

**PROTOTIPO PARA LA DETECCIÓN DE OBSTÁCULOS SUPERIORES A
LA CAPACIDAD DE RASTREO DE AYUDA A PERSONAS CON
DISCAPACIDAD VISUAL**

**DARIO RAÚL ACOSTA PARRA
JHOMAR MARCELO MENA MAFLA**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
SAN JUAN DE PASTO
2016**

**PROTOTIPO PARA LA DETECCIÓN DE OBSTÁCULOS SUPERIORES A
LA CAPACIDAD DE RASTREO DE AYUDA A PERSONAS CON
DISCAPACIDAD VISUAL**

**DARIO RAÚL ACOSTA PARRA
JHOMAR MARCELO MENA MAFLA**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Ingeniero Electrónico**

**DIRECTOR
M.Sc. DIEGO JAIR RODRIGUEZ OBANDO**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
SAN JUAN DE PASTO
2016**

NOTA DE RESPONSABILIDAD

“Las ideas y conclusiones aportadas en el siguiente trabajo son responsabilidad exclusiva del autor”.

Artículo 1ro del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación

Firma del Director

Firma del jurado 1

Firma del jurado 2

San Juan de Pasto, 01 Diciembre de 2016

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Dios por su gran amor y sabiduría que nos regala para desarrollar este trabajo de grado.

Nuestros padres, hermanos, esposa, quienes con su amor, paciencia y apoyo incondicional han hecho posible este logro académico.

Profesora Yolanda Alfaro coordinadora del Aula de Apoyo Tecnológico para personas con discapacidad de la Universidad de Nariño, por su colaboración en las pruebas del dispositivo.

Nuestro Director de tesis M.Sc. Diego Jair Rodríguez por su disposición y quien acompañó en todo momento, con las cualidades de un gran maestro y amigo en nuestro proceso investigativo.

Nuestros compañeros Darwin, Alexander, Gabriel quienes participaron en las pruebas y surgieran nuevas ideas en cuanto a ayuda en la población con discapacidad visual.

A todos los estudiantes y profesores vinculados al Aula de Apoyo Tecnológico quienes colaboraron con las pruebas y encuestas, y a todos que de alguna u otra forma aportaron al desarrollo de este trabajo investigativo.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION.....	15
1. IDENTIFICACION	17
1.1 OBJETIVOS	17
2. MARCO CONTEXTUAL	18
3. MARCO LEGAL	20
3.1 LEY 361 DE 1997.....	20
3.2 LEY 982 DE 2005.....	20
3.3 LEY 1680 DE 2013.	21
3.4 LEY 1346 DE 2009.	21
3.5 DECRETO 1006 DE 2004.	22
3.6 LEY 1618 DE 2013.	22
4. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	24
4.1 DISCAPACIDAD GENERAL Y VISUAL	24
4.2 DISCAPACIDAD VISUAL	26
4.3 TIFLOGÍA.....	27
4.3.1 Tiflogía y tiflotecnología en la Universidad de Nariño	28
4.3.2 Detección de Obstáculos	30
4.4 BASTÓN DE ORIENTACIÓN Y MOVILIDAD (BASTÓN BLANCO).....	31
4.5 DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS PARA EL PROTOTIPO	33
4.5.1 Plataforma Nano Arduino	34
5. METODOLOGÍA	36
5.1 HERRAMIENTAS PARA LA USABILIDAD Y DESARROLLO	37
5.2 MATRIZ DE CONTRADICCIÓN Y PRINCIPIOS DE INVENTIVA	38
5.3 HERRAMIENTAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	41
5.4 DISEÑO DEL PROTOTIPO.....	42
5.5 CONVENIOS INTERDISCIPLINARES DE LA UNIVERSIDAD DE NARIÑO	43
5.6 PRUEBAS DE USABILIDAD	43
6. RESULTADOS Y ANÁLISIS	45
6.1 ANÁLISIS DE LA ENCUESTA REALIZADA CON LAS PCD VISUAL DE LA UNIVERSIDAD DE NARIÑO	45
6.2 DESARROLLO DEL PROTOTIPO.....	49
6.2.1 Sistema Electrónico	49
6.2.2 Diagrama de bloques	50
6.2.3 Programación de Placa Arduino Nano v3.0	51
6.2.4 Selección de Sensor	52

6.2.5 Dispositivos modo alerta	56
6.2.6 Alimentación del circuito	56
6.2.7 Software libre	57
6.2.8 Implementación.....	58
6.2.9 Diseño del sistema de alojamiento y transporte del dispositivo	59
6.3 ENSAMBLE DEL PROTOTIPO.....	60
6.4 PRUEBAS DE USABILIDAD CON LAS PCD VISUAL DE LA UNIVERSIDAD DE NARIÑO.....	62
6.4.1 Funcionamiento del dispositivo (manual de usuario)	62
6.4.2 Pruebas de Campo	63
6.5 PRUEBAS TÉCNICAS CON INTERFAZ GRÁFICA (MATLAB).....	65
6.6 DIFERENCIAS ENTRE EL PROTOTIPO PARA DETECCIÓN DE OBSTÁCULOS Y EL BASTÓN DE ORIENTACIÓN Y MOVILIDAD.....	68
6.7 ANÁLISIS ECONÓMICO DE COSTOS.....	69
7. CONCLUSIONES	70
8. BIBLIOGRAFIA	72

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Sectorización de la ciudad de Pasto – Nariño – Colombia.....	19
Figura 2. Maquina inteligente de lectura ALLREADER.	29
Figura 3. Impresora Braille Aula de Apoyo Tecnológico Universidad de Nariño.	29
Figura 4. Impresión en Braille.	30
Figura 5. Windows bajo Jaws.....	30
Figura 6. Bastón de Orientación y Movilidad utilizado para el prototipo.	32
Figura 7. Sensor de ultrasonido HC SR04.	34
Figura 8. Nano Arduino v 3.0 Schematic.....	35
Figura 9. Enfoque metodológico TRIZ.	37
Figura 10. Realización de la encuesta con José Ismael Mora Docente de música Universidad de Nariño.	42
Figura 11. Reunión interdisciplinar Universidad de Nariño.	44
Figura 12. Nivel de dependencia percibido por una persona con discapacidad visual en la Universidad de Nariño.	47
Figura 13. Porcentaje de PcD visual en la Universidad de Nariño utiliza Bastón de Orientación y movilidad.....	48
Figura 14. Funcionamiento del sistema de detección de obstáculos.	50
Figura 15. Diagrama de bloques del sistema electrónico de detección de obstáculos.....	50
Figura 16. Entorno de desarrollo en Arduino IDE Software Versión 1.0.6.	51
Figura 17. Sistema ultrasónico con excitación continua.	53
Figura 18. Terminales de conexión de sensor de Ultrasonido HC-SR04.	54
Figura 19. Diagrama de tiempos de sensor HC-SR04.....	54
Figura 20. Márgenes de detección de sensor de ultrasonido.	55
Figura 21. Elementos electrónicos (a) Buzzer y (b) motor de vibración.	56
Figura 22. Circuito de carga en simulador Proteus.	57
Figura 23. Simulación del circuito en Software Proteus.	58
Figura 24. Implementación del sistema electrónico en protoboard.	58
Figura 25. (a) Primera carcasa de sistema electrónico y (b) bastón de orientación y movilidad.....	59
Figura 26. Sistema electrónico en primera carcasa.	60
Figura 27. Primer prototipo de detección de obstáculos.	60
Figura 28. (a) Carcasa final y (b) prototipo final.	61
Figura 29. Pruebas con PcD visual de la Universidad de Nariño.....	65
Figura 30. Micro servomotor 9G.	66
Figura 31. Montaje de motor servo sobre la plataforma Nano Arduino.....	66
Figura 32. Interfaz gráfica Matlab sin detección de obstáculos.....	67
Figura 33. Interfaz gráfica Matlab en la detección de obstáculos.	68

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Conceptos de la CIDDM.	25
Tabla 2. Algunos factores que afectan en la pérdida de la visión.	27
Tabla 3. Conceptos de contradicción e idealidad introducidas por Altshuller y fundamentales en TRIZ	38
Tabla 4. Matriz de parámetros y principios inventivos TRIZ.	39
Tabla 5. Movilidad PcD visual Universidad de Nariño.	45
Tabla 6. Utilización bastón de orientación y movilidad PcD visual Universidad de Nariño.	47
Tabla 7. Características de los sensores infrarrojos y ultrasonido.	52
Tabla 8. Características técnicas del prototipo	62
Tabla 9. Diferencias entre el prototipo y bastón tradicional.	68
Tabla 10. Costos de fabricación del prototipo sin mano de obra ni gastos asociados a la propiedad intelectual.	69

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Plano esquemático electrónico.

Anexo B. Plano de medidas sobres vistas reales.

Anexo C. Código de programa en Arduino para adquisición de datos por medio del sensor de ultrasonido.

Anexo D. Código de programa en Matlab para prueba con interfaz gráfica del movimiento del sensor.

Anexo E. Desarrollo del software implementado en la placa Nano Arduino, haciendo uso del programa Arduino y el lenguaje C.

Anexo F. Formato de encuesta aplicado a PcD visual del Aula de Apoyo Tecnológico de la Universidad de Nariño.

Anexo G. Manual de usuario impreso en sistema Braille. El manual original queda disponible en el aula de apoyo tecnológico de la Universidad de Nariño.

GLOSARIO

ARDUINO: es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios.

CEGUERA: es la privación de la vista. Se puede hablar de ceguera parcial, cuando la persona tiene poca visión o distingue luces y sombras o de ceguera total, el sujeto no ve absolutamente nada y no puede distinguir ninguna luz.

DISCAPACIDAD: es una condición que hace que una persona sea considerada discapacitada. Esto quiere decir que el sujeto en cuestión tendrá dificultades para desarrollar tareas cotidianas y corrientes que, al resto de los individuos, no les resulta complicadas. El origen de una discapacidad suele ser algún trastorno en las facultades físicas o mentales.

OMS ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD: es el organismo de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) especializado en gestionar políticas de prevención, promoción e intervención en salud a nivel mundial. Inicialmente fue organizada por el Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas que impulsó la redacción de los primeros estatutos de la OMS.

PcD: en esta investigación se refiere a las Personas con Discapacidad.

SORDERA: es la dificultad o la imposibilidad de usar el sentido del oído debido a una pérdida de la capacidad auditiva parcial o total, y unilateral o bilateral. Así pues, una persona sorda será incapaz o tendrá problemas para escuchar. Ésta puede ser un rasgo hereditario o puede ser consecuencia de una enfermedad, traumatismo, exposición a largo plazo al ruido, o medicamentos agresivos para el nervio auditivo.

USABILIDAD: hace referencia a la facilidad con que un usuario puede utilizar una herramienta fabricada por otras personas con el fin de alcanzar un cierto objetivo, por lo tanto la usabilidad está vinculada a la simpleza, la facilidad, la comodidad y la practicidad.

RESUMEN

El presente documento describe el desarrollo de la investigación encaminada a la creación de una herramienta electrónica, para mejorar el desplazamiento y seguridad de las personas con discapacidad visual. La investigación realizada dentro del contexto educativo de la Universidad de Nariño, contó con el apoyo interdisciplinario de los Programas de Ingeniería Electrónica y de Administración de empresas y del Sistema de Bienestar Universitario. El enfoque utilizado fue la investigación creativa. La metodología utilizada fue la resolución de problemas Inventivos más conocida como TRIZ. A través de la ejecución de una encuesta se pudo conocer que el bastón blanco sigue siendo una herramienta de orientación y movilidad de amplio uso y reconocida eficacia, sin embargo se evidencia que esta herramienta no genera total seguridad para el usuario, puesto que no hay una detección de obstáculos en el espacio cercano a la parte superior del cuerpo. En consecuencia, se propuso realizar una adaptación del bastón por medio del diseño e implementación de un dispositivo para la detección de dichos obstáculos. El resultado fue un prototipo electrónico, que consta de un sensor de ultrasonido y una placa de control electrónico implantadas sobre un bastón tradicional. Esta herramienta ofrece una alerta vibratoria cuando se detecta un obstáculo superior a la altura de la cintura a una distancia de 120 cm aproximadamente, la cual se considera como adecuada para prevenir riesgos en la marcha típica del usuario. El sistema final se constituye como un aporte en el área de la tiflotecnología, ya que provee un conjunto de técnicas, conocimientos y recursos como ayuda para la integración social, cultural, laboral y educativa de las personas con discapacidad visual. Las pruebas realizadas con el prototipo evidencian aceptación, fácil manipulación y desplazamiento más ágil y seguro que con el bastón blanco tradicional.

ABSTRACT

This document describes the research process for the creation of an electronic tool to improve the movement and safety of people with vision loss. This interdisciplinary research was developed within the educational context of the University of Nariño and it was supported by the programs of Electronic Engineering and Business Management and University Welfare System. The approach focus was the so-called creative research. The development method used was theory of the resolution of invention-related tasks also known as TRIZ. Through the implementation of a survey it was learned that the white cane remains as an orientation and mobility tool widely used and known to be effective, however it is evident that this tool does not generate complete safety for the user, since there is no obstacle detection near to the upper body area. Accordingly, it was proposed an adaptation of the white cane through the design and implementation of a device to detect such obstacles. The result was an electronic prototype device, composed of an ultrasonic sensor and an electronic control board implanted on a traditional white cane. The device provides a vibrating alert when an above-waist-level obstacle is detected at a distance of approximately 120cm, which is considered adequate to prevent risks in the typical march of user. The final system is established as a contribution in the area of typhlotechnology, as it provides a set of skills, knowledge and resources to help to social, cultural, professional and educational integration for people with vision loss. Tests with the prototype show acceptance, good handling and quicker and safer movement than with the traditional cane.

INTRODUCCION

En la actualidad, se han dinamizado los procesos de inclusión escolar, laboral y social de las personas con algún tipo de discapacidad, en adelante PcD¹, con el propósito de permitir que todas las personas que de acuerdo a su condición o situación puedan tener acceso a condiciones básicas y derechos fundamentales que la sociedad brinda; sin embargo, se evidencia que la población de la Universidad de Nariño aún no se encuentra preparada para permitir que las personas con alguna discapacidad puedan acceder con facilidad y seguridad a este contexto. Al hablar de inclusión se enfatiza en brindar una atención con calidad, pertinencia y equidad a las PcD. Esto es, que la población requiere calidad en su proceso de inclusión.

El presente trabajo se enfocó en la discapacidad visual, esta presenta la pérdida total o parcial del sentido de la vista, que afecta el funcionamiento del desarrollo de diferentes tareas, haciendo que a estas personas se les dificulte en algunos momentos la participación de actividades propias de la vida cotidiana. Para lograr una participación más efectiva y un proceso de inclusión eficaz con esta población es útil crear, modificar, reorganizar espacios que faciliten un desplazamiento seguro dentro del contexto en el que se desenvuelven con la intención de mejorar su calidad de vida frente a su entorno social. En la ciudad de Pasto se reconoce que se han creado variedad de apoyos para disminuir los riesgos relacionados con movilidad y desplazamiento para las personas con discapacidad visual los cuales han sido útiles y bien diseñados para satisfacer sus necesidades. Sin embargo, es necesario seguir investigando sobre nuevas formas de ayuda; en este caso, la electrónica puede ofrecer las ventajas de la versatilidad y la innovación.

Una herramienta de desplazamiento y de uso extendido es el bastón blanco, el cual permite detectar obstáculos inferiores por medio de la *capacidad de rastreo*, entendida ésta como la facilidad de desplazamiento de un lugar a otro identificando obstáculos que se encuentren ubicados de la cintura hacia abajo, tales como piedras y desniveles, y reconocer mejor el ambiente en el que transitan; sin embargo, se evidencia que para esta población existen obstáculos que impiden su desplazamiento con independencia y autonomía limitado por infinidad de elementos que están por encima de la cintura y que salen del área de rastreo difícilmente detectados por el bastón, tales como avisos publicitarios, antepechos, ramas de árboles, materas colgantes entre otros. Dichos obstáculos, además de representar un peligro real, han provocado que las personas invidentes tengan dificultad al momento de transitar por el temor de sufrir algún accidente que los afecte física y psicológicamente. El diseño del prototipo es aplicado a la necesidad de la población con discapacidad visual de la Universidad de Nariño objeto de estudio, personas que tienen la dificultad de movilizarse y que tropiezan con obstáculos superiores a la capacidad de rastreo.

¹COLOMBIA. MINISTERIO DE LA SALUD. Informe inicial sobre la implementación de la convención sobre los derechos de las PcD en Colombia: informe inicial. Santafé de Bogotá: El Ministerio, 2013, p.5.

Este documento presenta en la parte inicial el objetivo general y objetivos específicos planteados en el anteproyecto y posteriormente se divide en 7 capítulos tales como:

En el capítulo 1, identificación, presenta aspectos generales que resumen el objeto del trabajo de investigación. Entre ellos se destacan la implementación y la eficiencia del dispositivo electrónico en las personas con discapacidad visual.

En los capítulos 2, 3 y 4, marco referencial, el cual incluye al marco contextual. En este se ubica la población de investigación que en este caso son las PcD visual de la Universidad de Nariño. Marco legal, como la población con discapacidad se involucra a la sociedad con un sistema de reglamentación legal existente a nivel nacional. Marco teórico conceptual, se trata de la teoría relativa al trabajo de investigación, al estudio previo del problema y así encontrar de forma adecuada la respectiva solución del mismo.

En cuanto a la metodología, capítulo 5, se trabaja según los objetivos específicos del proyecto, en donde se muestra específicamente las actividades de diseño de acuerdo a la metodología TRIZ un sistema de herramientas de investigación, una base de conocimiento, y una tecnología basada en modelos para generar ideas y las soluciones innovadoras para la solución de problemas.

En la sección de resultados y análisis, capítulo 6, se muestran los resultados del trabajo de investigación según los parámetros metodológicos, basado en encuestas para determinar un buen diseño para el prototipo, además del sistema electrónico, construcción del circuito y las pruebas pertinentes con la población objetivo, PcD visual de la Universidad de Nariño. Se comprobó que la gran mayoría de esta población utiliza el bastón de orientación y movilidad, lo cual fue de suma importancia para la implementación del prototipo en esta herramienta de desplazamiento.

Finalmente, en la sección de conclusiones, se destaca el cumplimiento de los objetivos del proyecto, además de las apreciaciones de los autores del resultado de este trabajo investigativo. Algunas recomendaciones y trabajos futuros son propuestos al final.

1. IDENTIFICACION

1.1 OBJETIVOS

Objetivo General

Implementar un sistema electrónico para personas con discapacidad visual que permita identificar obstáculos que están a una altura superior a la capacidad de rastreo.

Objetivos Específicos

Indagar en la población con discapacidad visual de la Universidad de Nariño, cuáles son sus necesidades con relación a movilidad segura.

Diseñar el prototipo que permita el correcto desplazamiento, que incremente la seguridad de las personas con discapacidad visual.

Optimizar el sistema diseñado que pueda ser utilizado por las personas con discapacidad visual.

Evaluar la eficiencia del dispositivo electrónico implementado para la población con discapacidad visual de la Universidad de Nariño.

2. MARCO CONTEXTUAL

La Universidad de Nariño es un entorno apropiado para generar alternativas relacionadas a contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de las personas con discapacidad *PcD*² visual, donde se promueve procesos de inclusión educativa con calidad.

Este trabajo de investigación tuvo como referente a las *PcD* visual que se encuentran vinculadas en las diferentes facultades de la Universidad de Nariño, quienes han sido útiles para expresar sus necesidades relacionadas con el desplazamiento desde su lugar de residencia hasta esta institución educativa y sus alrededores. Los aportes brindados por las *PcD* visual fueron de gran importancia puesto que desde nuestro campo de la Ingeniería Electrónica se pueden realizar diseños que permitan un desplazamiento más seguro para dicha población.

