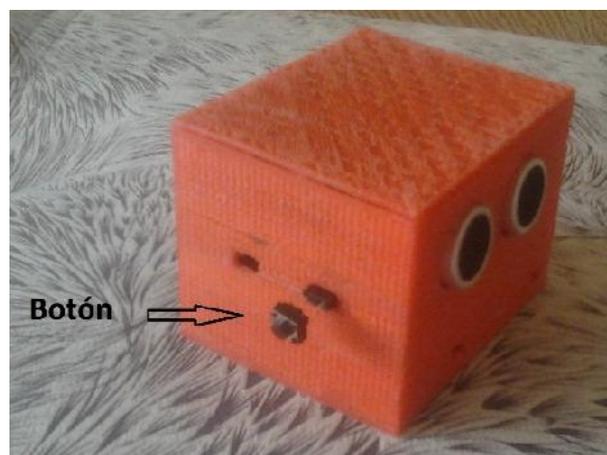
El módulo esclavo se sujeta a la muñeca con una pulsera ajustable a cualquier tipo de usuario. Tiene un sensor ultrasónico incorporado en la carcasa, además de un interruptor para su encendido/apagado y dos botones para la conexión inalámbrica con el módulo maestro.



El módulo esclavo tiene un interruptor para el encendido/apagado, para encender el modulo se desplaza el interruptor hacia el frente, para apagarlo hacia atrás.



También dispone de dos botones, el botón1 para establecer la comunicación inalámbrica mediante bluetooth y el botón2 para iniciar la guía en audio.



Para cambiar la fuente de alimentación al igual que en el módulo maestro, se debe extraer la tapa inferior y a continuación extraer sus pilas o baterías.



INSTRUCCIONES DE USO

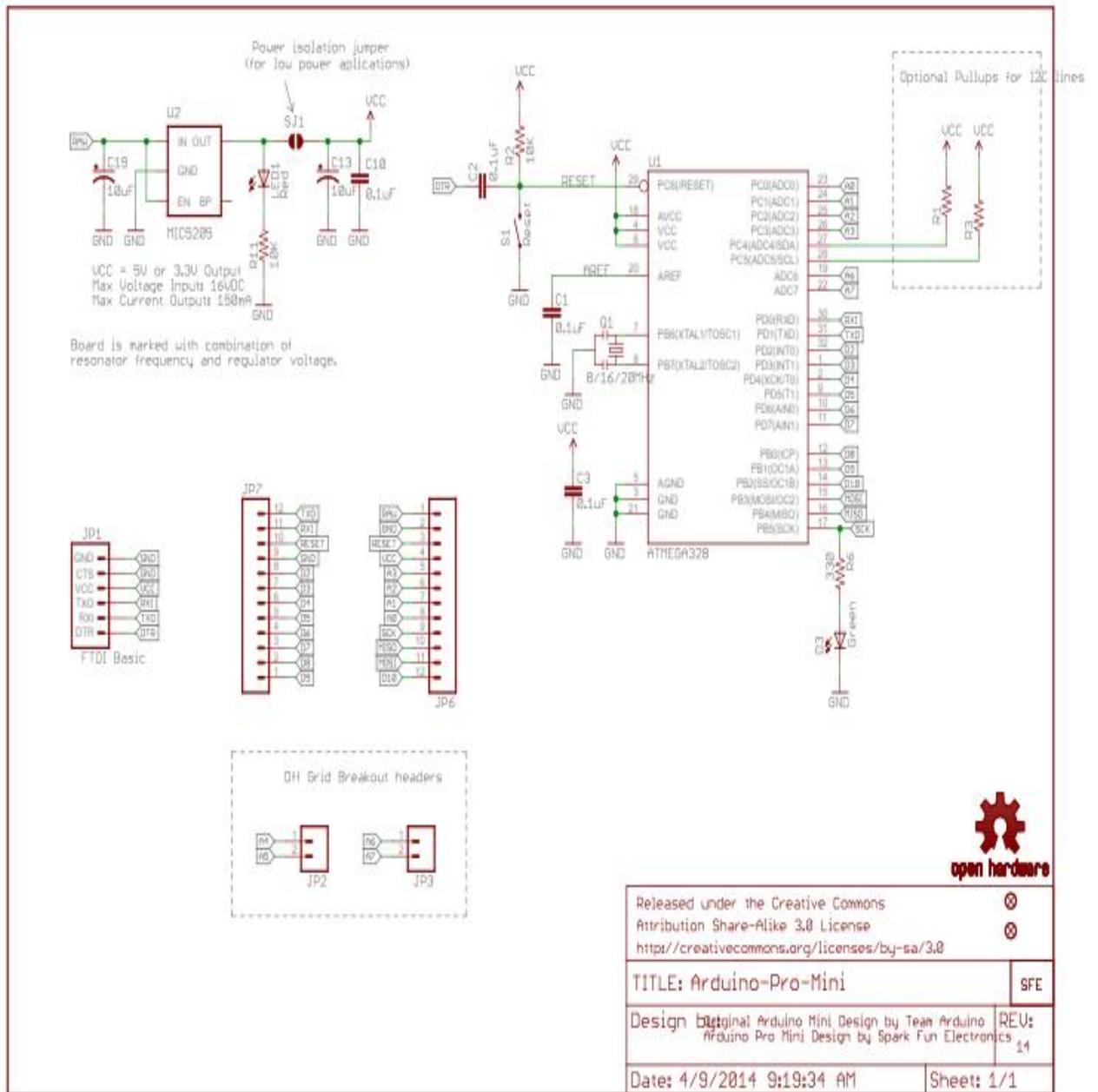
- Ubicar el módulo maestro en la parte frontal del usuario.
- Ubicar el módulo esclavo en una muñeca del usuario.
- Indicar la posición de los interruptores de encendido y apagado de cada módulo.
- Informar las principales características del dispositivo al usuario.
- Dar una introducción del funcionamiento del dispositivo al usuario.
- Para iniciar la guía en audio ubicarlo en la puerta de la biblioteca.