En conjunto con los directores de bienestar universitario y el programa de administración de empresas se amplió la necesidad de crear este proyecto de investigación encaminado a mejorar la participación social y calidad de vida de las *PcD* visual de esta institución. Las *PcD* visual involucradas fueron los estudiantes y docentes pertenecientes a la Universidad de Nariño; tanto en sede Torobajo, centro y VIPRI; en donde el Área de Desarrollo Humano y el Aula de Apoyo Tecnológico del Sistema de Bienestar Universitario de la misma Universidad ofrece programas de inclusión, tecnologías de información y comunicación para personas con discapacidad.

El aula de apoyo tecnológico fue inaugurado el 4 de Febrero del 2009 en San Juan de Pasto, es un espacio físico que brinda buena atención, permanencia y desempeño académico de los estudiantes con ceguera total o baja visión; puesto que según un estudio realizado por el *DANE*³, "Pasto y el Departamento de Nariño tienen un gran porcentaje de población con Sordo ceguera, al igual que las grandes ciudades como Bogotá y Barranquilla."⁴.

El registro para la localización y caracterización de personas con discapacidad a junio de 2007, presenta los resultados parciales en:

"642 municipios de 28 departamentos y Bogotá. Según los resultados hay un total de 475.409 personas con discapacidad; de este grupo 63.442 (13.3% del total de registrados), son personas con severos problemas visuales que les ocasiona discapacidad visual, limitaciones en la actividad y restricciones en la participación. El último censo de población realizado en 2005 presenta que la tasa de Prevalencia de una discapacidad para el total de la población colombiana es de 6.4%, lo que corresponde a 2'585.224

²*PcD*, abreviatura para designar Personas con discapacidad.

³Departamento Administrativo Nacional de Estadística.

⁴UNIVERSIA. Colombia. Educación: Universidad de Nariño inauguró aula especializada para comunidad con Sordoceguera. [en línea] febrero, 2009. <http://www.noticias.universia.net.co>. [Citado el 16 de Abril de 2015].

personas, de las cuales 1'121.129 manifestaron tener una limitación para “Ver a pesar de usar lentes o gafas” lo que corresponde al 43,4% de las personas con discapacidad.⁵

Según la Dirección de Censo y Demografía (DANE), en el departamento de Nariño: “134,688 personas presentan algún tipo de limitación o discapacidad, de los cuales el 49.5% son hombres y el 50.5% son mujeres. Con respecto a la población total del departamento el 9 % tiene problemas de visión.”⁶.

Figura 1. Sectorización de la ciudad de Pasto – Nariño – Colombia.



Fuente: Google Maps.

⁵INSTITUTO NACIONAL PARA CIEGOS – INCI, FUNDACIÓN INNOVACIONES – CINDI. Sistematización de la movilización social y política de la población con limitación visual. Santafé de Bogotá: 2008, p.14. (Convenio Especifico no 1).

⁶Ibíd., p.29.

3. MARCO LEGAL

Para el desarrollo de esta investigación se partió de un referente legal al respecto. Las normas en este caso involucran un soporte para la realización de la investigación, y a la vez, guían ciertos procedimientos y particularidades.

3.1 LEY 361 DE 1997.

Por la cual se establece mecanismo de integración social de las personas con limitación y se dictan otras disposiciones. En su artículo 1 dice: “los principios que inspiran la presente ley, se fundamentan en los artículos 13, 47, 54 y 68 que la constitución nacional reconocen en consideración a la dignidad que le es propia a las personas con limitación en sus derechos fundamentales, económicos, sociales y culturales para su completa realización personal y su total integración social y a las personas con limitaciones severas y profundas, la asistencia y protección necesarias.”⁷.

De igual forma en los artículos 2 y 3 respectivamente dice:

El Estado garantizará y velará por que en su ordenamiento jurídico no prevalezca discriminación sobre habitante alguno en su territorio, por circunstancias personales, económicas, físicas, fisiológicas, síquicas, sensoriales y sociales.

El Estado Colombiano inspira esta ley para la normalización social plena y la total integración de las personas con limitación y otras disposiciones legales que se expidan sobre la materia en la Declaración de los Derechos Humanos proclamada por las Naciones Unidas en el año 1948, en la Declaración de los Derechos del Deficiente Mental aprobada por la ONU el 20 de diciembre de 1971, en la Declaración de los Derechos de las Personas con Limitación, aprobada por la Resolución 3447 de la misma organización, del 9 de diciembre de 1975, en el Convenio 159 de la OIT, en la Declaración de Sund Berg de Torremolinos, Unesco 1981, en la Declaración de las Naciones Unidas concerniente a las personas con limitación de 1983 y en la recomendación 168 de la OIT de 1983⁸.

3.2 LEY 982 DE 2005.

Por la cual se establecen normas tendientes a la equiparación de oportunidades para las personas sordas y sordociegas y se dictan otras disposiciones. En su artículo 11 dice:

Todos los derechos de educación, salud, interpretación, traducción e información referidos a los sordos señantes se extenderán a los sordociegos señantes, quienes además tendrán derecho a exigir servicio de guía-

⁷COLOMBIA.CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 361 (7, febrero, 1997). Por la cual se establecen mecanismos de integración social de las personas con limitación y se dictan otras disposiciones. Diario oficial. Bogotá, D.C., 1997. No.42978.p.1-28.

⁸Ibíd., p. 1.

intérprete para permitir la interacción comunicativa de estas personas sordociegas mediante el uso de los diversos sistemas de comunicación. Los entes competentes en los departamentos, distritos y municipios deben promover, adecuar, implementar servicios de atención integral a las personas sordociegas para evitar la disminución en la calidad de vida.

Y de igual forma en los artículos 30 y 38 respectivamente, dice:

Al sordo y sordociego no se le podrá negar, condicionar o restringir el acceso a un trabajo arguyendo su falta de audición o visión a menos que se demuestre fehacientemente que dicha función es imprescindible para la labor que habría de realizar.

Las entidades tanto públicas como privadas que ofrecen programas de formación y capacitación profesional a personas sordas y sordociegas tales como el Servicio Nacional de Aprendizaje, Sena, las universidades, centros educativos, deberán tener en cuenta las particularidades lingüísticas y comunicativas e incorporar el servicio de intérprete de Lengua de Señas y guía intérprete en los programas que ofrecen⁹.

3.3 LEY 1680 DE 2013.

Por la cual se garantiza a las personas ciegas y con baja visión, el acceso a la información, a las comunicaciones, al conocimiento y a las tecnologías de la información y de las comunicaciones. En donde en su artículo 1 dice: “El objeto de la presente ley es garantizar el acceso autónomo e independiente de las personas ciegas y con baja visión, a la información, a las comunicaciones, al conocimiento, y a las tecnologías de la información y las comunicaciones, para hacer efectiva su inclusión y plena participación en la sociedad.”¹⁰.

3.4 LEY 1346 DE 2009.

Por medio de la cual se aprueba la “Convención sobre los Derechos de las personas con Discapacidad”, adoptada por la Asamblea General de la Naciones Unidas el 13 de diciembre de 2006. Esta ley en el artículo 1 dice:

El propósito de la presente Convención es promover, proteger y asegurar el goce pleno y en condiciones de igualdad de todos los derechos humanos y libertades fundamentales por todas las personas con

⁹COLOMBIA.CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 982 (9, agosto, 2005). Por la cual se establecen normas tendientes a la equiparación de oportunidades para las personas sordas y sordociegas y se dictan otras disposiciones. Diario oficial. Bogotá, D.C., 2005. No.45995.p.1 -13.

¹⁰COLOMBIA.CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 1680 (20, noviembre, 2013). Por la cual se garantiza a las personas ciegas y con baja visión, el acceso a la información, a las comunicaciones, al conocimiento y a las tecnologías de la información y de las comunicaciones. Diario oficial. Bogotá, D.C., 2013. No.48980.p.1-4.

discapacidad, y promover el respeto de su dignidad inherente. Las personas con discapacidad incluyen a aquellas que tengan deficiencias físicas, mentales, intelectuales o sensoriales a largo plazo que, al interactuar con diversas barreras, puedan impedir su participación plena y efectiva en la sociedad, en igualdad de condiciones con las demás¹¹.

3.5 DECRETO 1006 DE 2004.

Modifica la estructura y las funciones del Instituto Nacional para Ciegos –INCI–. En sus artículos 1 y 2 respectivamente dice: Denominación y Naturaleza Jurídica. El Instituto Nacional para Ciegos, INCI, es un establecimiento público del orden nacional, adscrito al Ministerio de Educación Nacional, con personería jurídica, autonomía administrativa y financiera y patrimonio independiente.

El Instituto Nacional para Ciegos, INCI, tiene como objeto fundamental la organización, planeación y ejecución de las políticas orientadas a obtener la rehabilitación, integración educativa, laboral y social de los Limitados Visuales, el bienestar social y cultural de los mismos; y la prevención de la ceguera. En desarrollo de su objetivo el INCI deberá coordinar acciones con los Ministerios de Educación Nacional, de la Protección Social y Ministerio de Comunicaciones en las áreas de su competencia, y ejercerá las facultades de supervisión a las entidades de y para ciegos, sean estas públicas o privadas, de acuerdo con las políticas trazadas por el Ministerio de Educación Nacional¹².

3.6 LEY 1618 DE 2013.

Por medio de esta ley se establecen las disposiciones para garantizar el pleno ejercicio de los derechos de las personas con discapacidad, es así que por medio de artículo 1 dice: “El objeto de la presente ley es garantizar y asegurar el ejercicio efectivo de los derechos de las personas con discapacidad, mediante la adopción de medidas de inclusión, acción afirmativa y de ajustes razonables y eliminando toda forma de discriminación por razón de discapacidad, en concordancia con la ley 1346 de 2009”. De igual forma en los artículos 2 y 5 respectivamente, dice:

Inclusión social: es un proceso que asegura que todas las personas tengan las mismas oportunidades, y la posibilidad real y efectiva de acceder, participar, relacionarse y disfrutar de un bien, servicio o ambiente, junto con los demás ciudadanos, sin ninguna limitación o

¹¹COLOMBIA.CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 1346 (31, julio, 2009). Por medio de la cual se aprueba la “Convención sobre los Derechos de las personas con Discapacidad”, adoptada por la Asamblea General de las Naciones Unidas el 13 de diciembre de 2006. Diario oficial. Bogotá, D.C., 2009. No.47427.p.1-29.

¹²COLOMBIA. CONSEJO DIRECTIVO DEL INSTITUTO NACIONAL PARA CIEGOS, INCI. Decreto No 1006 (1, abril, 2004). Por el cual se modifica la estructura del Instituto Nacional para Ciegos, INCI, y se dictan otras disposiciones. Bogotá, D.C.: El Ministerio, 2004. p.1-8.

restricción por motivo de discapacidad, mediante acciones concretas que ayuden a mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad.

GARANTÍA DEL EJERCICIO EFECTIVO DE TODOS LOS DERECHOS DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD Y DE SU INCLUSIÓN. Las entidades públicas del orden nacional, departamental, municipal, distrital y local, en el marco del Sistema Nacional de Discapacidad, son responsables de la inclusión real y efectiva de las personas con discapacidad, debiendo asegurar que todas las políticas, planes y programas, garanticen el ejercicio total y efectivo de sus derechos, de conformidad con el artículo 3 literal c, de ley 1346 de 2009¹³.

A partir de la Constitución Política de Colombia de 1991, las personas en situación de discapacidad son usuarios de derechos y tienen a su favor una amplia normatividad en aspectos relacionados con el deporte, salud, trabajo, recreación y la educación. En consonancia con este mandato constitucional, la Universidad de Nariño a partir del año 1998, mediante acuerdo No. 009 del 6 de marzo, el Consejo Superior de la Universidad de Nariño, estableció el otorgamiento de un cupo especial por programa para estudiantes en situación de discapacidad. En este mismo sentido, mediante acuerdo 086 del 3 de Octubre de 2006 reglamento la Dirección del Sistema de Bienestar Universitario que propende por el desarrollo integral de los estudiantes, además en su estructura cuenta con una oficina de Desarrollo Humano encargada de atender a alumnos en situación de vulnerabilidad, sin embargo no se conoce aún una política institucional definida para la inclusión educativa de este tipo de población y por tanto no se evidencia una normatividad clara¹⁴.

¹³COLOMBIA.CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 1618 (27, febrero, 2013). Por medio de la cual se establecen las disposiciones para garantizar el pleno ejercicio de los derechos de las personas con discapacidad. Diario oficial. Bogotá, D.C., 2013. No. 48717.p.1-24.

¹⁴ CALPA ENRÍQUEZ, Susana; UNIGARRO ORDOÑEZ, Enrique. La inclusión educativa de estudiantes en situación de discapacidad en la Universidad de Nariño. En: Línea de investigación teorías y procesos curriculares. Septiembre – Octubre, 2012, vol. 1, No. 1, p. 38-57.

4. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

4.1 DISCAPACIDAD GENERAL Y VISUAL

Las distintas discapacidades han sido estudio de diferentes ramas de la electrónica y la medicina, que en conjunto no solo identifican el problema sino que han desarrollado terapias y tipos de educación satisfactoria para no hacer tan difícil el convivir con su discapacidad, ya con esto las PcD visual han podido leer, escribir y movilizarse de una manera más adecuada.

La discapacidad es una situación heterogénea que envuelve la interacción de una persona en sus dimensiones física o psíquica y los componentes de la sociedad en la que se desarrolla y vive. Incluye un sinnúmero de dificultades, desde problemas en la función o estructura del cuerpo -por ejemplo, parálisis, sordera, ceguera o sordoceguera, pasando por limitaciones en la actividad o en la realización de acciones o tareas -por ejemplo, dificultades suscitadas con problemas en la audición o la visión-, hasta la restricción de un individuo con alguna limitación en la participación en situaciones de su vida cotidiana.¹⁵

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) se puede decir que discapacidad es cualquier restricción o impedimento de la capacidad de realizar una actividad en la forma o dentro del margen que se considera normal para el ser humano. La discapacidad se caracteriza por insuficiencias en el desempeño de una actividad rutinaria normal, los cuales pueden ser temporales o permanentes, reversibles o surgir como respuesta del propio individuo a deficiencias físicas, sensoriales psicológicas o de otro tipo.

Según Clasificación Internacional de Deficiencias, Discapacidades y Minusvalías (CIDDM); la cual fue remplazada por la Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y la Salud (CIF), “presentada en 2001, las personas con discapacidad son aquellas que tienen una o más deficiencias físicas, mentales, intelectuales o sensoriales y que al interactuar con distintos ambientes del entorno social pueden impedir su participación plena y efectiva en igualdad de condiciones a los demás.”¹⁶.

¹⁵MUÑOZ PADILLA, Andrea Carolina. Discapacidad: Contexto, concepto y modelos, 16 International Law. En: Revista Colombiana de Derecho Internacional. No.16. (abril, 2010); p.381-414. ISSN 1692-8156.

¹⁶GARCIA EGEA, Carlos y SANCHEZ SARABIA, Alicia. Clasificaciones de la OMS sobre discapacidad. Murcia: 2001. 5p.

Tabla 1. Conceptos de la CIDDM.

Deficiencia (Dimensión orgánica)	Incapacidad (Dimensión individual)	Minusvalía (Dimensión social)
Pierna amputada	Dificultades para andar	Desempleo
Pérdida parcial de la vista	Dificultades para leer páginas impresas	Incapacidad para asistir a la escuela
Pérdida de sensibilidad de los dedos	Dificultades para recoger objetos pequeños	Subempleo
Parálisis de los brazos o piernas	Limitación de movimiento	Hay que quedarse en casa
Deficiencia de la función vocal	Capacidad limitada para hablar y hacerse entender	Reducción de la interacción
Retraso mental	Aprendizaje lento	Aislamiento social

Fuente: OMS, Clasificación Internacional de Deficiencias, Incapacidades y Minusvalías (Ginebra, OMS, 1980).

La Clasificación de la discapacidad posee dos componentes: “parte 1, sobre funcionamiento y discapacidad, y parte 2, sobre factores contextuales. La primera, a su vez, se subdivide en: (a) funciones y estructuras corporales y (b) actividades y participación. Y la segunda se subdivide en: (a) factores ambientales y (b) factores personales”¹⁷; entre las cuales se encuentra la discapacidad cognitiva, física y sensorial, en donde se hace más énfasis.

Las personas con discapacidad cognitiva “son aquellas que presentan dificultades en el nivel de desempeño en una o varias de las funciones dinámicas y funcionales, habilidades de procesamiento y estilos de pensamiento que determina el desempeño y el aprendizaje de una persona.”¹⁸. Es así como se han generado diferentes conceptos relacionados como retraso mental, discapacidad intelectual, y discapacidad mental. “La discapacidad física se puede definir como una desventaja, resultante de una imposibilidad que limita o impide el desempeño motor de la persona afectada y esto significa que las partes afectadas son los brazos y/o las piernas.”¹⁹ “Debido a una alteración del funcionamiento en el sistema óseo-articular, muscular y/o nervioso, y que en grados variables limita algunas actividades que pueden realizar el resto de las

¹⁷Organización Mundial de la Salud, OMS, Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud, CIF, 12 (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, Secretaría General de Asuntos Sociales, Instituto de Migraciones y Servicios Sociales, IMSERSO, Madrid, 2001).

¹⁸COLOMBIA. MINISTERIO DE EDUCACION NACIONAL. Orientaciones pedagógicas para la atención educativa a estudiantes con discapacidad cognitiva. Santafé de Bogotá: El Ministerio, 2006. p.17.

¹⁹FLORES BASULTO, Mónica Y. Discapacidad Física. México D.F: 2010.

personas.”²⁰ Es así como “la discapacidad sensorial se origina en el aparato visual, oído, garganta y estructuras relacionadas con el lenguaje y la comunicación.”²¹.

4.2 DISCAPACIDAD VISUAL

Se reconoce a la persona con discapacidad visual “como aquella que presenta alteración del sistema visual y que trae como consecuencia dificultades en el desarrollo de actividades que requieran el uso de la visión”²², como la habilidad para discriminar claramente detalles finos en objetos o símbolos a una distancia determinada y por el campo visual, como la capacidad para percibir el espacio físico visible, cuando el ojo está mirando un punto fijo”²³. Para la investigación del presente trabajo y según la organización mundial de la salud (OMS) la discapacidad visual se clasifica en dos tipos:

Ceguera: Es la pérdida total de la visión. Desde un punto de vista oftalmológico es la ausencia total de la percepción visual, incluyendo la percepción luminosa. Puede ser causada por enfermedad adquirida durante el periodo gestacional, o ser de carácter hereditario o ser adquirida después del nacimiento.

Baja visión: Condición visual en la cual, la persona con su mejor corrección óptica no supera un nivel de agudeza visual de 20/50. Su campo visual se encuentra comprometido no siendo mayor a 20 grados por lo cual presenta una deficiencia en sus capacidades visuales, pero la persona puede usar su resto visual para la planeación y ejecución de tareas.

Existen muchos factores que pueden ser los causantes de una pérdida de la visión entre los cuales se encuentran las enfermedades, accidentes y causas no prevenibles.

²⁰INSTITUTO DE PERFECCIONAMIENTO Y ESTUDIOS SUPERIORES. La discapacidad física con foco en la discapacidad motriz: Curso de perfeccionamiento en educación de niños y adolescentes con discapacidad motriz. Montevideo: 2009. p.7.

²¹FUNDACION PREVENT. Guía para conseguir una prevención en riesgos laborales inclusiva en las organizaciones: Madrid, España 2010.

²²MINISTERIO DE EDUCACION. COLOMBIA APRENDE. Atención educativa para la población con discapacidad. [en línea]. <http://www.colombiaaprende.edu.co/html/micrositios/1752/w3-article-320689.html>. [citado el 16 de Abril de 2015].

²³SECRETARIA DE EDUCACIÓN Y CULTURA MUNICIPAL DE SOACHA. Como reconocer a los estudiantes con necesidades educativas especiales. Soacha: 2010.

Tabla 2. Algunos factores que afectan en la pérdida de la visión.

Concepto
Catarata: Opacidad del cristalino de origen metabólico, congénito, por edad o adquirido. Causante del 50% de casos de ceguera (16M de casos).
Tracoma: Enfermedad infecciosa que provoca una reacción inflamatoria del ojo, responsable del 15% de ceguera (6M de casos). Se estiman 146M de personas con la enfermedad activa y necesidad de tratamiento.
Glaucoma: Resultado de un aumento súbito de presión intraocular. Señales tempranas de glaucoma son difíciles de notar salvo dolor y visión borrosa común en mayores de 40 años. Es la tercera causa más grande de ceguera (5.2M de casos).
Accidentes: Causa común de pérdida de visión de un ojo o de ambos. Se cuenta con más de un millón de casos de ceguera.
Error Refractivo: Miopía, Hipermetropía con o sin astigmatismo.
Causas no prevenibles: Desordenes degenerativos congénitos y hereditarios.

Fuente: ESCOBAR G, Cecilia. Cultura de la visión. Oaxaca México. Junio 2008.

En este proyecto de investigación no se tuvo en cuenta si las personas con discapacidad visual presentan un tipo de pérdida de visión congénita o adquirida por alguna u otra causa; el principal estudio fue la discapacidad visual como tal, para el desarrollo del prototipo.

4.3 TIFLOLOGÍA

Las personas con discapacidad visual pueden mejorar su desempeño en las actividades cotidianas de una manera más autónoma e independiente a través de la tiflogía; “la cual es la ciencia que estudia las condiciones y problemáticas de las personas con discapacidad visual (invidentes y personas de baja visión) con la finalidad de plantear soluciones que permitan su completa integración social y cultural.”²⁴.

Una rama de la tiflogía es la tiftotecnología. Según la mitología griega, Tiflos era una isla a la que se desterraba a las personas ciegas para que sobrevivieran a su merced. Actualmente, se utiliza el prefijo *tiflo* para diferentes cuestiones que tienen que ver con las personas con discapacidad visual. En consecuencia, “la

²⁴PINTO, Aquilino. El ABC de la discapacidad. [en línea]. <http://elabdeladisapacidad.blogspot.com/2013/04/tiflogia.html>. [citado el 16 de Abril de 2015].

tiflogía es la ciencia que estudia la educación y rehabilitación de los ciegos, y la tiftotecnología es la tecnología adaptada para este sector de la comunidad.”²⁵.

Atendiendo al significado de las palabras que la componen, *tiflo* y tecnología, podríamos decir que la tiftotecnología es: “el conjunto de técnicas, conocimientos y recursos encaminados a procurar a las personas con discapacidad visual los medios oportunos para la correcta utilización de la tecnología con el fin de favorecer su autonomía personal y plena integración social, laboral y educativa.”²⁶.

El material tifológico “es utilizado por una persona ciega durante sus procesos de formación, rehabilitación o en su actividad laboral. Por otra parte, las ayudas ópticas no convencionales permiten aprovechar el sentido de la vista al máximo y ayudan a compensar el funcionamiento visual en una persona con baja visión.”²⁷.

4.3.1 Tiflogía y tiftotecnología en la Universidad de Nariño

Existen variedad de dispositivos tiftotecnológicos a nivel mundial, Nacional y regional; Aula de Apoyo Tecnológico (Universidad de Nariño), estas son algunas de las herramientas que ofrece esta aula:

El all-reader es una maquina inteligente de lectura que ofrece una solución integral, profesional y fácil de usar con la cual toda persona con limitación visual puede leer textos impresos (libros, revistas, documentos, etc.) o digitalizados (archivos de texto, audio y Daisy), verbalizados con una voz clara y entonación natural a través de un sintetizador de voz. En una sola unidad, “all-reader cumple con las funciones de un reproductor Daisy, un reproductor de medios digitales, un software para administrar archivos (abrir y guardar archivos, crear y borrar documentos, formatear CDs, copiar archivos en CD y escuchar archivos de audio) y un escanear para digitalizar documentos impresos.”²⁸.

²⁵MARIN YATACO, Rosa María. Tiftotecnología y el acceso a la información de las personas con discapacidad visual. Perú: Mayo 2010. p.2.

²⁶TORRES MORALES, Manuela y ARJONA BERROCAL, Manuel. Intervención educativa con alumnos ciegos y deficientes visuales: Tiftotecnología y material Tiflotécnico. Málaga: 2002. p.2.

²⁷MINISTERIO DE EDUCACION. Centro Virtual de Noticias de la educación, CVne. [en línea]. <http://www.mineduacion.gov.co/cvn/1665/w3-article-313130.html>. [citado el 19 de Abril de 2015].

²⁸SOLUCIONES INTEGRALES (VER). Tecnología para la Inclusión. [en línea]. <http://www.ver.com.co/hogar/allreader.html>. [citado el 19 de Abril de 2015].

Figura 2. Máquina inteligente de lectura ALLREADER.



Fuente: SOLUCIONES INTEGRALES (VER). Tecnología para la Inclusión [En Línea] <http://www.ver.com.co/hogar/allreader.html>.

La Impresora Braille es un equipo que permite imprimir cualquier documento editado en el computador en el sistema de lecto-escritura Braille para hacerlo accesible para las personas con discapacidad visual. Estos dispositivos son exclusivos para uso de personas ciegas o con discapacidad visual avanzada. Estas impresoras funcionan como impresoras en vista normales, sólo que la salida es en Braille. “Utilizan unos martillos electromecánicos que definen los caracteres Braille en el papel. Hay gran variedad de modelos y se pueden conectar a cualquier ordenador. Para esto, los textos impresos tienen que ser previamente digitalizados.”²⁹.

Figura 3. Impresora Braille Aula de Apoyo Tecnológico Universidad de Nariño.



Fuente: Esta investigación.

La línea Braille es un elemento necesario para toda persona sordociega que desee usar profesionalmente el Computador y realizar con él tareas de gran complejidad, pues hace posible la lectura y el perfecto control en Braille de la pantalla del Computador.

Si una PcD visual desea iniciar la edición de un texto directamente, o previamente digitalizado a través del escáner, la Línea Braille le permite la utilización totalmente independiente y profesional del Computador. Escribir

²⁹Ibíd., P. 9.

textos, leer en Braille el contenido de la pantalla y hacer todo tipo de trabajos de procesamiento de datos, textos, aplicaciones matemáticas o de programación, es posible para el limitado visual a través de la Línea Braille.

Figura 4. Impresión en Braille.



Fuente: SOLUCIONES INTEGRALES (VER). Tecnología para la Inclusión. [En línea]. <http://www.ver.com.co/hogar/allreader.html>. [Citado el 19 de Abril de 2015].

Windows Bajo Jaws es un software lector de pantalla para ciegos o personas con visión reducida. “Es un producto del Blind and Low Vision Group de la compañía Freedom Scientific de San Petersburgo, Florida, Estados Unidos. Con el uso de este programa, el usuario invidente manipula en forma personal la computadora y hace uso del Internet o realiza algún trabajo académico sin la ayuda de una persona con visión. Este programa va diciendo lo que la persona va digitando y si quiere que el lector de voz lea más rápido puede acelerar la pronunciación o de lo contrario puede hacer que lea más lento.”³⁰.

Figura 5. Windows bajo Jaws.



Fuente: Aula de Apoyo Tecnológico Para personas SORDOCIEGAS y con DISCAPACIDAD MULTIPLE de la Universidad de Nariño.

4.3.2 Detección de Obstáculos

La movilidad en las PcD visual es un problema que se presenta a nivel mundial, nacional y regional; es de gran interés generar nuevos sistemas e instrumentos para una movilidad más segura, “esta hace énfasis en la percepción oportuna

³⁰MARIN YATACO, Rosa María, Óp. cit., p.10.

del riesgo y su consecuente reacción de autoprotección y respeto por la vida propia y la de los demás. Se relaciona directamente con la reflexión de las consecuencias de los actos y la elección de la mejor decisión, para evitar la accidentalidad vial en el desplazamiento cotidiano por el espacio público.”³¹ De ahí que el principal instrumento que facilita su movilidad y accesibilidad es el bastón de orientación y movilidad (Bastón Blanco), seguido del perro guía, guía vidente y los diferentes dispositivos tiflotecnológicos que han venido evolucionando, para que las PcD visual tengan las mismas posibilidades de interacción e integración social, escolar y laboral que cualquier otro ciudadano.

4.4 BASTÓN DE ORIENTACIÓN Y MOVILIDAD (BASTÓN BLANCO)

Una sencilla herramienta que fue inventada en 1930, pero recién después de la segunda guerra mundial surgieron las técnicas de orientación y movilidad. Es un instrumento que identifica a los ciegos y deficientes visuales, les permite desplazarse en forma autónoma. Sus peculiares características de diseño y técnica de manejo facilitan el rastreo y detección oportuna de obstáculos que se encuentran a ras del suelo. Ayuda a dichas personas como distintivo, informador y protección.

El uso correcto del bastón blanco implica emplear un conjunto de técnicas para que las personas ciegas puedan desplazarse con relativa seguridad. “Cuando se emplea la técnica rítmica de contacto de dos puntos, la puntera del bastón deberá describir un arco levemente superior al ancho del cuerpo de la persona.”³².

El tamaño del Bastón Blanco debe llegar a la altura del esternón, y la medida varía de acuerdo a la estatura de la persona que lo utiliza. “Hay bastones de 1.05, 1.10, 1.15 y 1.20 metros. En consecuencia, un bastón corto no permite detectar a tiempo los obstáculos, además de que origina esfuerzos innecesarios y maniobras incorrectas al momento del desplazamiento de la persona con discapacidad visual, ocasionando fatiga, torpeza para caminar e incluso, caídas y tropezones.”³³.

³¹SECRETARIA DISTRITAL DE MOVILIDAD. Seguridad Vial y Comportamiento Ciudadano: La Movilidad la hacemos todos. Bogotá: D.C.: La secretaria, 2011. p.6.

³²PEREZ CATELLA, Héctor R. VariEduca, Historia del Bastón Blanco: la Orientación y Movilidad. [En Línea] <http://varieduca.jimdo.com/>. [citado el 22 de Abril de 2015].

³³CASTILLEJO B, Lisbeth A. Educación Especial. Universidad de Colima. Colima: agosto 2012.

Figura 6. Bastón de Orientación y Movilidad utilizado para el prototipo.



Fuente: Esta investigación.

De la misma manera existen otras herramientas para facilitar la movilidad como el perro guía, que suele ser de difícil adquisición, entrenamiento y cuidados por su alto costo económico; su uso es complicado en medios urbanos pero es muy factible en medios rurales y más rápidos. “No es un medio recomendable para cualquier usuario, dado que la persona debe ser adolescente o adulta, poseer buena salud, buen oído, inteligencia normal y estabilidad emocional para mantener una adecuada relación con el perro. Este sigue las instrucciones de su amo y lo conduce evitándole obstáculos o señalándole escaleras, puertas, sillas, etc. El perro guía se convierte en los ojos de la persona ciega.”³⁴.

Desde el campo de la ingeniería se han realizado investigaciones encaminadas a favorecer los procesos de adaptabilidad dentro de un entorno de las personas con discapacidad visual, una de las innovaciones frente a la movilidad segura en esta población es la creación de bastones electrónicos para ciegos ISONIC³⁵, el cual detecta obstáculos hasta la altura de la cintura del usuario mediante un sensor de ultrasonido y dando aviso a través de un sistema de vibración; además cuenta con sensor de colores, puede detectar diez colores y su intensidad, todo esto lo transmite al usuario por medio de avisos de voz. Este bastón fue sometido a una prueba entre 600 personas con discapacidad visual, en donde les llamo más la atención la identificación de los colores. Estos dispositivos electrónicos desarrollados siempre buscan la detección de obstáculos de la parte inferior del cuerpo y cuentan con un gran costo económico.

Al conocer esta investigación permite hacer un paralelo con el diseño e implementación del prototipo para la detección de obstáculos superiores a la capacidad de rastreo de ayuda a personas con discapacidad visual, puesto que

³⁴AYALA CRUZ, Edy L. Diseño y construcción del prototipo de un sistema electrónico por ultrasonido para medir distancias aplicada a un bastón blanco. Cuenca, 2011, p. 8. Trabajo de grado (Ingeniería Electrónica). Universidad Politécnica Salesiana. Facultad de Ingeniería.

³⁵PROTER PRODUCTOS TERAPEUTICOS. Bastón para ciegos ISONIC [en línea]. <https://www.youtube.com/watch?v=130R1-hU1uw> [citado en 23 de febrero de 2016].

este prototipo cuenta con dispositivos electrónicos de fácil adquisición, además de dar seguridad, comodidad y un precio accesible para las PcD visual.

4.5 DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS PARA EL PROTOTIPO

En este trabajo de investigación se utilizan dispositivos electrónicos para mejorar esta herramienta e incluir el prototipo en la rama de la Tiflotecnología con sensor de ultrasonido, y el sistema de desarrollo Arduino; el microcontrolador es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria. Está compuesto de varios bloques funcionales, los cuales cumplen una tarea específica, un microcontrolador incluye en su interior tres principales unidades funcionales de una computadora, unidad central de procesamiento, memoria y periféricos de entrada/salida.

El sensor de ultrasonido tiene la función de detectar un objeto a distancia por medio de la emisión de una onda de ultrasonido (alrededor de los 40 kHz), En la cual se mide el tiempo que transcurre desde la emisión de la señal y la recepción del eco correspondiente. Un ejemplo del funcionamiento del ultrasonido es el vuelo de los murciélagos. “Los murciélagos son mamíferos ciegos que para desplazarse utilizan el eco de los sonidos emitidos por el mismo animal, este eco sirve para detectar el lugar en el cual se encuentran obstáculos y no chocar con ellos.”³⁶.

Existen variedad de tipos de sensores de proximidad, según el principio físico que utilizan; entre los más comunes se encuentran los interruptores de posición, capacitivos, inductivos, fotoeléctricos, ultrasónicos y magnéticos. Para este proyecto el sensor de ultrasonido que se utilizó fue el HC-SR04, este módulo ultrasónico es compatible con la plataforma arduino, con un rendimiento estable y un bajo costo.

- Voltaje de alimentación: 5V DC
- Corriente < 2mA
- Ángulo de cobertura: 15°
- Rango de medición: 2cm – 500cm
- Resolución: 0.3mm
- Medición de ángulo: 30 °
- Disparo de la señal de entrada: TTL pulso 10µs
- Echo señal de salida: señal PWL de TTL

³⁶TORRES S, Omar M. TAMÍ M, William C. Prototipo sistema de monitoreo para el encalado en el proceso panelero. Bogotá D.C, 2014, 34p. Trabajo de grado (Ingeniería Electrónica y de Comunicaciones). Universidad Católica. Facultad de Ingeniería.

Figura 7. Sensor de ultrasonido HC-SR04.



Fuente: ARDUINO, Arduino Nano, 2005, <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardNano> [Consulta: miércoles, 8 de abril de 2015].

4.5.1 Plataforma Nano Arduino

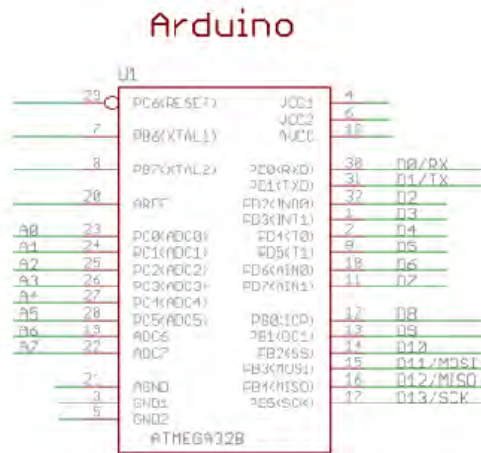
Arduino es una plataforma de prototipos de electrónica de código abierto (*open-source*) basada en hardware y software flexibles, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios.

Hay múltiples versiones de placas Arduino, las cuales pueden usar el ATmega 328 de Atmel, ATmega168 y las más antiguas ATmega8; entre estas placas pueden estar la Diecimila, Nano, Bluetooth, LilyPad, Mini, Serial entre otras. En este proyecto se utilizó la placa Nano v3.0; esta es una de las últimas versiones, esta nueva placa incorpora un chip ATmega328, lo que permite más memoria. Entre sus ventajas están el reducido tamaño, la facilidad de hacer un prototipo y tener un puerto mini USB para comunicarse con el equipo sin necesidad de usar USB Serial Converter. Entre las especificaciones de este tipo de placa se encuentran:

Microcontrolador: Atmega328 Voltaje de operación: 5V Voltaje de entrada (recomendado): 7-12V Voltaje de entrada (límites): 6-20V Pines digitales I/O 14 (de los cuales 6 proporcionan salida PWM), Pines de entrada analógicos 8, Corriente DC por pin I/O 40 mA, Memoria Flash 32 KB (2 KB son usados por la secuencia de arranque), SRAM 2 KB EEPROM 1 KB, Velocidad del reloj 16 MHz. Este es un Arduino fabricado para ser compatible al 100% y tener la misma funcionalidad. Es compatible con todos los módulos diseñados para esta versión de Arduino³⁷.

³⁷HERNANDEZ MARTINEZ, José A. Sistemas y soluciones para el regadío. Valencia, 2012, p.71. Trabajo de grado (Sistemas Informáticos y Computación). Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Sistemas.

Figura 8. Nano Arduino v 3.0 Schematic.



Fuente: ARDUINO, Arduino Nano, 2005, <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardNano> [Consulta: miércoles, 8 de abril de 2015].

5. METODOLOGÍA

En el presente trabajo se utiliza un enfoque de investigación creativa “La ciencia y la creatividad están siendo cada día más relacionados, cuando la creatividad marca el proceso de la investigación, hablamos de métodos creativos. Estos métodos se basan en características como la imaginación, premonición, visualización y en ellos interviene la inteligencia creativa del investigador por encima de la racional.”³⁸. El enfoque de esta investigación es empírico analítico, toda vez que se pretende indagar sobre la experimentación de un desarrollo tecnológico y la usabilidad por parte de un sector específico de usuarios. El tipo de investigación es *TRIZ*, acrónimo ruso de la Teoría de Resolución de problemas Inventivos “Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch, que significa teoría para resolver problemas de forma inventiva. Dicha teoría fue desarrollada por Genrich S. Altshuller (1926-1998), inventor y jefe de la oficina Soviética de patentes”³⁹, en donde se analizaron unas 40.000 mil patentes tecnológicas, se encontraron ciertas regularidades y pautas básicas que gobernaban el proceso de resolución inventiva de problemas.

Las herramientas metodológicas para la usabilidad y el desarrollo, son las que propone la misma metodología *TRIZ*. Las herramientas para el trabajo, la indagación a la población fueron la encuesta estructurada mediante análisis cualitativo y las pruebas de campo con usuarios reales. Los dos tipos de herramientas se utilizaron en forma complementaria de acuerdo con la metodología *TRIZ*.

Altshuller (1984) identificó las tecnologías como “un conjunto de elementos que aportaban un servicio o función. A tal conjunto se le denominó sistema y sus elementos subsistemas. El entorno en el que se integraba y con el que se relacionaba el sistema, lo denominó súper sistema.”⁴⁰.

En el desarrollo del prototipo se empleó una metodología que guía la solución del problema encontrado, denominada metodología *TRIZ* la cual es una teoría para resolver problemas de forma inventiva. Aquí, se muestran los aspectos fundamentales y las particularidades de la misma.