RECOMENDACIONES DE USO

- No exponerlo a temperaturas mayores a 50°
- Voltaje de alimentación mínimo 7V. y máximo 25V.
- Corriente mínima 100mAh y máxima <1Ah.
- Evitar golpes y caídas bruscas.
- No exponerlo en ambientes húmedos.
- Mantenerlo fuera del alcance de los niños.

Anexo 2. HOJAS DE DATOS DE LOS COMPONENTES

Circuito esquemático Arduino Pro Mini



Sensor ultrasónico SRF05

SRF05 - Low Cost Ultrasonic Range Finder

Voltage - 5v only required

Low Current - 4mA Typ.

Frequency - 40KHz

Max Range - 4 m

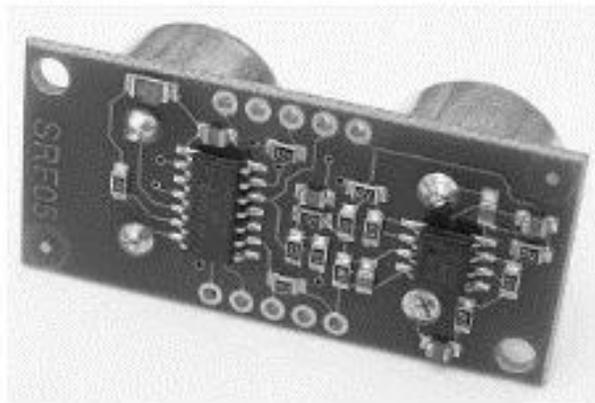
Min Range - 1 cm

Modes - Single pin for trig/echo or 2 Pin SRF04 compatible.

Input Trigger - 10uS Min. TTL level pulse

Echo Pulse - Positive TTL level signal, width proportional to range.