TRIZ es una metodología, un sistema de herramientas, una base de conocimiento, una tecnología basada en modelos para generar ideas y las soluciones innovadoras para la solución de problemas. Proporciona las herramientas y los métodos a usar en la formulación de problemas, el análisis de sistemas, el análisis de fallas, y patrones de evolución de los sistemas.

³⁸MARCOS, Esperanza. Investigación en Ingeniería del Software vs Desarrollo Software. Madrid.p.5.

³⁹MEDINA V, Javier, SANCHEZ T, Jenny M. Sinergia entre la Prospectiva Tecnológica y la Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva. Bogotá, D.C.: Colciencias, 2008. 257p. ISBN 978-958-8290-30-0.

⁴⁰Ibid., p.260.

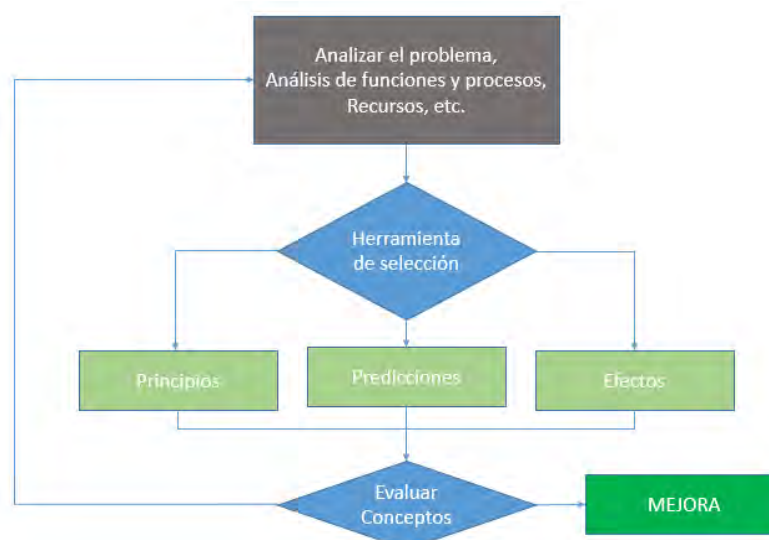
5.1 HERRAMIENTAS PARA LA USABILIDAD Y DESARROLLO

TRIZ es una teoría extraída a partir del análisis de cientos de miles de patentes y sus axiomas tienen como aplicación una serie de métodos para:

- Enfocar los problemas
- Proponer modelos efectivos
- Ligar conceptos de solución al problema origen
- Ofrecer directrices para la futura evolución de la arquitectura de la tecnología.

En definitiva es un sistema de pensamiento dialéctico, funcional y sistémico, de carácter estratégico, aplicado a la tecnología y la ciencia. A través de una serie de casos se ha intentado en lo posible mostrar distintas situaciones en las que distintas facetas de TRIZ han sido aplicadas con éxito. La teoría de resolución de problemas inventivos no aporta soluciones a los problemas pero a diferencia de cualquier otra aproximación metodológica en creatividad y en ingeniería, aporta conceptos de solución que constituyen directrices para la búsqueda de soluciones, lo que reduce en gran medida el azaroso sistema de prueba y error que caracteriza la búsqueda del descubrimiento, la invención y la innovación.

Figura 9. Enfoque metodológico TRIZ.



Fuente: Esta investigación.

TRIZ una metodología y un conjunto de herramientas que permiten abordar de manera lógica y sistemática el proceso inventivo. Se parte de un problema específico, del cual se abstraen sus aspectos esenciales, convirtiéndolo así en un problema abstracto. A continuación, se selecciona una solución abstracta preestablecida para dicho problema abstracto. Por último, se convierte la solución abstracta seleccionada en una solución específica para el problema específico original.

Tabla 3. Conceptos de contradicción e idealidad introducidas por Altshuller y fundamentales en TRIZ

Contradicciones	Idealidad
<p>Se producen cuando existen características o efectos en el sistema que parecen ser incompatibles. Una forma no inventiva de gestionar la contradicción consistiría en llegar a un compromiso entre las características. TRIZ, por el contrario, intenta resolver la contradicción llegando a una solución inventiva. Existen dos tipos de contradicciones:</p>	<p>La idealidad se define en TRIZ como aquél estado en que el sistema ofrece el máximo de prestaciones sin limitaciones, costes o recursos empleados. Traducido a un lenguaje común podemos decir que el sistema ideal es aquél que no existe pero entrega todas sus funciones. La mejora que experimenta el sistema durante su evolución se expresa según la ecuación de Altshuller⁴¹.</p>
<p>Contradicciones Técnicas: Surgen cuando la mejora de una primera característica del sistema provoca el deterioro de una segunda característica. Por ejemplo, aumentar la potencia del motor de un vehículo provoca un aumento del peso de dicho vehículo.</p>	$idealidad = \frac{\sum Beneficios}{\sum Costo + \sum Perjuicios} \quad (1)$ <p>TRIZ tiene como objetivo aumentar la idealidad de un sistema, ya sea aumentando sus beneficios o disminuyendo sus costos o perjuicios.</p>
<p>Contradicciones Físicas: Ocurren cuando una característica del sistema tiene a la vez efectos beneficiosos y efectos perjudiciales. Por ejemplo, “un mayor tamaño de un paraguas permite una mayor protección frente a la lluvia, pero, al mismo tiempo, resulta más incómodo de llevar.”⁴².</p>	

Fuente: Esta investigación.

5.2 MATRIZ DE CONTRADICCIÓN Y PRINCIPIOS DE INVENTIVA

Este método TRIZ permitió encontrar soluciones a problemas de inventiva donde existen contradicciones técnicas entre sus características. Como es el caso del peso del dispositivo, el tamaño, volumen, forma, facilidad de uso, facilidad de construcción, complejidad del dispositivo, entre otras. TRIZ analizó aproximadamente entre 20 a 40 mil de 1.5 millones de patentes que consideró verdaderamente inventivas o creativas, es así como clasificó las patentes según el tipo de problema que resolvían y constato que los caminos seguidos para

⁴¹MEDINA V, Javier, SANCHEZ T, Jenny M. Op.cit., p.263.

⁴²CORONADO M, Margarito, OROPEZA M, Rafael, RICO A, Enrique. Triz: la metodología más moderna para inventar o innovar tecnológicamente de manera sistemática. Primera edición. México: Panorama Editorial, 2005. p.40.

solucionar los problemas se repetían elaborando así 40 principios inventivos fundamentales para resolver problemas de inventiva basados en una matriz donde colocamos 40 parámetros técnicos que empeoran o mejoran la solución del objetivo. Para encontrar cuales son los parámetros de solución de este trabajo de investigación se empleó los siguientes parámetros y principios de la matriz de contradicción TRIZ, se escogieron diez parámetros aplicables al dispositivo entre los cuales están los números 1, 7, 12, 19, 36 los cuales son las características que empeoran del dispositivo; puesto que este se acondiciona al bastón de orientación y movilidad; al igual que los números 27, 28, 32, 34, 35 estos pertenecen a las características que mejoran en la implementación del prototipo.

Tabla 4. Matriz de parámetros y principios inventivos TRIZ.

Características que empeoran →	Peso objeto en mvto	Volumen objeto en mvto	Forma	Uso de energía objeto en mvto	Complejidad dispositivo
← Características que mejoran ↓					
Confiabilidad	1,3,11,	26,28	1,36,28	2,11,28	5, 8,15
Exactitud de la medida	1,11,14,40	25, 26,28	1,29,40	35	10
Facilidad para la fabricación	10,16, 40	1,32, 38	1,28,17,32	1, 2,13	1,15,29
Facilidad para la Reparación.	11,21	1,3, 32	28,26,30	1,17,28,15	13,15,17,16
Adaptabilidad o flexibilidad	1,35,13	2,10,34,26	26,1,13	1,13	29,28,37,15

Fuente: Esta Investigación.

Para encontrar la solución de este trabajo investigativo se utilizaron algunos de los parámetros técnicos de la metodología TRIZ tales como:

1. Segmentación. El sistema tiene partes como alimentación, medición, procesamiento, activación. El prototipo cuenta con una placa Nano Arduino, sensor de ultrasonido, batería, panel solar y demás.

3. Calidad local. El sistema debía ser capaz de detectar objetos sobre el bastón de orientación y movilidad sin afectar la funcionalidad del mismo; la solución fue construirlo lo más pequeño, liviano y efectivo. Además las diferentes partes del prototipo con respectivas funciones; es el caso del Buzzer, motor de vibración controlada a través de la placa Arduino. Se debe colocar cada parte del prototipo en las condiciones más favorables para el correcto funcionamiento, se aprovecha el movimiento del bastón para que por medio del sensor de ultrasonido detectar los obstáculos, el botón de encendido, Buzzer y entrada de carga eléctrica se encuentran en el mismo lado.

5. Combinando. El mismo dispositivo puede ser adaptado a uno u otro bastón, incluso puede ser utilizado sin el mismo para detectar los obstáculos.

10. Acción previa. Se ordenó los objetos de tal manera que pudieran entrar en funcionamiento sin pérdidas de tiempo esperando la acción, es el caso de control del Buzzer y motor de vibración al mismo tiempo mediante la placa Arduino.

11. Precaución previa. El dispositivo se pudo adaptar al bastón por medio de un plástico resistente, al igual que la carcasa de madera con un peso muy liviano pero resistente a golpes.

13. Inversión. Se invirtió en la parte de un sistema inamovible en movable, en el diseño del prototipo y adaptándolo al bastón se transforma en un sistema con movimiento.

14. Esfericidad. Se adoptó la carcasa con una tapa removible para poder proteger el circuito, hacer un posible ajuste de los elementos internos en cuanto a existentes desconexiones o rupturas. Además proporcionar una buena presentación al dispositivo.

15 Dinámica. El manejo del bastón de orientación y movilidad con la implementación del prototipo se convierte en un sistema de fácil manipulación y brinda más seguridad de desplazamiento.

16 Acciones parciales. Es difícil obtener un 100% del efecto deseado, sin embargo se realizó la programación para que el sistema se active cuando el obstáculo este a 120 cm y determinar que esta es una distancia adecuada para las PcD visual y así evitar el obstáculo.

17. Otra dimensión. Para permitir la reducción del espacio se perforo un agujero en la parte inferior de la carcasa para incrustar la batería y en la parte lateral derecha el panel solar; es así como se aprovecha la inclinación del bastón para que la señal enviada por el sensor se propague perpendicularmente al bastón de orientación y movilidad.

25. Autoservicio. Este diseño cuenta con un panel solar y una batería recargable; se hace toda la carga del sistema por medio de un cable de corriente durante dos horas; la batería es de 7 voltios y 700 mAh por lo que ofrece una autonomía de más o menos tres días utilizándolo por un promedio de 6 horas diarias.

26. Copiado. Lo correcto en esta metodología fue hacer una copia de un simple y poco costoso objeto en lugar de un complejo, costoso, frágil o difícil de operar, para este prototipo se utilizó un sistema de carga reciclable, al igual que la mayoría de los elementos electrónicos son de un tamaño pequeño para ajustarse a las medidas de la carcasa; pero con una gran efectividad.

28. Reemplazo de sistemas mecánicos. Se utilizó un servomotor para simular el movimiento del bastón en un ángulo de 0 a 180° a través de una interfaz gráfica

del programa Matlab, de igual manera la señal de sensor ultrasonido para medir distancias utiliza un espectro electromagnético aunque con una frecuencia baja de 42KHz.

40. Materiales compuestos. La mayoría de los elementos utilizados en este trabajo de investigación son compuestos, como es el caso de la placa Arduino Nano y sensor de ultrasonido.

5.3 HERRAMIENTAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

La encuesta es una técnica de investigación de campo; para lograr un mayor acopio de información, la encuesta suele utilizarse como una alternativa a las restricciones que presenta la observación. Se basa en la realización de ciertas preguntas encaminadas a obtener determinados datos. “Los instrumentos principales de la encuesta son: la entrevista y el cuestionario. Frecuentemente nos ha interesado lo que piensan los demás sobre algún tema, y procedemos a aplicar una encuesta para saber lo que opinan. El instrumento de la encuesta como herramienta de investigación, puede expresar algo más que datos duros, logra dirigir un mensaje cotidiano y simple sobre el sentir y pensar de un colectivo social.”⁴³.

La principal herramienta es la encuesta estructurada. En este sentido se realizó a estudiantes y docentes de la Universidad de Nariño; se escogió esta población por razones éticas y técnicas. Éticas, ya que de obtenerse los resultados esperados, los beneficiados directos están inscritos dentro de un plan institucional, lo cual conlleva a la sistematización y aprovechamiento de resultados. Técnicas, porque la población es diversa y asequible mediante el Aula de Apoyo Tecnológico.

De acuerdo con el desarrollo del prototipo y tomando las pautas que entrega la metodología TRIZ se hizo encuestas a la población objetivo, en este caso a las PcD visual de la Universidad de Nariño, quienes estuvieron dispuestos para responder a dicha herramienta; además se contó con los permisos necesarios otorgados por Bienestar Universitario y el Aula de apoyo Tecnológico a Sordo-ciegos ambos entes pertenecientes a la Universidad de Nariño.

Para la encuesta se realizó una entrevista a cada uno de los estudiantes que presentan algún grado de ceguera. La entrevista se basa en un dialogo, dirigido por el entrevistador, encaminado a obtener información sobre el tema investigado; el dialogo implica, en este caso, diversas interrogaciones planteadas al entrevistado.

⁴³Universidad Virtual de América UNIVIA [Publicado Abril 4 de 2012]. <https://metodologiainvestigacionunivia.wordpress.com/2012/04/04/1-importancia-de-la-encuesta/> [citado agosto de 2015].

La entrevista estructurada, parte de un formulario utilizado como guía para controlar las preguntas, ello evita divagaciones que perjudican la parte esencial de una entrevista.

Esta encuesta fue muy fundamental en nuestro trabajo investigativo por el motivo de conocer los problemas que tienen las PcD visual al momento de moverse por diferentes entornos y saber la viabilidad del Prototipo para la detección de obstáculos superiores a la capacidad de rastreo de ayuda a personas con discapacidad visual.

Figura 10. Realización de la encuesta con José Ismael Mora Docente de música Universidad de Nariño.



Fuente: Esta investigación.

La encuesta se basó en la movilidad y percepción de riesgo de cada uno de los estudiantes y docentes con discapacidad visual, con preguntas acerca de medios de transporte, niveles de dependencia, tipos de instrumentos de movilidad, entre otras.

5.4 DISEÑO DEL PROTOTIPO

Después de realizadas las encuestas se analizó los resultados, se concluyó y se evidenció la necesidad de la creación de un prototipo electrónico, que ayude al bastón de orientación y movilidad para que este, pueda detectar obstáculos por encima de la cintura tales como avisos publicitarios, antepechos, ramas de árboles, materas colgantes entre otros. Dichos obstáculos, además de representar un peligro real, han provocado que las personas invidentes tengan dificultad al momento de transitar por el temor de sufrir algún accidente que afecte física y psicológicamente al individuo.

5.5 CONVENIOS INTERDISCIPLINARES DE LA UNIVERSIDAD DE NARIÑO

La idea de crear un prototipo que ayude a la detección de obstáculos ha sido un tema de los estudiantes que tienen discapacidad visual que quieren tratar a solucionar, es el caso de un grupo de investigación del programa de Administración de Empresas de la Universidad de Nariño, tenían la idea de un dispositivo capaz de detectar obstáculos; pero sin las herramientas tecnológicas adecuadas para la funcionalidad e implementación de este dispositivo; es así como se hace un acercamiento con los estudiantes de Administración para que los autores como estudiantes de Ingeniería Electrónica proporcionemos solución en la parte de innovación, investigación y creación de este prototipo.

Es así como los programas de Administración de Empresas, Ingeniería Electrónica y Bienestar Universitario de la Universidad de Nariño firmaron convenios de ayuda mutua para resolver problemas interdisciplinarios y guiar a los demás programas de la Universidad de Nariño a trabajar en conjunto. Ver figura 12.

Al igual con la Psicóloga Yolanda Alfaro, Coordinadora del Aula de Apoyo Tecnológico quien es una persona con discapacidad visual. Fue una orientadora significativa en la investigación, brindando toda la información de los estudiantes y docentes asistentes a esta aula; en donde se elaboró la encuesta a los estudiantes y la comunicación directa con los mismos.

Bienestar Universitario nos otorgó los respectivos permisos para poder encuestar a los estudiantes con discapacidad visual de la Universidad de Nariño.

Para estos convenios fueron necesarias reuniones, las cuales dieron como resultado un acercamiento entre los programas interesados en este proyecto y el interés que se observó en los directores de departamento tanto de Administración de Empresas, Ingeniería Electrónica, Bienestar Universitario y el Aula de Apoyo Tecnológico, para la ejecución del prototipo final y en el caso de Administración de Empresas poderlo comercializar ya que ese es su objetivo principal.

5.6 PRUEBAS DE USABILIDAD

Para comprobar que tan útil resultó el prototipo después de la elaboración y siguiendo las pautas de la metodología, fue necesario realizar pruebas con las PcD visual de la Universidad de Nariño y así dar su opinión al respecto y mediante un listado de preguntas, saber que está bien y que se puede mejorar. Para que las PcD visual se adapten fácilmente al prototipo diseñado sin generar disminución en sus habilidades innatas tales como orientación de acuerdo al sonido, reconocimiento de lugares y al tacto, sin embargo este dispositivo incrementa su sensorización, puesto que al tener contacto con el obstáculo

este se activará generando cierto nivel de vibración de acuerdo a la distancia del objeto.

Figura 11. Reunión interdisciplinar Universidad de Nariño.



Fuente: Esta investigación.

De acuerdo al resultado de estas pruebas se comprobó si el prototipo en esta parte es viable y así asegurarse que el dispositivo realizado presenta el correcto funcionamiento, que consiste en detectar obstáculos ubicados por encima a la capacidad de rastreo.

Aparte de estas pruebas con las PcD visual de la Universidad de Nariño también se hicieron unas pruebas técnicas con el programa MATLAB en este caso no se tiene una percepción particular de cada usuario. A cambio con una interfaz gráfica se puede ver el resultado de como el dispositivo detecta obstáculos, precisión y distancia simulando el movimiento de un bastón de orientación y movilidad, el cual debe moverse realizando un semicírculo de derecha a izquierda, con el solo movimiento de la muñeca; la punta del bastón debe tocar el piso en los dos extremos del semicírculo y el arco que se hace en el piso deberá ser más o menos del ancho de los hombros, de esta manera se revisa la zona por donde la persona va a caminar y lo protege de los huecos o de tropezar con cualquier obstáculo u objeto que se encuentre en el piso, ya que con el resto del bastón la persona protege sus piernas y cintura. A medida que la persona camina debe realizar un movimiento intercambiado con el bastón y el pie, es decir, mientras se está explorando con el bastón en el lado izquierdo, se dará el paso con el pie derecho⁴⁴.

⁴⁴SENSE INTERNACIONAL PERÚ, Op. Cit., p.1.

6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo se muestran los resultados del trabajo de investigación que se realizó según los parámetros metodológicos, se basó en las encuestas que se ejecutaron para determinar un buen diseño para el prototipo, además se muestra el desarrollo del sistema electrónico, explicación de la construcción del circuito y las pruebas pertinentes con la población objetivo, que fueron las PcD visual de la Universidad de Nariño; quienes asisten al Aula de Apoyo tecnológico.

6.1 ANÁLISIS DE LA ENCUESTA REALIZADA CON LAS PCD VISUAL DE LA UNIVERSIDAD DE NARIÑO

La encuesta se realizó a los estudiantes y docentes de la Universidad de Nariño que tienen discapacidad visual y asisten al Aula de Apoyo Tecnológico para personas SORDOCIEGAS y con DISCAPACIDAD MULTIPLE; donde se encontró personas con baja visión y ceguera total; en esta aula asisten 9 PcD visual, los cuales por medio del Aula de Apoyo Tecnológico se los contacto a cada uno de ellos para reunir a la población objetivo, quienes respondieron las respectivas preguntas de la encuesta y ayudaron a determinar los problemas y las soluciones más óptimas para una movilidad más segura.