Small Size - 43mm x 20mm x 17mm height

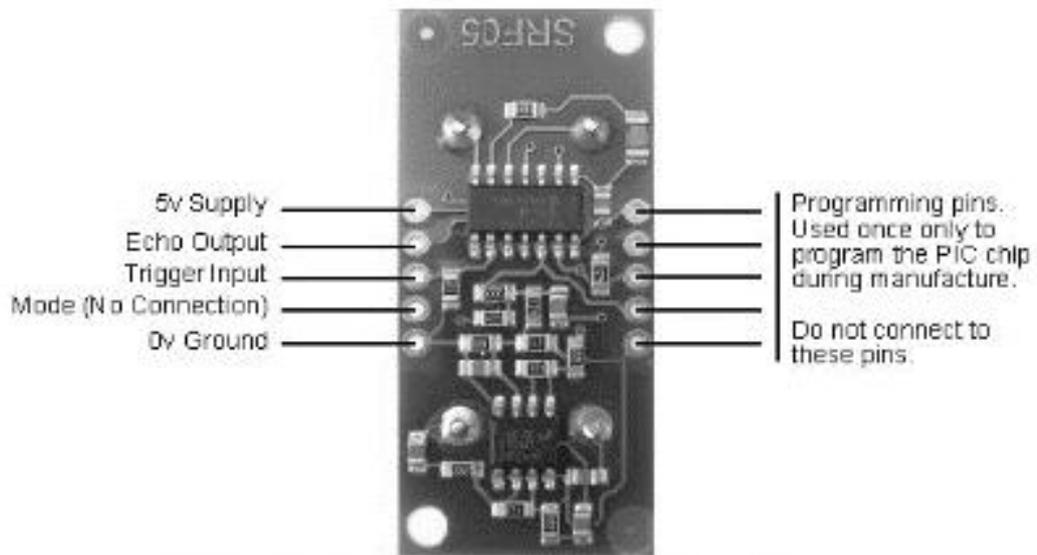


Introduction

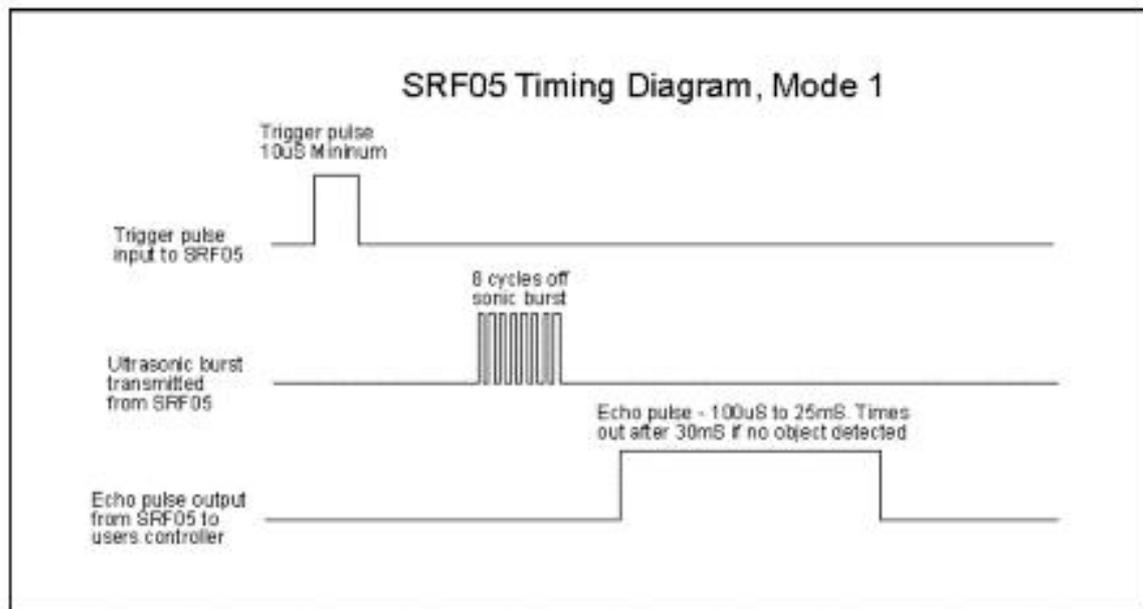
The SRF05 is an evolutionary step from the SRF04, and has been designed to increase flexibility, increase range, and to reduce costs still further. As such, the SRF05 is fully compatible with the SRF04. Range is increased from 3 meters to 4 meters. A new operating mode (tying the mode pin to ground) allows the SRF05 to use a single pin for both trigger and echo, thereby saving valuable pins on your controller. When the mode pin is left unconnected, the SRF05 operates with separate trigger and echo pins, like the SRF04. The SRF05 includes a small delay before the echo pulse to give slower controllers such as the Basic Stamp and Picaxe time to execute their pulse in commands.

Mode 1 - SRF04 compatible - Separate Trigger and Echo

This mode uses separate trigger and echo pins, and is the simplest mode to use. All code examples for the SRF04 will work for the SRF05 in this mode. To use this mode, just leave the mode pin unconnected - the SRF05 has an internal pull up resistor on this pin.



Connections for 2-pin Trigger/Echo Mode (SRF04 compatible)



Calculating the Distance

The SRF05 Timing diagrams are shown above for each mode. You only need to supply a short 10uS pulse to the trigger input to start the ranging. The SRF05 will send out an 8 cycle burst of ultrasound at 40khz and raise its echo line high (or trigger line in mode 2). It then listens for an echo, and as soon as it detects one it lowers the echo line again. The echo line is therefore a pulse whose width is proportional to the distance to the object. By timing the pulse it is possible to calculate the range in inches/centimeters or anything else. If nothing is detected then the SRF05 will lower its echo line anyway after about 30mS.

The SRF04 provides an echo pulse proportional to distance. If the width of the pulse is measured in uS, then dividing by 58 will give you the distance in cm, or dividing by 148 will give the distance in inches. $\mu\text{S}/58=\text{cm}$ or $\mu\text{S}/148=\text{inches}$.

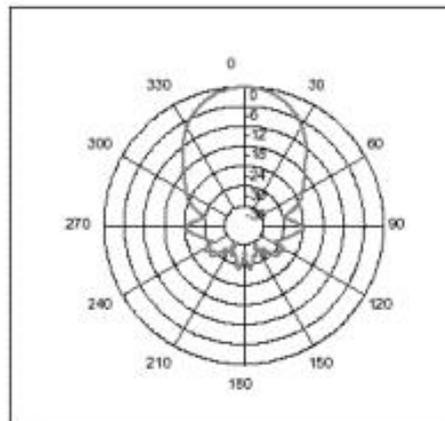
The SRF05 can be triggered as fast as every 50mS, or 20 times each second. You should wait 50ms before the next trigger, even if the SRF05 detects a close object and the echo pulse is shorter. This is to ensure the ultrasonic "beep" has faded away and will not cause a false echo on the next ranging.

The other set of 5 pins

The 5 pins marked "programming pins" are used once only during manufacture to program the Flash memory on the PIC16F630 chip. The PIC16F630's programming pins are also used for other functions on the SRF05, so make sure you don't connect anything to these pins, or you will disrupt the modules operation.

Changing beam pattern and beam width

You can't! This is a question which crops up regularly, however there is no easy way to reduce or change the beam width that I'm aware of. The beam pattern of the SRF05 is conical with the width of the beam being a function of the surface area of the transducers and is fixed. The beam pattern of the transducers used on the SRF05, taken from the manufacturers data sheet, is shown below.



Bluetooth HC-05

HC-05

-Bluetooth to Serial Port Module

Overview



HC-05 module is an easy to use Bluetooth SPP (Serial Port Protocol) module, designed for transparent wireless serial connection setup.

Serial port Bluetooth module is fully qualified Bluetooth V2.0+EDR (Enhanced Data Rate) 3Mbps Modulation with complete 2.4GHz radio transceiver and baseband. It uses CSR Bluecore 04-External single chip Bluetooth system with CMOS technology and with AFH(Adaptive Frequency Hopping Feature). It has the footprint as small as 12.7mmx27mm. Hope it will simplify your overall design/development cycle.