Los resultados de algunas preguntas se encuentran en las figuras 14 y 15, las encuestas digitalizadas se encuentran en el anexo F.

Tabla 5. Movilidad PcD visual Universidad de Nariño.

Preguntas	Respuestas
¿Cuál es el recorrido más frecuente para acceder desde su hogar hasta la Universidad de Nariño?	Los encuestados estudian o trabajan en las distintas sedes de la Universidad de Nariño, los recorridos que realizan lo hacen de manera independiente con algunos riesgos por las principales calles de la ciudad de Pasto, que mencionan no tienen ayudas para las PcD visual.
¿Cuál es el medio de transporte más utilizado para su desplazamiento hasta la Universidad de Nariño?	La mayoría de la población encuestada, respondió que su forma de desplazamiento es caminando para llegar a su destino, en el cual se encuentra la Universidad de Nariño, sin embargo existe una PcD visual que utiliza como medio de transporte motocicleta.
¿Ha recibido alguna vez en su vida un curso de capacitación en cuanto a movilidad segura?	Todos encuestados han recibido cursos de capacitación para una movilidad segura en los diferentes centros de rehabilitación a personas con algún tipo de discapacidad; entre los cuales se destacan la Fundación Nueva Luz, el Centro de habilitación del niño (CEHANI),

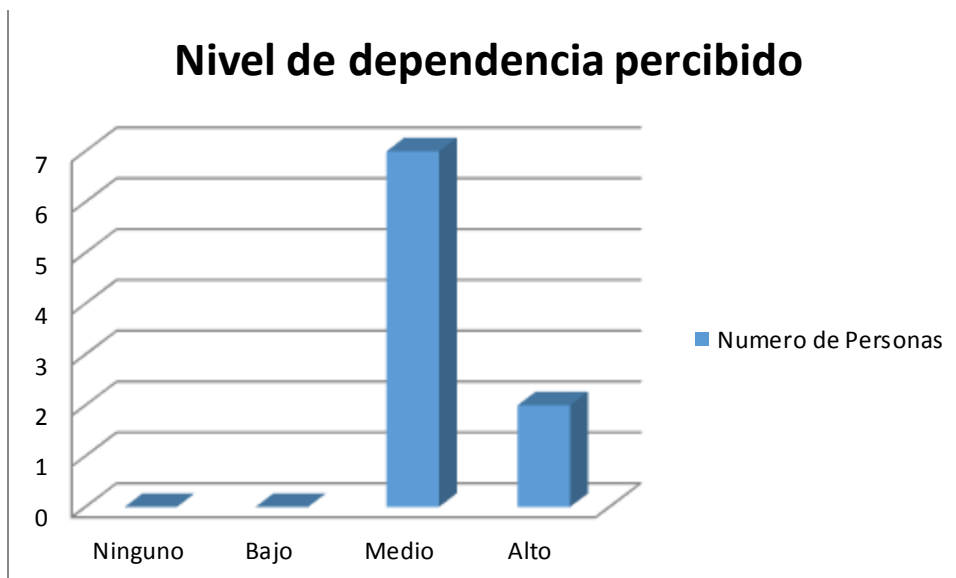
	el Centro de Rehabilitación para Adultos Ciegos (CRAC) y el Instituto Colombiano de Ciegos (INCI) que es el ente que ayuda a las PcD a nivel Nacional y quien tiene estadísticas de las personas ciegas en todos los departamentos de Colombia.
¿Qué riesgo de accidentalidad percibe al transitar una calle?	El 100% de encuestados percibe un riesgo muy alto al transitar la calle, ya que no hay movilidad segura, hay vías muy transitadas en la ciudad de Pasto. Además hay muchos obstáculos ubicados en la mayor parte del recorrido frecuente que ellos transitan, y no tienen una forma de detectarlos.
¿Qué nivel de dependencia siente al movilizarse en la calle?	5 de los encuestados mencionan que su nivel de dependencia es medio, ya que necesitan una guía, que en este caso es el bastón de orientación y movilidad, aunque el nivel de dependencia se ve obstruido por sus mismos familiares puesto que en muchas ocasiones sienten temor de que salgan solos por miedo a algún tipo de accidente.

Fuente: Esta Investigación.

Otra adaptación que requieren los encuestados es el poder desplazarse con el bastón de orientación y movilidad de un lado a otro sin que este salte mucho, ya que la fricción con el suelo hace perder estabilidad al momento de transitar, esto también se lo consideró para hacer adaptaciones a un bastón que les sirva para movilizarse de mejor manera.

Así mediante el resultado de las encuestas se desarrolló un prototipo que incluya un sensor que detecte distancias cercanas y que mediante un controlador se alarme al usuario de los obstáculos que puedan afectar su movilidad.

Figura 12. Nivel de dependencia percibido por una persona con discapacidad visual en la Universidad de Nariño.



Fuente: Esta investigación.

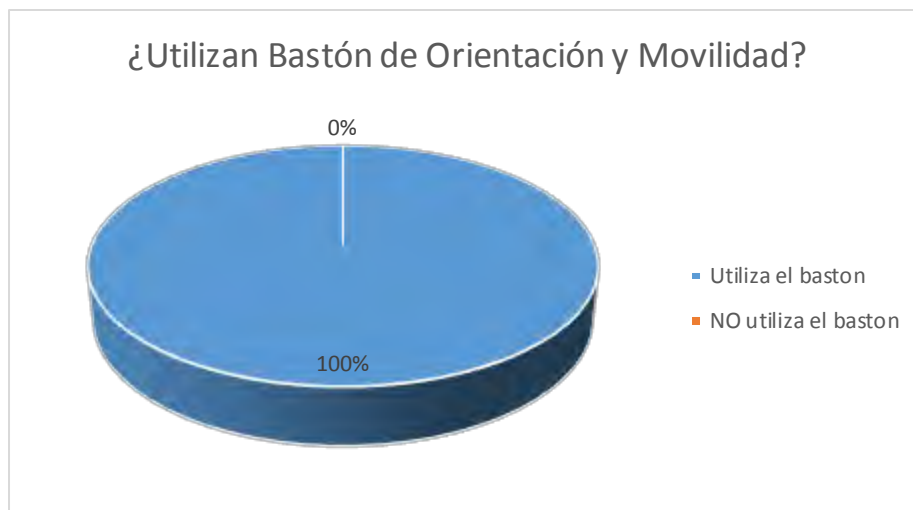
Tabla 6. Utilización bastón de orientación y movilidad PcD visual Universidad de Nariño.

Preguntas	Respuestas
¿Utiliza el bastón de orientación y movilidad para movilizarse de un lugar a otro?	Todos los encuestados utilizan siempre el bastón de orientación y movilidad para desplazarse de un lugar a otro, para muchos el bastón es sus ojos; con el cual pueden detectar los obstáculos en la parte inferior del cuerpo.
Al transitar, ¿Ha tenido accidentes con obstáculos que no pueda detectar el bastón de orientación y movilidad?	El 100% de encuestados manifestaron que han tenido muchos accidentes con respecto a la movilidad por obstáculos que se encuentran por encima de la capacidad de rastreo, eso incluye obstáculos que tienden a herir a las PcD visual de la cintura hacia arriba.
Si utiliza el bastón de orientación y movilidad, ¿Qué tan útil es este instrumento de movilidad?	Toda la población encuestada utiliza el bastón de orientación y movilidad, es el único instrumento que le sirve para desplazarse de un lugar a otro y como lo mencionaban anteriormente el bastón son los ojos del ciego para poder orientarse y percibir algún objeto que este en frente de ellos.

<p>¿Qué tipos de obstáculos NO puede detectar con el bastón de orientación y movilidad?</p>	<p>En esta pregunta abierta se pudo determinar que el bastón de orientación y movilidad a pesar de ser la herramienta más útil para movilizarse tiene muchas falencias entre las cuales se encuentran:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ La no detección de obstáculos que estén por encima de la cintura. ➤ El costo de un bastón que abarque la necesidad de detección de obstáculos es muy alto. ➤ Los usuarios se chocan con vallas publicitarias que cuelgan de techos y agreden la cabeza o el torso de una PcD visual.
<p>¿Qué adaptaciones cree usted que es necesario para una mejor movilidad y seguridad superiores a su capacidad de rastreo?</p>	<p>Los encuestados en esta pregunta abierta aportaron lo que creyeron necesario para que la movilidad sea más segura; empezando por adaptaciones que se puede hacer al bastón de orientación y movilidad, al momento de plantearles la idea de incorporar un sistema electrónico que ayude a percibir obstáculos que estén por encima de la cintura lo tomaron pertinente.</p>

Fuente: Esta Investigación.

Figura 13. Porcentaje de PcD visual en la Universidad de Nariño utiliza Bastón de Orientación y movilidad.



Fuente: Esta investigación.

6.2 DESARROLLO DEL PROTOTIPO

Anterior a las encuestas realizadas a las PcD visual en la Universidad de Nariño no era específico qué clase de sistema fuese el correcto a realizar, surgían muchas ideas para contrarrestar el problema de accidentes con obstáculos que las PcD visual las Vivian, y los cuales no se pueden localizar con el bastón de orientación y movilidad. Entre las muchas ideas estaban: Una gorra con sensores que detecten obstáculos, o chalecos con sensores para capacidad de rastreo en forma cilíndrica, entre otros. Todas estas ideas eran muy buenas, sin embargo no estaban bien basadas por nosotros, puesto que nosotros gracias a la vida no tenemos discapacidad visual y no podemos percibir como ellos, además un tema que cada vez es más relevante y el cual es la inclusión y la No estigmatización de las personas que tienen algún tipo de discapacidad con estos objetos o prendas de vestir.

Con los datos obtenidos de la encuesta realizada entre el 10 de diciembre al 15 de diciembre de 2014 se determinó la viabilidad de la construcción de un prototipo que ayude a la movilidad de las PcD visual, enfocado en primera instancia a las PcD visual de la Universidad de Nariño.

Los datos de la encuesta arrojaron resultados que tienden a que todas las PcD visual utilizan bastón de orientación y movilidad, esta herramienta que ha servido de ayuda a esta población por muchos años, se la pueda mejorar con un dispositivo electrónico incorporado y así generar mayor eficiencia.

El dispositivo electrónico que se implementaría al bastón de orientación y movilidad debía tener las siguientes características: liviano, económico, perceptible al momento de detectar obstáculos y fácil de manejar.

Se proyectó la medida de idealidad, que requiere la metodología de este trabajo investigativo y el diseño más adecuado del prototipo, el cual consiste en que los beneficios sean más grandes, que los costos y los perjuicios.

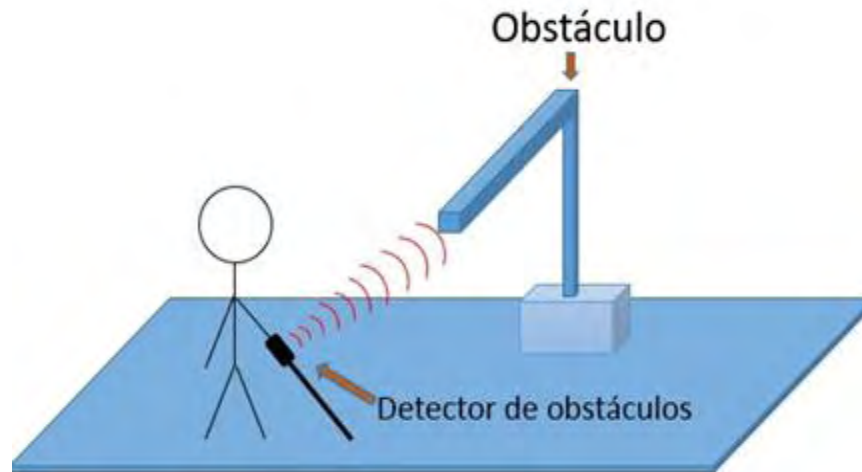
Para ello se realizó una investigación acerca de los sensores adecuados para detectar obstáculos, micro-controladores que sean pequeños, livianos y tengan un buen rendimiento para la construcción de un sistema electrónico capaz de solucionar el problema de movilidad que siempre se ha presentado en la población con discapacidad visual y además con un bajo costo para su fácil adquisición.

6.2.1 Sistema Electrónico

El sistema electrónico conto con las especificaciones del desarrollo del prototipo, las cuales fueron ser un dispositivo liviano, económico, audible y fácil de manejar se diseñó un sistema que cumpliera todas estas especificaciones hechas por el usuario.

Este dispositivo tiene los elementos electrónicos tales como, un sensor de ultrasonido, un nano arduino (microcontrolador), un Buzzer y un motor vibrador para dar información de alerta de un obstáculo cercano.

Figura 14. Funcionamiento del sistema de detección de obstáculos.

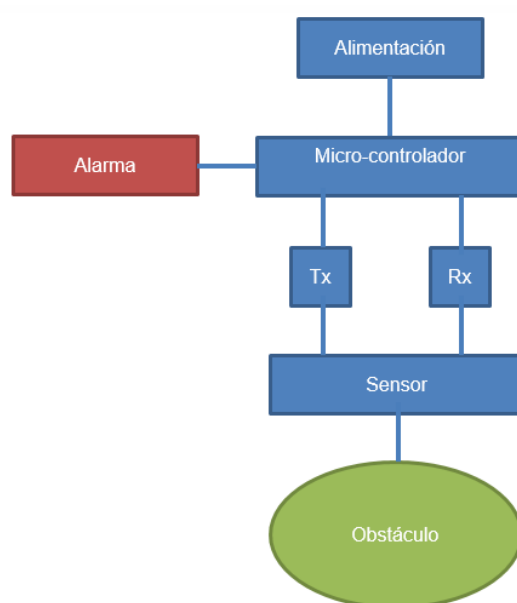


Fuente: Esta investigación.

6.2.2 Diagrama de bloques

Este diagrama de bloques determina todas las variables presentes en este sistema electrónico para la detección de obstáculos sin especificar el dispositivo electrónico con el que se hizo el montaje del circuito. Muestra las partes constitutivas más generales del sistema desarrollado.

Figura 15. Diagrama de bloques del sistema electrónico de detección de obstáculos.



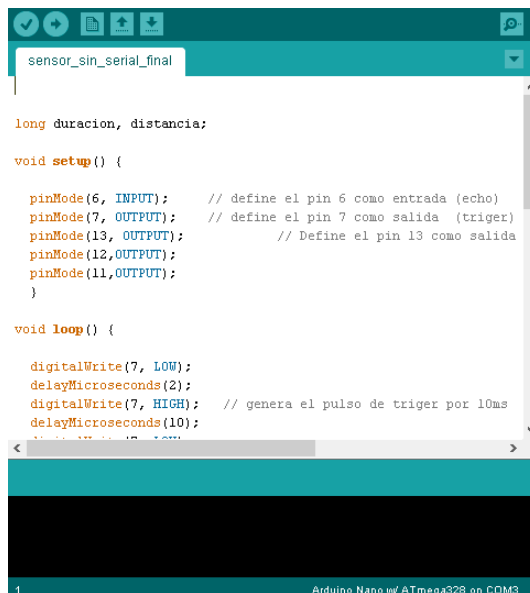
Fuente: Esta investigación.

6.2.3 Programación de Placa Arduino Nano v3.0

Arduino es una plataforma de hardware libre, con una placa sencilla dotada de entradas y salidas analógicas y digitales y un microcontrolador por una parte y, por otra, con un entorno de desarrollo para su programación se puede emplear tanto para diseños autónomos como para dispositivos conectados a un ordenador personal⁴⁵. Esto hace que el usuario tenga muchas ventajas para la creación de prototipos, en este caso para medir distancias y poder detectar obstáculos que no pueda detectar las PcD visual. Arduino puede tomar información del entorno a través de sus pines de entrada de toda una gama de sensores y puede afectar aquello que le rodea controlando luces, motores y otros actuadores; además Arduino ofrece una serie de librerías con las que se puede manejar diversos dispositivos.

La versión original de Arduino está fabricada por la empresa italiana Smart-Projects, aunque hoy en día existen decenas de distribuidores a nivel mundial, existen diversas versiones comerciales de la placas Arduino con diferentes características como tamaño físico, número de pines, modelo de microcontrolador incorporado, cantidad de memoria utilizable, etc. en este trabajo de investigación se utilizó la placa Nano Arduino 3.0 puesto que es una placa pequeña y muy completa con un microcontrolador ATmega328, con un entorno de desarrollo (IDE), el cual se encarga de la gestión de la conexión entre el computador y el hardware de arduino para establecer una comunicación entre estos por medio de la carga de diferentes programas (sketch), en este caso se trabajó con Arduino IDE software versión 1.0.6.

Figura 16. Entorno de desarrollo en Arduino IDE Software Versión 1.0.6.



```
sensor_sin_serial_final

long duracion, distancia;

void setup() {

  pinMode(6, INPUT); // define el pin 6 como entrada (echo)
  pinMode(7, OUTPUT); // define el pin 7 como salida (trigger)
  pinMode(13, OUTPUT); // Define el pin 13 como salida
  pinMode(12, OUTPUT);
  pinMode(11, OUTPUT);
}

void loop() {

  digitalWrite(7, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(7, HIGH); // genera el pulso de trigger por 10ms
  delayMicroseconds(10);
}
```

Fuente: Esta investigación.

⁴⁵MORO VALLINA, Miguel. Instalaciones Domóticas: electricidad – electrónica. 1 ed. Madrid: Paraninfo, 2011.p.190.

6.2.4 Selección de Sensor

Para escoger el sensor del dispositivo, es necesario tener en cuenta, la distancia a analizar, el costo y la facilidad de operación.

Para hacer la selección, se tuvieron en cuenta algunos sensores, por infrarrojo tales como el Sharp GP2D15, es un sensor medidor de distancias por infrarrojos que indica mediante una salida digital si hay un objeto a menos de 24 cm. De forma continua, esto significa que no es necesario ningún tipo de circuito de control ni temporización externo. Otro que fue tenido en cuenta fue el Sharp GP2Y0A21YK, es un sensor medidor de distancias por infrarrojos que indica mediante una salida analógica la distancia medida. La tensión de salida varía de forma no lineal cuando se detecta un objeto en una distancia entre 10 y 80 cm. El sensor utiliza solo una línea de salida para comunicarse con el procesador principal. Por lo anterior, la utilización de sensores infrarrojos no se hizo posible debido a su corto alcance de detección, tienen problemas con la luz solar haciendo que el circuito pierda el control o simplemente no exista detección de obstáculos. Por otra parte, la velocidad de la señal de ultrasonidos (la velocidad del sonido en el aire) es muy inferior a la de la luz y, por tanto, facilita el cálculo de distancia al obstáculo detectado, basado en la medida del tiempo de reflexión de la señal. Por lo tanto se tuvo en cuenta en conseguir un sensor de ultrasonido para este tipo de prototipo.

Entre los sensores de ultrasonidos tenidos en cuenta fueron el SRF04, SRF05, SRF08 Y HC-SR04; este último fue utilizado para este tipo de trabajo.

Tabla 7. Características de los sensores infrarrojos y ultrasonido.