Specifications

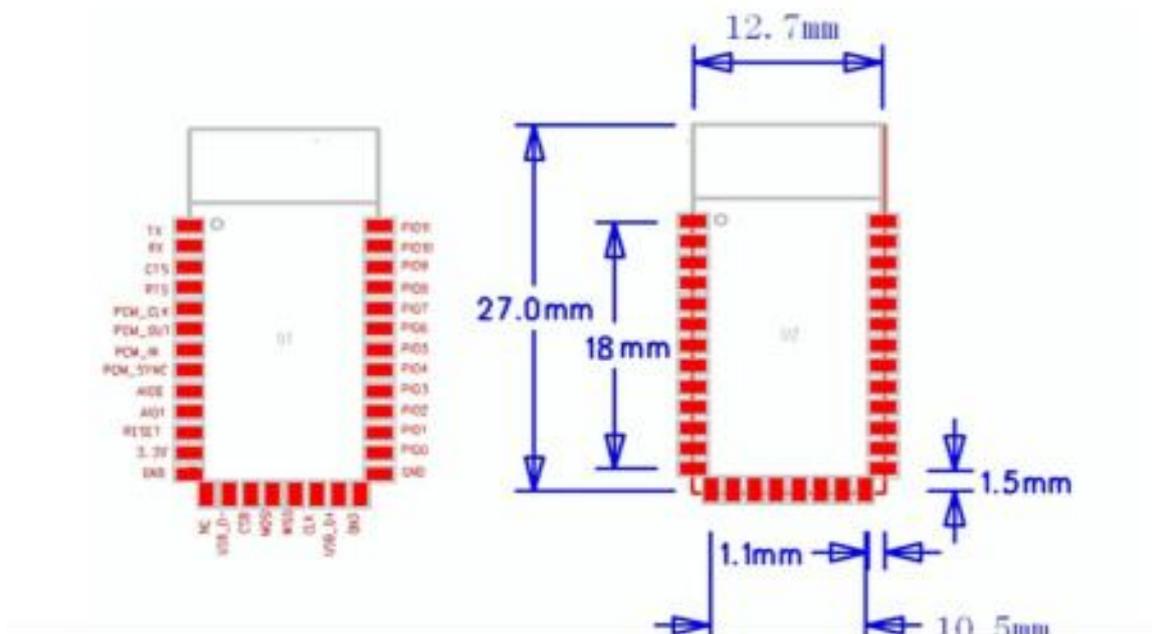
Hardware features

- Typical -80dBm sensitivity
- Up to +4dBm RF transmit power
- Low Power 1.8V Operation ,1.8 to 3.6V I/O
- PIO control
- UART interface with programmable baud rate
- With integrated antenna
- With edge connector

Software features

- Default Baud rate: 38400, Data bits:8, Stop bit:1,Parity:No parity, Data control: has. Supported baud rate: 9600,19200,38400,57600,115200,230400,460800.
- Given a rising pulse in PIO0, device will be disconnected.
- Status instruction port PIO1: low-disconnected, high-connected;
- PIO10 and PIO11 can be connected to red and blue led separately. When master and slave are paired, red and blue led blinks 1time/2s in interval, while disconnected only blue led blinks 2times/s.
- Auto-connect to the last device on power as default.
- Permit pairing device to connect as default.
- Auto-pairing PINCODE:"0000" as default
- Auto-reconnect in 30 min when disconnected as a result of beyond the range of connection.

Hardware



Módulo decodificador de audio WTV020-SD

WTV020-SD MODULE

1.PRODUCT FEATURES

- ⊙Support 1GB SD card max. or SPI flash 64MB max.
- ⊙Support 4 Bit ADCPM format files.
- ⊙Sampling rate from 6KHZ to 36KHZ for AD4 voice format.
- ⊙Sampling rate from 6KHz~16KHz for WAV voice format
- ⊙16 Bit DAC / PWM audio output.
- ⊙Key mode, MP3 mode and two line serial mode are optional .Can choose one of them
- ⊙Copy voice files to SD card by PC.
- ⊙Working voltage: DC2.7~3.5V
- ⊙Quiescent current:: 3uA

1	RESET	VDD	16
2	AUDIO-L	P06	15
3	NC	NC	14
4	SPK+	P02	13
5	SPK-	P03	12
6	NC	NC	11
7	P04	P05	10
8	GND	P07	9

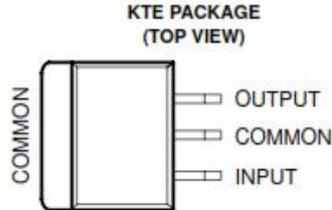
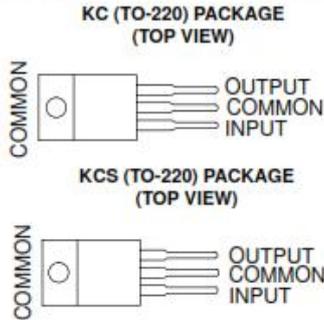
PIN	SYS.	DESCRIPTION	FUNCTION
1	RESET	RESET	Reset pin
2	AUDIO-L	DAC+	DAC audio output(+) to amplifier
3	NC	NC	NC
4	SP+	PWM+	PWM audio output to speaker
5	SP-	PWM-	PWM audio output to speaker
6	NC	NC	NC
7	P04	K3/A2/CLK	Key /CLK in two line serial
8	GND	GND	Address pin
9	P07	K5/A4/SBT	Key
10	P05	K4/A3/DI	Key /DI in two line serial
11	NC	NC	NC
12	P03	K2/A1	Key
13	P02	K1/A0	Key
14	NC	NC	NC
15	P06	BUSY	BUSY pin
16	VDD	VDD	Power input

Regulador de voltaje LM7805

μA7800 SERIES POSITIVE-VOLTAGE REGULATORS

- 3-Terminal Regulators
- Output Current up to 1.5 A
- Internal Thermal-Overload Protection

- High Power-Dissipation Capability
- Internal Short-Circuit Current Limiting
- Output Transistor Safe-Area Compensation



recommended operating conditions

		MIN	MAX	UNIT
V_I Input voltage	μA7805C	7	25	V
	μA7808C	10.5	25	
	μA7810C	12.5	28	
	μA7812C	14.5	30	
	μA7815C	17.5	30	
	μA7824C	27	38	
I_O Output current			1.5	A
T_J Operating virtual junction temperature	μA7800C series	0	125	°C

electrical characteristics at specified virtual junction temperature, $V_I = 10\text{ V}$, $I_O = 500\text{ mA}$ (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	T_J †	μA7805C			UNIT
			MIN	TYP	MAX	
Output voltage	$I_O = 5\text{ mA to }1\text{ A}$, $P_D \leq 15\text{ W}$	25°C	4.8	5	5.2	V
		0°C to 125°C	4.75		5.25	
Input voltage regulation	$V_I = 7\text{ V to }25\text{ V}$	25°C		3	100	mV
	$V_I = 8\text{ V to }12\text{ V}$			1	50	
Ripple rejection	$V_I = 8\text{ V to }18\text{ V}$, $f = 120\text{ Hz}$	0°C to 125°C	62	78		dB
Output voltage regulation	$I_O = 5\text{ mA to }1.5\text{ A}$	25°C		15	100	mV
	$I_O = 250\text{ mA to }750\text{ mA}$			5	50	
Output resistance	$f = 1\text{ kHz}$	0°C to 125°C	0.017			Ω
Temperature coefficient of output voltage	$I_O = 5\text{ mA}$	0°C to 125°C	-1.1			mV/°C
Output noise voltage	$f = 10\text{ Hz to }100\text{ kHz}$	25°C		40		μV
Dropout voltage	$I_O = 1\text{ A}$	25°C		2		V
Bias current		25°C		4.2	8	mA
Bias current change	$V_I = 7\text{ V to }25\text{ V}$	0°C to 125°C			1.3	mA
	$I_O = 5\text{ mA to }1\text{ A}$				0.5	
Short-circuit output current		25°C		750		mA
Peak output current		25°C		2.2		A

† Pulse-testing techniques maintain the junction temperature as close to the ambient temperature as possible. Thermal effects must be taken into account separately. All characteristics are measured with a 0.33-μF capacitor across the input and a 0.1-μF capacitor across the output.

Transistor 2N3904

2N3904

SMALL SIGNAL NPN TRANSISTOR

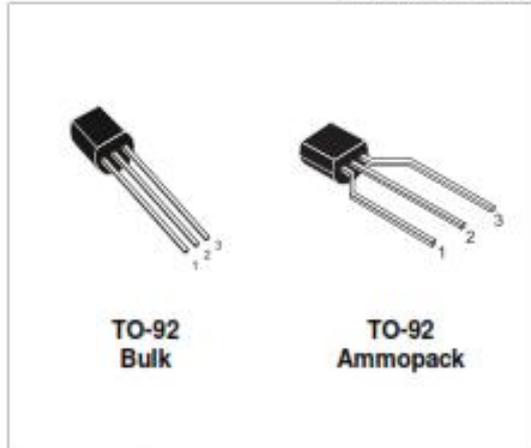
PRELIMINARY DATA

Ordering Code	Marking	Package / Shipment
2N3904	2N3904	TO-92 / Bulk
2N3904-AP	2N3904	TO-92 / Ammopack

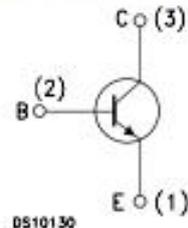
- SILICON EPITAXIAL PLANAR NPN TRANSISTOR
- TO-92 PACKAGE SUITABLE FOR THROUGH-HOLE PCB ASSEMBLY
- THE PNP COMPLEMENTARY TYPE IS 2N3906