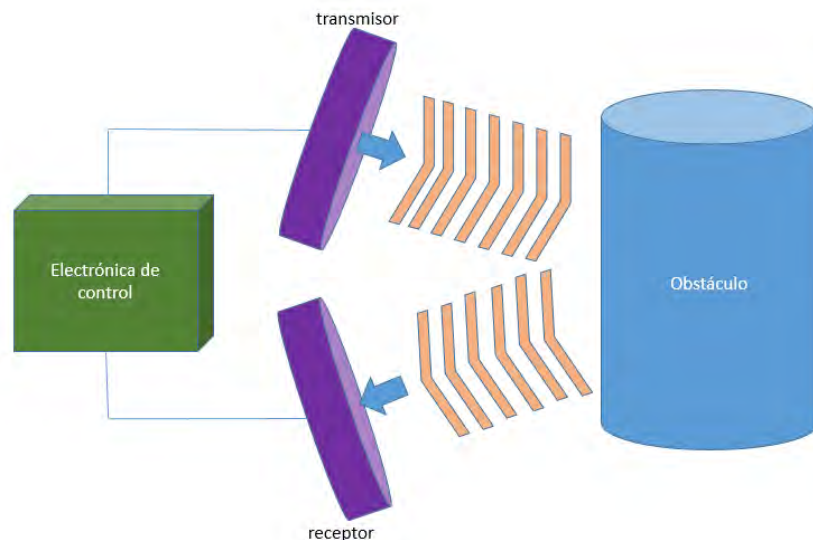
Modelo sensor	Fabricante	Distancia (cm)	Tipo	Costo (\$)	Consumo
GP2D15	Sharp	10 a 80	Infrarrojo	48.000	35mA
GP2Y0A21YK	Sharp	10 a 80	Infrarrojo	20.500	30mA
SRF04	Devantech	3 a 300	Ultrasónico	92.800	30mA
SRF05	Devantech	2 a 400	Ultrasónico	63.800	30 mA
SRF08	Devantech	3 a 600	Ultrasónico	145.000	15mA
HC-SR04	Devantech	2 a 500	Ultrasónico	12.000	20mA

Fuente: Esta Investigación.

Los sensores de ultrasonido en aplicaciones como medición de distancias, control de movimiento (efecto Doppler), detección de presencia y reconocimiento de formas la etapa de excitación genera una señal continua, por ejemplo: una

onda seno cuya frecuencia coincide con la de resonancia del transductor transmisor.⁴⁶

Figura 17. Sistema ultrasónico con excitación continua.



Fuente: MARTINEZ R, Jairo A, VITOLA O, Jaime, SANDOVAL C, Susana. Fundamentos teórico - prácticos del ultrasonido. En: Educación: Revista de la Universidad de Santo Tomas de Bogotá. No.20 (abril 2010); p.13.

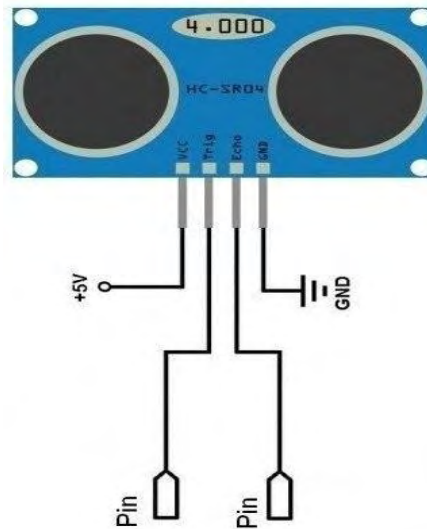
El sensor HC-SR04 es un módulo ultrasónico el cual posee características que ayudan en la implementación del sistema electrónico, este módulo es compatible con Arduino, es el más económico en el mercado, de muy pequeño tamaño, gran rendimiento y precisión.

El sensor de ultrasonido tiene 4 pines los cuales son: *VCC* y *GND* para alimentación 5V y 0V respectivamente, dos piezoeléctricos *Trigger* y *Echo* para capturar la distancia.

Funciona emitiendo impulsos de ultrasonidos inaudibles para el oído humano. Los impulsos emitidos viajan a la velocidad del sonido hasta alcanzar un objeto, entonces el sonido es reflejado y captado de nuevo por el receptor de ultrasonidos. Lo que hace el controlador incorporado es emitir una ráfaga de impulsos y a continuación empieza a contar el tiempo que tarda en llegar el eco. Este tiempo se traduce en un pulso de eco de anchura proporcional a la distancia a la que se encuentra el objeto.

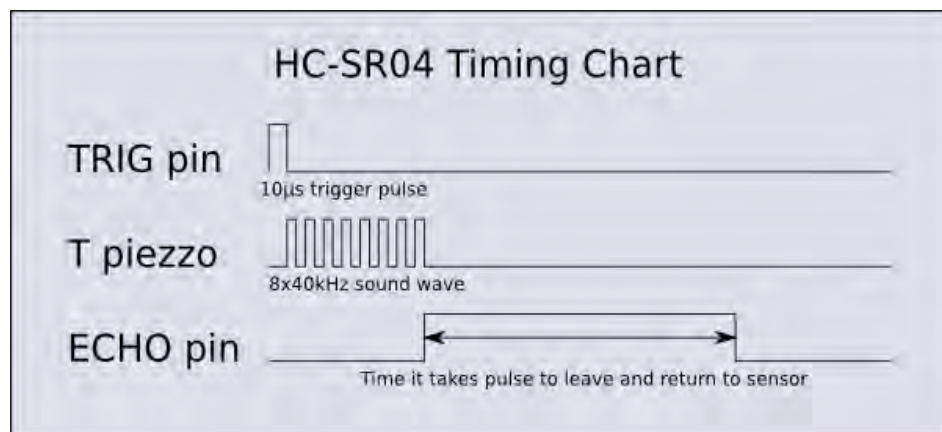
45MARTINEZ R, Jairo A, VITOLA O, Jaime, SANDOVAL C, Susana. Fundamentos teórico prácticos del ultrasonido. En: Educación: Revista de la Universidad de Santo Tomas de Bogotá. No.20 (abril 2010), p.1-18.

Figura 18. Terminales de conexión de sensor de Ultrasonido HC-SR04.



Fuente: ARDUBASIC, tomado en línea: <https://ardubasic.wordpress.com/tag/hc-sr04/>.

Figura 19. Diagrama de tiempos de sensor HC-SR04.



Fuente: GARCIA, Antony, NAVARRO, Kiara. Panamá Hitek [en línea] <http://panamahitek.com/sensor-ultrasonico-hc-sr04-arduino/> [citado en 15 de abril de 2015].

Desde un punto de vista más práctico, lo que se hace es enviar una señal de arranque desde el pin *trigger* tiene que estar en alto por 10 µs, luego con el cristal incorporado en el sensor empieza a generar pulsos a 40 kHz para realizar la echo- localización, cuando ya detecta la distancia el pin *Echo* devuelve un pulso que corresponde al doble de la distancia, dado que mide de ida y de regreso cuando el pulso choca con el obstáculo. La fórmula para calcular la distancia de un sensor de ultrasonidos es:

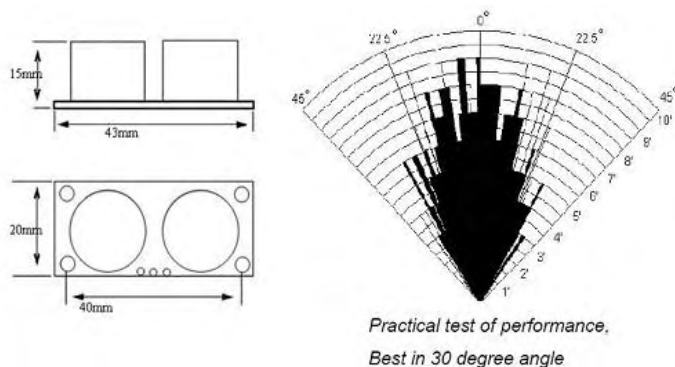
$$d = (v.t)/2 \quad (2)$$

Dónde d es distancia que tarda la señal en llegar al objeto, v es velocidad del sonido en el aire y t es tiempo transcurrido entre la emisión y recepción del pulso.

El sensor de ultrasonido HC-SR04, presenta una gráfica similar a la de un patrón de radiación, con esta información se puede saber a qué ángulo desde una referencia inicial se pueden obtener mejores resultados en las lecturas. El patrón de radiación es una gráfica que presenta propiedades importantes en base a coordenadas espaciales, generalmente esféricas. La propiedad más relevante en este tipo de gráfica es la distribución de energía, es decir cuántos dB tenemos en función de un punto de referencia a lo largo de un radio que no cambia. Para este caso se comenta a qué distancia se puede detectar un objeto en función del ángulo. Ver figura 20.

El ángulo efectivo para este sensor es de 15° , esto indica que el sensor podrá detectar objetos a un rango de 30° , 15° hacia la derecha e izquierda del ángulo cero. Aquí se observa que en efecto para un ángulo menor a 15 grados, las lecturas son bastante buenas.

Figura 20. Márgenes de detección de sensor de ultrasonido.



Fuente: GARCIA, Antony, NAVARRO, Kiara. Panamá Hitek [en línea] <http://panamahitek.com/sensor-ultrasonico-hc-sr04-arduino/> [citado en 15 de abril de 2015].

Teniendo en cuenta el funcionamiento del sensor, se utilizó una ecuación que convierta los datos a centímetros para limitar hasta donde necesita el usuario que el prototipo detecte y comunique de un obstáculo. Para poder convertir los datos a centímetros se requiere de la siguiente ecuación:

$$distancia = \frac{(Duración/2)}{29} \quad (3)$$

$Duración/2$ ya que se tiene en cuenta que la duración total es de ida y vuelta por lo tanto se necesita esta fracción, la cual es la duración real hasta donde está el obstáculo.

La división entre 29 es tomada por la velocidad del sonido, ya que normalmente utilizamos la velocidad del sonido como 340 m/s pero al utilizar los centímetros

(cm) para detectar distancia y los microsegundos (μs) de las funciones del arduino hace que cambie el valor de $340m/s$ a $1/29 cm/\mu s$.

6.2.5 Dispositivos modo alerta

Se decidió utilizar dos métodos de información de alerta a las PcD visual, quienes fueron los usuarios finales de este diseño; entre estos dos métodos están el de vibración mediante un motor de vibración, el cual se lo sacó de un celular tipo gama media y el sonoro a través de un Buzzer, se tuvo en cuenta esto por el motivo de que existe población sordociega, por lo cual se le es imposible escuchar el sonido. Este tipo de alerta se programó mediante la placa arduino la cual se encarga de enviar pulsos de activación de cada uno de los elementos electrónicos.

Figura 21. Elementos electrónicos (a) Buzzer y (b) motor de vibración.



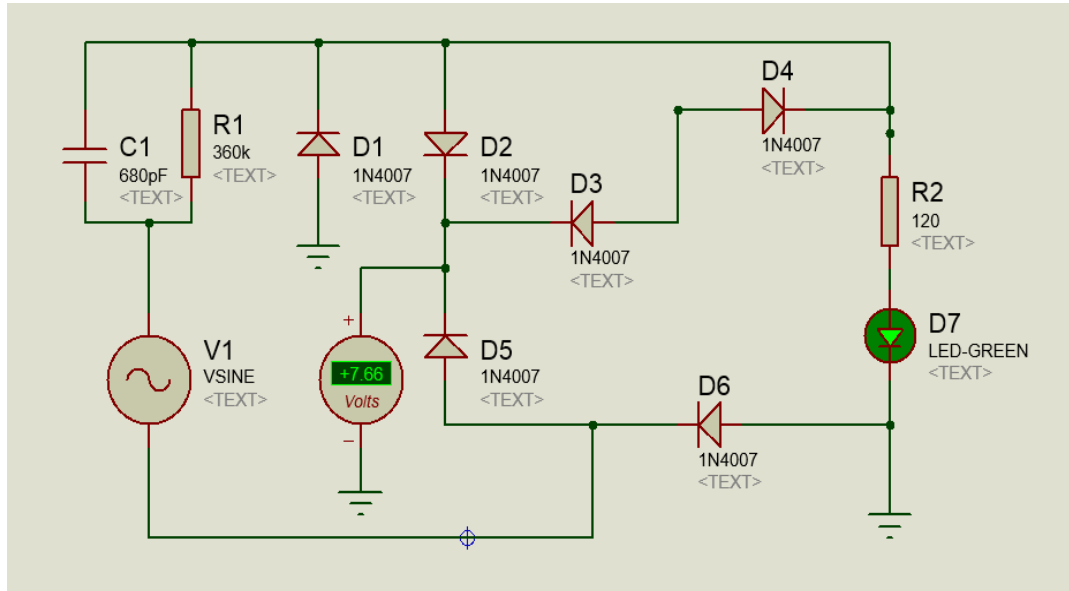
Fuente: Esta investigación.

6.2.6 Alimentación del circuito

Para que el dispositivo funcione correctamente se necesita que los elementos electrónicos (Nano arduino, sensor de ultrasonido, alarma) sean autónomos, y además que sea un sistema portátil sin la necesidad de estar conectado a ninguna fuente de voltaje externa, con unas piezas fácil de remplazar y fáciles de conseguir en el mercado. Por tal motivo se escogió como fuente de suministro de energía, una batería de ion Litio de 7 voltios y 700mAh recargable, y un panel solar fotovoltaico de 2.5 por 7.0cm de dimensiones; dado que hoy en día es muy fundamental el uso de la luz solar; puesto que se reduce el consumo energético y se contribuye al cuidado del planeta; el panel solar es un dispositivo que aprovecha la energía de la radiación solar. El término comprende a los colectores solares utilizados para producir agua caliente (usualmente doméstica) mediante energía solar térmica y a los paneles fotovoltaicos utilizados para generar electricidad mediante energía solar fotovoltaica.

Esta batería se carga conectando a la red eléctrica 110v, se rectifica por medio de un puente de diodos, un condensador de tantalio y un resistor. No necesita de transformador reductor lo que ayuda a que el prototipo no cambie su tamaño; además, de la conexión a la red eléctrica y mediante el panel fotovoltaico se carga la batería permitiendo más rendimiento y durabilidad del dispositivo.

Figura 22. Circuito de carga en simulador Proteus.



Fuente: Esta investigación.

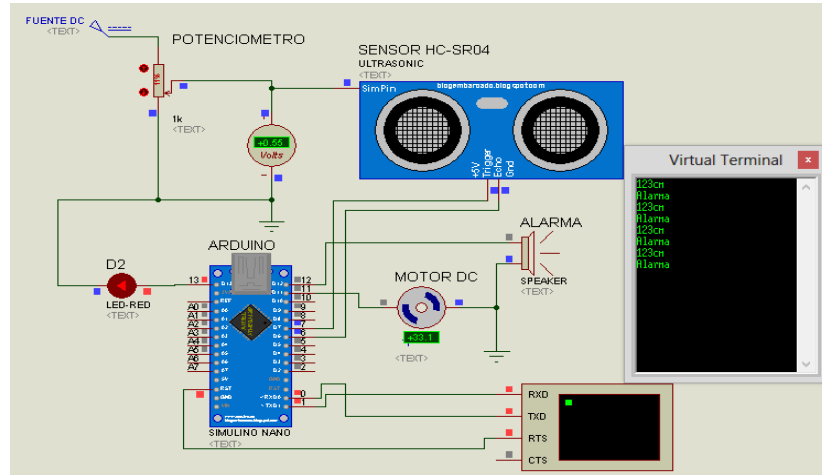
6.2.7 Software libre

Antes de la implementación del sistema electrónico es necesario e importante la simulación principalmente para comprobar errores de programación pero sin duda la única forma de probar el funcionamiento del sistema es directamente con el usuario y es este quien determina los parámetros bajo los cuales se debe modificar y no la programación. Especialmente para comprobar el funcionamiento del dispositivo, se utilizó el software *Proteus* que pertenece a la empresa *Labcenter electronics*, es una herramienta de software que permite realizar la simulación de circuitos, admite componentes pasivos, digitales, analógicos y componentes más complejos como *LCD* y motores, por lo que ayuda bastante a la hora de realizar un respectivo montaje de pruebas en modo real, ya que si el circuito que se está diseñando funciona en la simulación, se tiene una gran probabilidad de que funcione con los componentes físicos implementados. Además este programa permite la simulación de micro controladores, es decir en su programa permite de manera detallada observar el funcionamiento de la placa arduino y el sensor ultrasónico simulando distancias que se encuentren cerca y que el dispositivo las pueda detectar.

Se encontraron los dispositivos en librerías externas; las cuales se descargaron y se instalaron para realizar la simulación más precisa, además por medio de un

monitor serial observar la distancia que detecta el sensor de ultrasonido HC-SR04.

Figura 23. Simulación del circuito en Software Proteus.

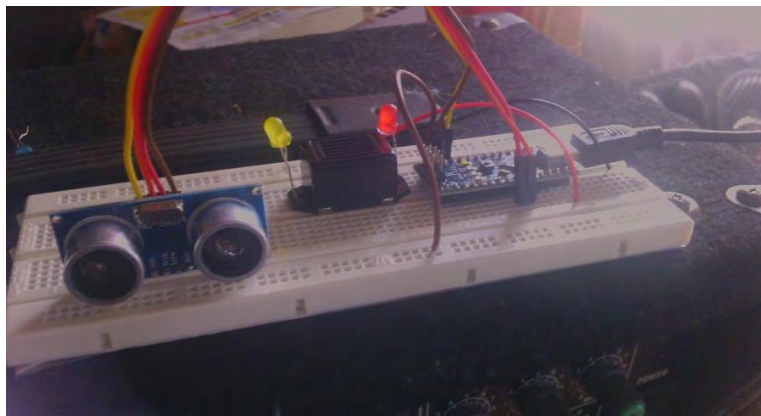


Fuente: Esta investigación.

6.2.8 Implementación

El ensamble del prototipo electrónico se hace en primer lugar en protoboard, puesto que en esta tabla de pruebas se pueden montar y modificar, fácil y rápidamente circuitos electrónicos sin necesidad de soldadura y muchas veces, sin herramientas. Para que una vez el circuito está funcionando en forma satisfactoria en la protoboard, se puede construir de forma definitiva el sistema electrónico. La alimentación de todo el sistema se realiza por medio del puerto USB del computador.

Figura 24. Implementación del sistema electrónico en protoboard.



Fuente: Esta investigación.

6.2.9 Diseño del sistema de alojamiento y transporte del dispositivo

Terminada la implementación en protoboard de todos los componentes electrónicos utilizados en este prototipo, y realizando las pruebas de un correcto funcionamiento se pensó en el diseño de un sistema de alojamiento y transporte del dispositivo, que esté afín a las necesidades de las PcD visual de la Universidad de Nariño, sea liviano y fácil de manipular.

El primer diseño consistió en la adecuación del bastón de orientación y movilidad modelo plegable y de aluminio de 120 cm de largo, el cual tiene empalmes robustos y transmisión táctil excepcional, y fácil de doblar en tres puntos; este bastón se acoplaría a través del dispositivo electrónico.

Figura 25. (a) Primera carcasa de sistema electrónico y (b) bastón de orientación y movilidad.



(a)

(b)

Fuente: Esta investigación.

Para la construcción de la primera carcasa se escogió madera por su fácil manipulación y excelentes características de trabajo. el bastón fue cortado en dos partes; un extremo se instaló en la parte inferior y la otra en la parte superior de la carcasa, se realizaron dos agujeros en la parte frontal o tapa de la carcasa para la fijación del sensor de ultrasonido en forma de círculo donde salen trigger y echo, dos en la parte lateral para el sistema de alarma Buzzer al momento de detectar obstáculos y el otro para el switch de encendido y apagado del sistema electrónico; además en la parte interior estuvieron ubicados los componentes electrónicos tales como placa Nano Arduino v3.0, motor de vibración y batería con el cableado de cada uno de los elementos.

Figura 26. Sistema electrónico en primera carcasa.



Fuente: Esta investigación.

6.3 ENSAMBLE DEL PROTOTIPO

Con el diseño de una primera carcasa se hicieron los primeros ensambles del sistema de detección de obstáculos y bastón de orientación y movilidad, sus respectivas pruebas para determinar el funcionamiento del prototipo; con esto se identifican algunas falencias y que mejoras se debían realizar para alcanzar un nivel de idealidad significativo para el prototipo final que se entrega en este proyecto de investigación.