APPLICATIONS

- WELL SUITABLE FOR TV AND HOME APPLIANCE EQUIPMENT
- SMALL LOAD SWITCH TRANSISTOR WITH HIGH GAIN AND LOW SATURATION VOLTAGE



INTERNAL SCHEMATIC DIAGRAM



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{CBO}	Collector-Base Voltage ($I_E = 0$)	60	V
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage ($I_B = 0$)	40	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage ($I_C = 0$)	6	V
I_C	Collector Current	200	mA
P_{tot}	Total Dissipation at $T_C = 25^\circ\text{C}$	625	mW
T_{stg}	Storage Temperature	-65 to 150	$^\circ\text{C}$
T_J	Max. Operating Junction Temperature	150	$^\circ\text{C}$

THERMAL DATA

$R_{thj-amb}$ *	Thermal Resistance Junction-Ambient	Max	200	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
$R_{thj-case}$ *	Thermal Resistance Junction-Case	Max	83.3	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{case} = 25^{\circ}\text{C}$ unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
I_{CEX}	Collector Cut-off Current ($V_{BE} = -3\text{ V}$)	$V_{CE} = 30\text{ V}$			50	nA
I_{BEX}	Base Cut-off Current ($V_{BE} = -3\text{ V}$)	$V_{CE} = 30\text{ V}$			50	nA
$V_{(BR)CEO}^*$	Collector-Emitter Breakdown Voltage ($I_B = 0$)	$I_C = 1\text{ mA}$	40			V
$V_{(BR)CBO}$	Collector-Base Breakdown Voltage ($I_E = 0$)	$I_C = 10\text{ }\mu\text{A}$	60			V
$V_{(BR)EBO}$	Emitter-Base Breakdown Voltage ($I_C = 0$)	$I_E = 10\text{ }\mu\text{A}$	6			V
$V_{CE(sat)}^*$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 10\text{ mA}$ $I_B = 1\text{ mA}$ $I_C = 50\text{ mA}$ $I_B = 5\text{ mA}$			0.2 0.2	V V
$V_{BE(sat)}^*$	Base-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 10\text{ mA}$ $I_B = 1\text{ mA}$ $I_C = 50\text{ mA}$ $I_B = 5\text{ mA}$	0.65		0.85 0.95	V V
h_{FE}^*	DC Current Gain	$I_C = 0.1\text{ mA}$ $V_{CE} = 1\text{ V}$ $I_C = 1\text{ mA}$ $V_{CE} = 1\text{ V}$ $I_C = 10\text{ mA}$ $V_{CE} = 1\text{ V}$ $I_C = 50\text{ mA}$ $V_{CE} = 1\text{ V}$ $I_C = 100\text{ mA}$ $V_{CE} = 1\text{ V}$	60 80 100 60 30		300	
f_T	Transition Frequency	$I_C = 10\text{ mA}$ $V_{CE} = 20\text{ V}$ $f = 100\text{ MHz}$	250	270		MHz
C_{CBO}	Collector-Base Capacitance	$I_E = 0$ $V_{CB} = 10\text{ V}$ $f = 1\text{ MHz}$		4		pF
C_{EBO}	Emitter-Base Capacitance	$I_C = 0$ $V_{EB} = 0.5\text{ V}$ $f = 1\text{ MHz}$		18		pF
NF	Noise Figure	$V_{CE} = 5\text{ V}$ $I_C = 0.1\text{ mA}$ $f = 10\text{ Hz}$ to 15.7 KHz $R_O = 1\text{ K}\Omega$		5		dB
t_d	Delay Time	$I_C = 10\text{ mA}$ $I_B = 1\text{ mA}$			35	ns
t_r	Rise Time	$V_{CC} = 30\text{ V}$			35	ns
t_s	Storage Time	$I_C = 10\text{ mA}$ $I_{B1} = -I_{B2} = 1\text{ mA}$			200	ns
t_f	Fall Time	$V_{CC} = 30\text{ V}$			50	ns