Figura 27. Primer prototipo de detección de obstáculos.



Fuente: Esta investigación.

Se muestra un prototipo preliminar que está siendo manipulado por una persona y que en el ejercicio de ensayar el prototipo puede detectar obstáculos de manera satisfactoria.

Los resultados a pesar de ser buenos existen algunas desventajas entre las cuales se encuentra:

- Cambio de dimensión en el bastón.
- No es viable construir un bastón de orientación y movilidad.

Debido a que no se sabían las dimensiones correctas se modificó el tamaño del bastón alargándolo para insertar el dispositivo detector de obstáculos, el estándar es muy específico en que el largo del bastón es exactamente de 120 cm y con esta carcasa se aumenta 15 cm y es un aumento muy considerable.

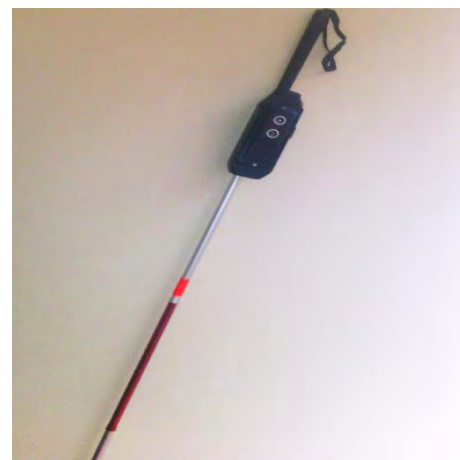
Con este cambio se trató de sobreponer la carcasa en el dispositivo y así no modificar el tamaño, ni realizar corte alguno al bastón de orientación y movilidad. En este caso para que el prototipo pueda estar entre los estándares de las diferentes instituciones que regulan los dispositivos tiflotecnológicos como en este caso es el Instituto Nacional para Ciegos (INCI).

Para el segundo diseño se modificó el primero; en donde se realizó otro agujero en la parte lateral izquierda para el sistema de carga junto con el Buzzer y botón de encendido y apagado al igual en la parte lateral derecha se hizo la implementación del panel solar y en la parte trasera se hizo un acondicionamiento para la adherencia del prototipo al bastón de orientación y movilidad teniendo como resultado el prototipo electrónico final con dimensiones 17.2 cm de largo por 5.6 cm de ancho, con una profundidad de 4.2 cm, un peso de la carcasa de 320 gramos (gr) , el peso del bastón de orientación y movilidad de 280gr y dando un peso total de todo el sistema de 600gr.

Figura 28. (a) Carcasa final y (b) prototipo final.



(a)



(b)

Fuente: Esta investigación.

En la siguiente tabla se resumen las características técnicas del prototipo:

Tabla 8. Características técnicas del prototipo

Valor	
Eléctricas	
Consumo	700 mA/h
Batería	7 v
Autonomía	2 días
Mecánicas	
Largo total	1,2m
Grosor módulo	4,3cm
Ancho módulo	5,6cm
Peso total	600gr
Material	Madera y Aluminio
Uso	
Alcance	1,2m

Fuente: Esta Investigación.

Los planos con medidas detalladas pueden verse en el anexo B.

6.4 PRUEBAS DE USABILIDAD CON LAS PCD VISUAL DE LA UNIVERSIDAD DE NARIÑO

El prototipo permite detectar obstáculos que se encuentran a una distancia de 120 cm; a esta distancia el prototipo es más rápido y permite una respuesta más pronta, además la mayoría de los bastones de orientación y movilidad tienen esta medida, el utilizado en este proyecto de investigación es de la misma medida, así las Pcd visual pueden tener una reacción más efectiva de saber que existe un obstáculo cerca y no tener una falsa alarma; puesto que a menor distancia el sistema de vibración aumenta.

6.4.1 Funcionamiento del dispositivo (manual de usuario)

El dispositivo permite detectar obstáculos que se encuentren por encima a la capacidad de rastreo de las Pcd visual, es decir de la cintura hacia arriba. Conforme se acerque el prototipo al obstáculo a una distancia de 120 cm este se activa con un sistema de alarma como es el caso de motor de vibración y Buzzer, este es un rango adecuado para prevenir tropiezos. Cuando la batería

este descargada al momento de encender el dispositivo no generara ningún sonido por lo tanto debe recargarlo; para esto debe tomar el cable de corriente y enchufar un extremo en la parte central lateral izquierda del prototipo y la otra a la energía eléctrica (toma corriente). Primero se debe identificar las partes que conforman el dispositivo: interruptor de encendido, Buzzer, sensor de ultrasonido trigger – echo, entrada para el cable de corriente, panel solar y batería.

Cuando se sostiene el dispositivo en la posición del bastón se puede sentir en la parte superior dos pequeñas protuberancias en forma cilíndrica similares a un botón de una chaqueta, este es el sensor de ultrasonido el cual debe estar libre para la detección de obstáculos, además este sensor está ubicado en la tapa del prototipo la cual está sujeta con dos tornillos tipo estrella el uno arriba y el otro debajo de fácil manipulación.

En la parte lateral izquierda del mango del bastón hacia abajo se encuentra el botón de encendido y apagado de todo el sistema electrónico, seguido por el Jack o agujero donde va el cable de corriente y en último se encuentra un agujero donde esta insertado el Buzzer el cual es el encargado de emitir un sonido al detectar el obstáculo cercano. En la parte lateral izquierda está ubicado el panel solar encargado de cargar la batería del dispositivo sin necesidad de ninguna conexión eléctrica, cabe aclarar que este debe estar a plena luminosidad, es decir en el día, en la parte inferior se encuentra un agujero donde está ubicada la batería recargable, en la parte interior se encuentra las respectivas conexiones y demás elementos electrónicos tales como una placa Nano Arduino, el sistema de alimentación, el motor de vibración y por último en la parte trasera se encuentra una forma cónica de 10 cm de largo, está cortado para facilitar su retiro y adherencia del prototipo al bastón de orientación y movilidad.

6.4.2 Pruebas de Campo

Una vez ensamblado el prototipo fue necesario realizar las pruebas respectivas con PcD visual en ambientes reales. La primera prueba se llevó acabo en la Universidad de Nariño, en el Aula de Apoyo tecnológico; se explicó en primera instancia el funcionamiento del dispositivo seguido por la parte experimental del mismo; esta prueba se realizó con la colaboración de la docente Yolanda Alfaro quien es una persona con discapacidad visual, quien hizo la prueba de funcionamiento. Al terminar la prueba se recopilo información referente al desempeño del sistema a través de una serie de preguntas.

1. ¿Qué opina usted sobre los dispositivos electrónicos para la ayuda de la movilidad de las personas con limitación visual?

R/: Son muy importantes porque mejoran la calidad de vida de las personas con discapacidad visual.

2. ¿Cuál es su opinión acerca del bastón guía ultrasónico en cuanto a su peso, tamaño, portabilidad y comodidad al sujetarlo?

R/: El bastón me parece que el diseño se adapta a las necesidades y requerimientos de las personas con discapacidad visual, el tamaño está bien pero como recomendación se debe diseñar cada bastón al tamaño de la persona que lo utiliza.

3. ¿Cuál fue su experiencia al usar el bastón?

R/: Con este bastón se siente mayor seguridad; puesto que no se va a tropezar con objetos.

4. ¿Qué recomendación daría para una nueva versión del dispositivo?

R/: como recomendación sería que el bastón tenga un sistema GPS para ubicarse en la ciudad de Pasto.

La segunda prueba del dispositivo se realizó en la Universidad de Nariño sede Torobajo; de igual manera se hizo la respectiva explicación del funcionamiento del prototipo y sus respectivos componentes, la forma de ON-OFF, la conexión de la red eléctrica y la forma de adherirse al bastón de orientación y movilidad, seguido de la parte experimental en esta oportunidad se contó con la colaboración del estudiante de Administración de Empresas Darwin Alexander Portilla; quien es una persona con discapacidad visual, ceguera total. Al terminar la prueba de funcionamiento se realizó las mismas preguntas de la primera prueba.

1. ¿Qué opina usted sobre los dispositivos electrónicos para la ayuda de la movilidad de las personas con limitación visual?

R/: El dispositivo electrónico tiene un buen funcionamiento, ya que, si detecta los obstáculos que se encuentran en el aire, lo que evita accidentes.

2. ¿Cuál es su opinión acerca del bastón guía ultrasónico en cuanto a su peso, tamaño, portabilidad y comodidad al sujetarlo?

R/: Es adecuado, ya que su peso es ligeramente liviano y por esta misma razón fácil de manipular, además se podría decir que su portabilidad no representa ningún problema, ya que se lo puede retirar y colocar cuando uno lo vea conveniente.

3. ¿Cuál fue su experiencia al usar el bastón?

R/: Fue una experiencia bastante satisfactoria, porque llena todas las expectativas.

4. ¿Qué recomendación daría para una nueva versión del dispositivo?

R/: Sería bueno que se le pueda adaptar un GPS, para la localización en la ciudad.

Con estas pruebas se permitió conocer el concepto de cada uno de los encuestados que posteriormente ensayaron el bastón, mostraron la conformidad con el prototipo y la disposición que tiene cada uno de utilizarlo en su vida diaria. La respuesta de cada una de las PcD visual de la Universidad de Nariño corresponde a su criterio personal sintieron favorable y viable utilizar un bastón de orientación y movilidad que se apoye con un dispositivo electrónico que aumente el rango de rastreo y promover la autonomía e inclusión de las personas con discapacidad visual.

Figura 29. Pruebas con PcD visual de la Universidad de Nariño.



(a) Docente Yolanda Alfaro



(b) Estudiante Darwin Portilla

Fuente: Esta investigación.

6.5 PRUEBAS TÉCNICAS CON INTERFAZ GRÁFICA (MATLAB)

Evaluando el manejo del bastón de orientación y movilidad a través de las personas que nos colaboraron con la funcionalidad del prototipo, esta evaluación proporciono una clase de ítems que ayudaron a mejorar el dispositivo.

Para complementar la experiencia personal de cada uno de los usuarios se implementó una interfaz gráfica que muestra en general como está funcionando el dispositivo electrónico detector de obstáculos.

En esta prueba se utilizó la interfaz gráfica de MATLAB, se implementó con el mismo sensor de ultrasonido HC-SR04 para medir distancias y un micro servo motor 9G de 1.6Kg de torque y 180° de rotación de gran integración con Arduino; este hace girar el sensor de ultrasonido en ángulos de 0 a 180°, el cual hace un mapeo en un estilo de radar que detecta obstáculos a una distancia de 1.20 metros.

Figura 30. Micro servomotor 9G.

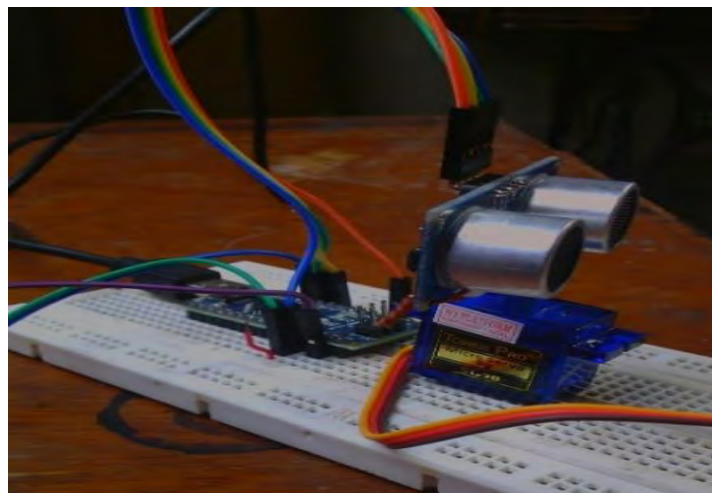


Fuente: Esta investigación.

Este servomotor digital fue el adquirido para ser integrado en la plataforma, consta de un conector compuesto por tres cables, alimentación, GND y el otro pin va conectado directamente a uno de los pines de la placa Nano Arduino y este será el que reciba la señal de control para el accionamiento del motor.

Con los cables del motor ya identificados se realiza el montaje en protoboard, para la alimentación de la plataforma se hace por medio del puerto USB del computador, luego se genera un sketch con un código sencillo para comprobar simplemente el funcionamiento del motor; para finalmente integrar esta funcionalidad en el resto del programa en desarrollo.

Figura 31. Montaje de motor servo sobre la plataforma Nano Arduino.



Fuente: Esta investigación.

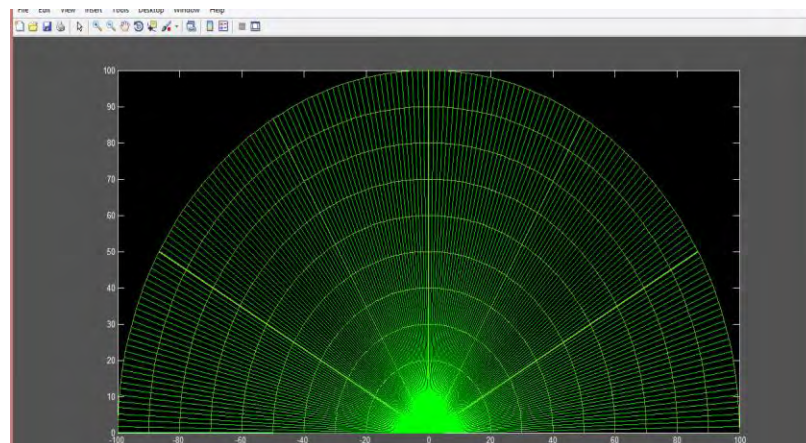
En el entorno interactivo de desarrollo (IDE) de Arduino se hace un sketch para enviar una señal ultrasonido y contar el tiempo en que se demora en llegar, a

más corto más cerca se encuentra el obstáculo, esta variable se envía por el puerto y Matlab la procesa y grafica los puntos detectados como obstáculos. Se realizó la prueba basándose en el adecuado uso del bastón de orientación y movilidad que consiste en una técnica de toque, donde la persona debe tomar el bastón con la palma de la mano, con el extremo superior llegando a la muñeca, el dedo índice se apoya a lo largo del mango de este, sosteniéndolo en la mano por los dedos pulgar y mayor, de la misma forma que los dedos anular y meñique para dar mayor equilibrio y control.

El brazo de la mano que sostiene el bastón se debe extender diagonalmente desde el hombro hasta la línea media del cuerpo, apenas debajo de la cintura, el codo queda sin flexionar y el brazo rota levemente, de manera que la mano queda vertical al suelo. El bastón se mueve de un lado a otro sobre el extremo superior fijo, dibujando con la parte inferior del bastón la apertura de un arco; este arco debe tener como apertura el ancho de los hombros de la persona que lo maneja. La posición del bastón debe ser siguiendo la línea que va desde el hombro hasta la mano quedando aproximadamente a 30 cm adelante del cuerpo; de este modo se despeja el camino, más o menos a 1m de distancia.

Por lo tanto la programación se realiza con una forma más parecida al movimiento del bastón de orientación y movilidad, que consiste en un grado de 0 a 180°, puesto que se necesita proteger la parte frontal de la persona, donde se encuentran todos los obstáculos.

Figura 32. Interfaz gráfica Matlab sin detección de obstáculos.

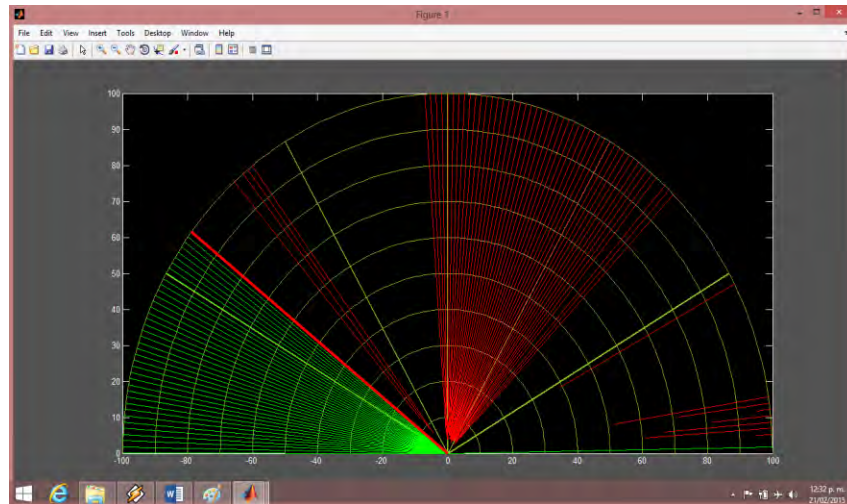


Fuente: Esta investigación.

La interfaz gráfica permite detallar de manera más precisa la forma en que el prototipo detecta obstáculos; para esto se utilizó la comunicación software Arduino – MATLAB, en donde simulando el movimiento del bastón de orientación y movilidad de 0 a 180°, para determinar a qué distancia y ángulo el sistema es más preciso para encontrar los obstáculos, se hicieron las pruebas colocando diferentes obstáculos a diferentes ángulos y distancias para ver la efectividad del sensor y determinar la distancia más acorde a la programación del mismo la cual

mediante un barrido y con líneas rojas se observa la ubicación del obstáculo y a que distancia se encuentra.

Figura 33. Interfaz gráfica Matlab en la detección de obstáculos.



Fuente: Esta investigación.

6.6 DIFERENCIAS ENTRE EL PROTOTIPO PARA DETECCIÓN DE OBSTÁCULOS Y EL BASTÓN DE ORIENTACIÓN Y MOVILIDAD

Para determinar el impacto de la creación del prototipo se comparó el diseño actual con un bastón de orientación y movilidad tradicional.

Tabla 9. Diferencias entre el prototipo y bastón tradicional

Características	Bastón de orientación y movilidad (Bastón Blanco)	Prototipo
Comodidad de uso	Cómodo	Cómodo
Longitud	Según estándares	Según estándares
Costo	Económico (accesible)	Costoso (limitado)
Detección de obstáculos altos	No	Si
Necesidad de carga	No	Si
Orientación y movilidad	Limitado	Mayor confiabilidad
Peso	Bajo	Medio
Requiere mantenimiento	No	Si
Disponible en el mercado	Si	No

Fuente: Esta investigación.

La tabla es de acuerdo a lo que manifestaron los usuarios, lo que da muchas ventajas al utilizar el prototipo sobre todo, el cual era el objetivo principal del trabajo de investigación.

6.7 ANÁLISIS ECONÓMICO DE COSTOS

En la siguiente tabla se presenta los costos de producción del prototipo final en este trabajo de investigación. En esta tabla no están asociados los costos de mano de obra, ni gastos contables derivados del uso de maquinaria. La información se presenta como datos generales que deben ser ajustados para su proceso de posible versión final y producción.

Tabla 10. Costos de fabricación del prototipo sin mano de obra ni gastos asociados a la propiedad intelectual.

Insumo	Cantidad	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
Hc-sr04 Sensor de ultrasonido	1	12.000	12.000
Microcontrolador Nano Arduino v3.0	1	30.000	30.000
Buzzer	1	1.000	1.000
Motor de vibración	1	8.000	8.000
Interruptor	1	800	800
Circuito de carga incluye (Batería, Panel solar)	1	25.000	25.000
Conector cable de corriente	1	1.500	1.500
Cable de corriente	1	8.500	8.500
Carcasa prototipo	1	15.000	15.000
Bastón de orientación y movilidad.	1	55.000	55.000
Varios		7.000	7.000
Total	10	163.800	163.800

Fuente: Esta Investigación.

7. CONCLUSIONES

El prototipo permite detectar obstáculos que se encuentran a una distancia de 120 cm; a esta distancia el prototipo es más rápido y permite una respuesta más ágil, además la mayoría de los bastones de orientación y movilidad tienen esta medida y es así como las PcD visual pueden tener una reacción más efectiva de saber que existe un obstáculo cerca y no tener una falsa alarma; puesto que a menor distancia el sistema de vibración aumenta.