* Pulsed: Pulse duration = 300 μs , duty cycle $\leq 2\%$

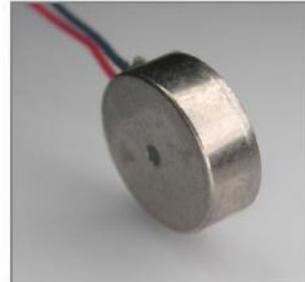
Micromotor desfasado



310-101

10mm Shaftless Vibration Motor
3.4mm Button Type

Specification	Value
Voltage [V]	3
Frame Diameter [mm]	10
Body Length [mm]	3.4
Weight [g]	1.2
Voltage Range [V]	2.5~3.8
Rated Speed [rpm]	12000
Rated Current [mA]	75
Start Voltage [V]	2.3
Start Current [mA]	85
Terminal Resistance [Ohm]	75
Vibration Amplitude [G]	0.8

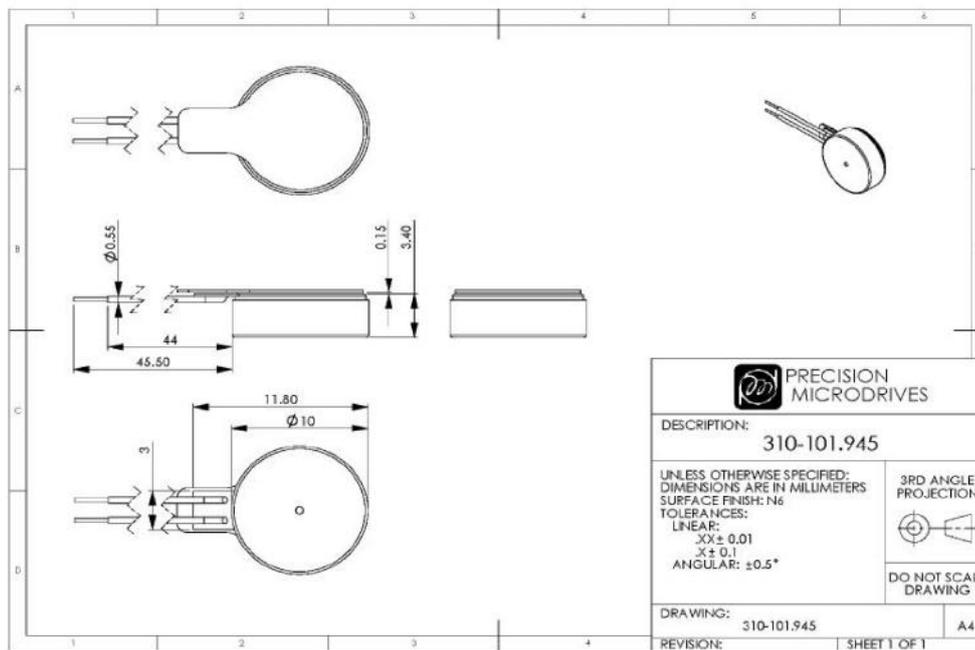


www.precisionmicrodrives.com

Tel: +44 (0) 1932 252482

Fax: +44 (0) 1932 325353

Email: sales@precisionmicrodrives.com



Copyright © 2008 Precision Microdrives Limited. Registered in England and Wales No. 5114521. Registered Office: Unit 23, Cannon Wharf, 35 Evelyn Street, London, SE8 5RT, UK. VAT Registered: GB 900 1238 84

Anexo 3. ENTREVISTA

1. ¿Cuáles son los problemas más frecuentes en su vida diaria al movilizarse?

A veces tengo accidentes con obstáculos altos, porque no se puede detectar con las manos o el bastón.

2. ¿Le resultaría útil una banda frontal con un sensor para detectar obstáculos altos?

Sí, me ayudaría mucho para sentirme más seguro al caminar. Pero espero no sea muy incómodo o pesado.

3. ¿Le resultaría útil un dispositivo para la muñeca que le ayude a detectar obstáculos medios e inferiores?

Si, incluso si reemplaza al bastón me resultaría mucho más cómodo. Aunque tal vez sea difícil adaptarme a este dispositivo pero me gustaría utilizarlo.

4. ¿Qué le parece la idea de tener alertas de voz con información de los obstáculos?

Creo que me resultaría mucho más fácil de entenderlo.

5. ¿Ha visitado la Biblioteca de no videntes de la Universidad Técnica de Ambato?

Solo una vez fui pero fue hace mucho tiempo.

6. ¿Necesita un guía para llegar a la sección de no videntes de la Biblioteca General?

Sí, porque como cambiaron de lugar la biblioteca no sé cómo llegar solo y debe haber muchos obstáculos.