Se diseñó e implementó un prototipo de gran utilidad y fácil manipulación para las personas con discapacidad visual pertenecientes a la Universidad de Nariño sede Torobajo y Aula de Apoyo Tecnológico, sobre todo un dispositivo de un bajo costo; puesto que para su fabricación se recurrió a materiales de fácil adquisición y de bajo precio.

Las pruebas realizadas con las PcD visual arrojaron resultados positivos al evidenciar en ellos emoción y cierto grado de confiabilidad al manipular y al moverse con este sistema.

Este proyecto de investigación permitió realizar un estudio acerca de la discapacidad existente a nivel, regional y municipal dentro del contexto educativo de la Universidad de Nariño con las personas con discapacidad visual. El acercamiento directo con la población con discapacidad visual de la Universidad de Nariño permitió conocer sus necesidades y pensamientos referentes a una óptima inclusión educativa, que desde el campo de la electrónica se pueden implementar diseños adaptables a sus necesidades que favorezcan su quehacer y bienestar dentro de cualquier contexto formal que dicha población se desempeñe.

El costo total aproximado del prototipo, exceptuando la mano de obra del mismo y costos varios es de ciento sesenta y tres mil pesos m/cte (\$163.000), en donde se evidencia que la inversión realizada es muy baja, teniendo en cuenta que es un proceso de fabricación, además de ser un costo muy bajo y de fácil adquisición para la población en situación de discapacidad visual no solamente pertenecientes a la Universidad de Nariño si no a nivel regional.

Mediante el desarrollo de trabajo de grado se comprueba la viabilidad de realizar en el departamento de Nariño proyectos que impulsen hacia la inclusión educativa, laboral y social de la PcD visual.

Se espera que este prototipo sea tenido en cuenta por Bienestar Universitario de la Universidad de Nariño para que las personas con discapacidad visual adquieran este diseño de movilidad y así generar una óptima inclusión dentro del contexto educativo.

Con la implementación de este prototipo se pretende motivar a los estudiantes de ingeniería electrónica a que continúen desarrollando estrategias en beneficio de las PcD, innovar en su diseño, pensando siempre en que sea de gran utilidad.

Es necesario realizar investigación sobre este tipo de dispositivos que permitan la detección de obstáculos, se sugiere para próximos proyectos continuar en la línea de instrumentación y desarrollo con sistemas embebidos por que se observa que pueden tener un rendimiento notoriamente bueno y con una eficacia comprobada.

Se recomienda a los entes encargados de la universidad de Nariño, conservar dinámicas que conlleven al desarrollo efectivo de proyectos interdisciplinarios, los cuales vistos desde el campo de la inclusión generen diversas alternativas para que las PcD tengan mayor participación dentro de cualquier contexto.

8. BIBLIOGRAFIA

AYALA CRUZ, Edy L. Diseño y construcción del prototipo de un sistema electrónico por ultrasonido para medir distancias aplicada a un bastón blanco. Cuenca, 2011, 8p. Trabajo de grado (Ingeniería Electrónica). Universidad Politécnica Salesiana. Facultad de Ingeniería.

CALPA ENRÍQUEZ, Susana; UNIGARRO ORDOÑEZ, Enrique. La inclusión educativa de estudiantes en situación de discapacidad en la Universidad de Nariño. En: Línea de investigación teorías y procesos curriculares. Septiembre – Octubre, 2012, vol. 1, No. 1, p. 38-57.

CASTILLEJO B, Lisbeth A. Educación Especial. Universidad de Colima. Colima: agosto 2012.

COLOMBIA.MINISTERIO DE LA SALUD. Informe inicial sobre la implementación de la convención sobre los derechos de las PcD en Colombia: informe inicial. Santafé de Bogotá: El Ministerio, 2013. 5p.

COLOMBIA. MINISTERIO DE EDUCACION NACIONAL. Orientaciones pedagógicas para la atención educativa a estudiantes con discapacidad cognitiva. Santafé de Bogotá: El Ministerio, 2006. 17p.

CORONADO M, Margarito, OROPEZA M, Rafael, RICO A, Enrique. Triz: la metodología más moderna para inventar o innovar tecnológicamente de manera sistemática. Primera edición. México: Panorama Editorial, 2005. 40p.

FUNDACION PREVENT. Guía para conseguir una prevención en riesgos laborales inclusiva en las organizaciones: Madrid, España 2010.

FLORES BASULTO, Mónica Y. Discapacidad Física. México D.F: 2010.

GARCIA EGEEA, Carlos y SANCHEZ SARABIA, Alicia. Clasificaciones de la OMS sobre discapacidad. Murcia: 2001. 5p.

HERNANDEZ MARTINEZ, José A. Sistemas y soluciones para el regadío. Valencia, 2012, 71p. Trabajo de grado (Sistemas Informáticos y Computación). Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Sistemas.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Trabajos escritos: presentación y referencias Bibliográficas. Santafé de Bogotá: ICONTEC, 2009.

INSTITUTO NACIONAL PARA CIEGOS – INCI, FUNDACIÓN INNOVACIONES – CINDI. Sistematización de la movilización social y política de la población con limitación visual. Santafé de Bogotá: 2008. 14p. (Convenio Especifico no 1).

INSTITUTO DE PERFECCIONAMIENTO Y ESTUDIOS SUPERIORES. La discapacidad física con foco en la discapacidad motriz: Curso de

perfeccionamiento en educación de niños y adolescentes con discapacidad motriz. Montevideo: 2009. 7p.

MARIN YATACO, Rosa María. Tiflotecnología y el acceso a la información de las personas con discapacidad visual. Perú: Mayo 2010. 5p.

MARTINEZ R, Jairo A, VITOLA O, Jaime, SANDOVAL C, Susana. Fundamentos teórico prácticos del ultrasonido. En: Educación: Revista de la Universidad de Santo Tomas de Bogotá. No.20 (abril 2010), p.1-18.

MEDINA V, Javier, SANCHEZ T, Jenny M. Sinergia entre la Prospectiva Tecnológica y la Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva. Bogotá, D.C.: Colciencias, 2008. 257p. ISSN 978-958-8290-30-0.

MINISTERIO DE EDUCACION. Centro Virtual de Noticias de la educación, CVne. [En línea]. [Citado el 19 de Abril de 2015]. Disponible en internet: <http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/w3-article-313130.html>.

MORO VALLINA, Miguel. Instalaciones Domóticas: electricidad – electrónica. 1 ed. Madrid: Paraninfo, 2011.190p.

MUÑOZ PADILLA, Andrea Carolina. Discapacidad: Contexto, concepto y modelos, 16 International Law. En: Revista Colombiana de Derecho Internacional. No.16. (abril, 2010); p.381-414. ISSN 1692-8156.

Organización Mundial de la Salud, OMS, Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud, CIF, 12 (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, Secretaría General de Asuntos Sociales, Instituto de Migraciones y Servicios Sociales, IMSERSO, Madrid, 2001).

RAMÓN PALLÁS, Areny. Sensores y Acondicionadores de Señal. 4 ed. Barcelona: Boixareu, 2003. 500p.

SECRETARIA DE EDUCACIÓN Y CULTURA MUNICIPAL DE SOACHA. Como reconocer a los estudiantes con necesidades educativas especiales. Soacha: 2010.

SECRETARIA DISTRITAL DE MOVILIDAD. Seguridad Vial y Comportamiento Ciudadano: La Movilidad la hacemos todos. Bogotá: D.C.: La secretaria, 2011. 6p.

SOLUCIONES INTEGRALES (VER). Tecnología para la Inclusión. [En línea]. [Citado el 19 de Abril de 2015]. Disponible en internet: <http://www.ver.com.co/hogar/allreader.html>.

TORRRES MORALES, Manuela y ARJONA BERROCAL, Manuel. Intervención educativa con alumnos ciegos y deficientes visuales: Tiflotecnología y material Tiflotécnico. Málaga: 2002. 2p.

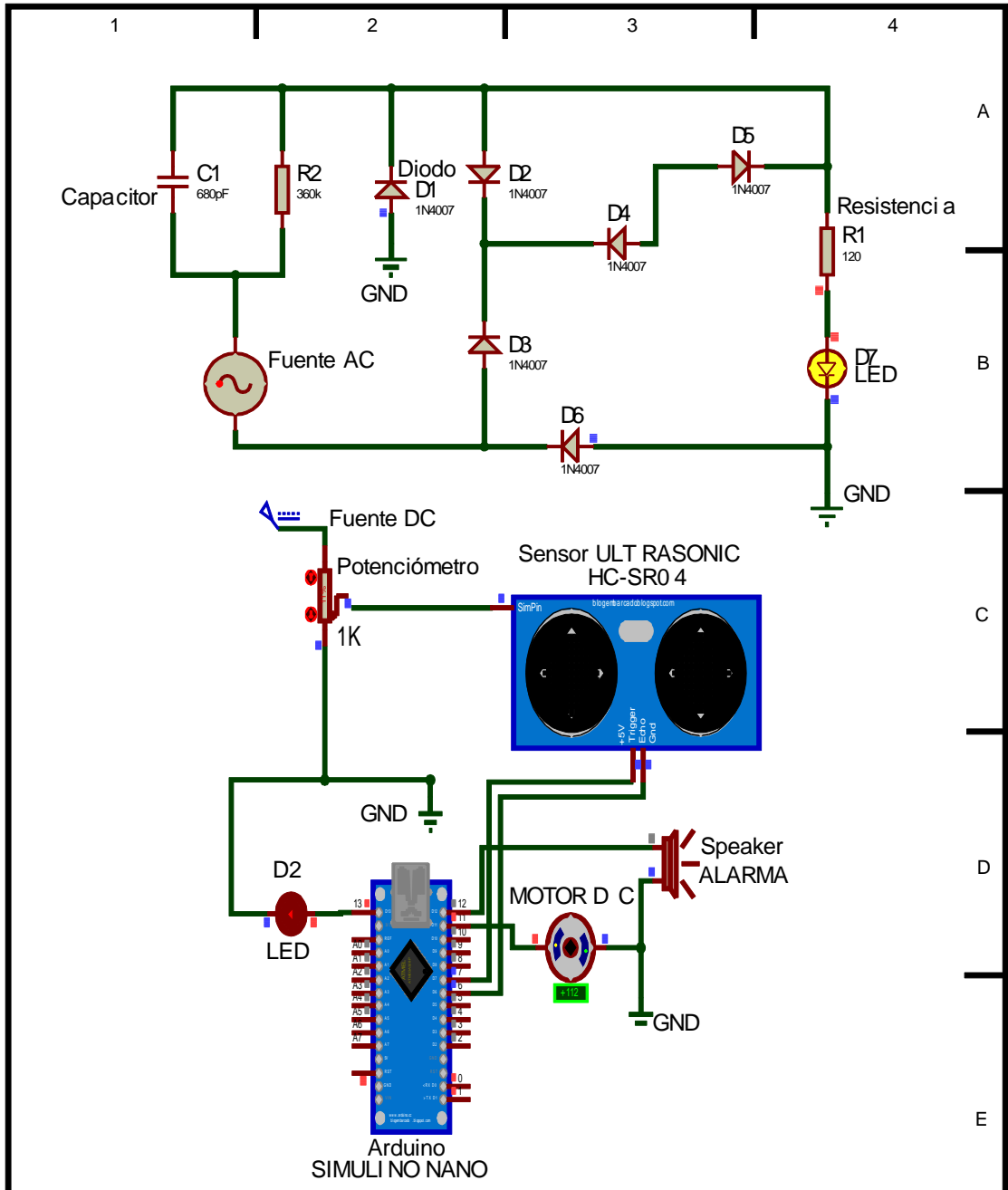
TORRES S, Omar M. TAMI M, William C. Prototipo sistema de monitoreo para el encalado en el proceso panelero. Bogotá D.C, 2014, 34p. Trabajo de grado (Ingeniería Electrónica y de Comunicaciones). Universidad Católica. Facultad de Ingeniería.

UNIVERSIA. Colombia. Educación: Universidad de Nariño inauguró aula especializada para comunidad con Sordoceguera, [en línea]. [Citado el 16 de Abril de 2015]. Disponible en internet: <http://www.noticias.universia.net.co>.

ANEXOS

ANEXO A

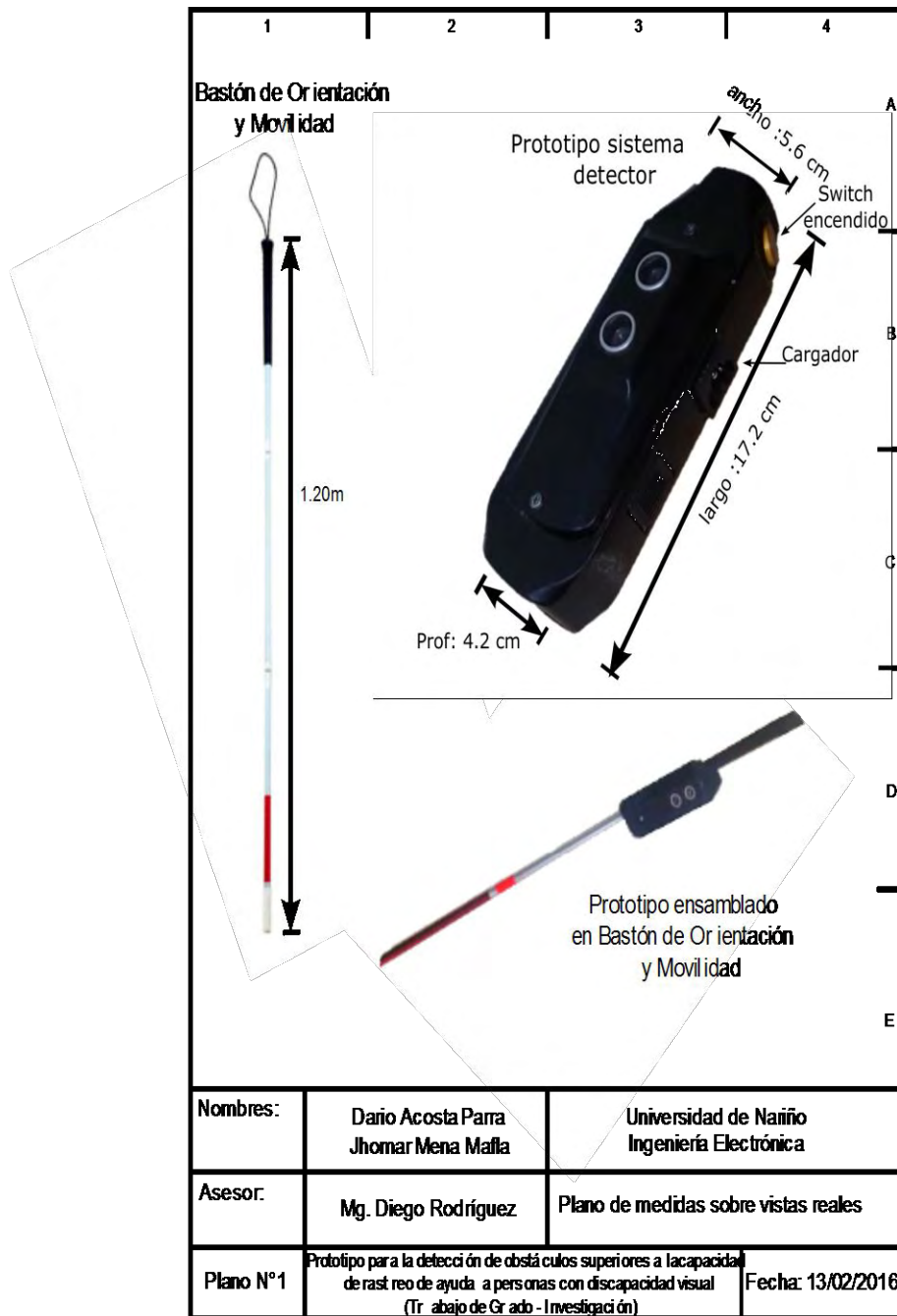
Plano esquemático electrónico



Nombres:	Dario Acosta Parra Jhomar Mena Mafla	Universidad de Nariño Ingeniería Electrónica
Asesor:	Mg. Diego Rodríguez	Plano Esquemático Electrónico
Plano N° 1	Prototipo para la detección de obstáculos superiores a la capacidad de rastreo de ayuda a personas con discapacidad visual (Trabajo de Grado - Investigación)	Fecha: 13/02/2016

ANEXO B

Plano de medidas sobre vistas reales



ANEXO C

Código de programa en Arduino para adquisición de datos por medio del sensor de ultrasonido.

```
#include <Servo.h>
Servo myservo;
int pos = 1;
long duration, inches, cm=0, distancia;
int st=0;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  myservo.attach(9);
}
void loop()
{
  if (pos == 1)
    st = 0;
  if (pos == 180)
    st = 1;
  if (st==0)
    pos=pos+1;
  if (st==1)
    pos=pos-1;
  myservo.write(pos);
  data();
  Serial.print(pos); Serial.print( " "); Serial.println(distancia);
  delay(50);
}
void data()
{
  pinMode(6, INPUT);
  pinMode(7, OUTPUT);
  digitalWrite(7, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(7, HIGH);
  delayMicroseconds(5);
  digitalWrite(7, LOW);
  duration = pulseIn(6, HIGH);
  distancia = (duration/2) / 29;
  if (distancia >= 100){
    distancia = 100;
  }
  else{
    distancia = distancia;
  }
}
```

ANEXO D

Código de programa en Matlab para prueba con interfaz gráfica del movimiento del sensor.

```
function Matlab_Arduino
clc;
clear all;
delete(instrfind({'port'}, {'COM3'}));
%%puerto_serial=serial('COM3');
%%puerto_serial.BaudRate=9600;
warning ('off', 'MATLAB:serial:fscanf:unsuccessfulRead');
%Customize graph
figure('units','normalized','outerposition',[0 0 1 1]);
whitebg('black');
%Draw Scale Data
th = linspace(0,pi,100);
R = 10:10:100;
for i=1:length(R);
x = R(i)*cos(th);
y = R(i)*sin(th);
plot(x,y,'Color', [0.603922 , 0.803922 , 0.196078] , 'LineWidth',1);
hold on;
end
%Draw Axis data
x0 = [0 100 0 0 0 0 ]; x1 = [0 100 86.60 50 -50 -86.60]; y0 = [0 0 0 0 0 0]; y1 = [100
0 50 86.60 86.60 50];
for i=1:length(x0);
hold on;
plot([x0(i),x1(i)], [y0(i),y1(i)] , 'Color', [0.603922 , 0.803922 ,
0.196078], 'LineWidth',2);
end
%Draw Sonar default data
for i=1:180
hold on;
[x, y] = pol2cart(i*0.0174532925, 100);
h(i) = plot([0,x],[0,y], 'g', 'LineWidth',1);
end
%define serial port
s1 = serial('COM3');
s1.BaudRate=9600;
fopen(s1);
%Draw Sonar Data
while(1)
data = fscanf(s1);
[th, r] = strtok(data);
th = real(str2num(th));
r = str2num(r);
set(h(th), 'color', 'r');
[x0, y0] = pol2cart(th*0.0174532925, 100);
[x, y] = pol2cart(th*0.0174532925, r);
set(h(th), 'XData', [x0,x]);
set(h(th), 'YData', [y0,y]);
m = plot([0,x0],[0,y0], 'r', 'LineWidth',3);
drawnow
delete(m);
end
fclose(s1);
delete(s1);
clear all
end
```

ANEXO E

Desarrollo del software implementado en la placa Nano Arduino, haciendo uso del programa Arduino y el lenguaje C.

```
long duracion, distancia;
void setup() {
  pinMode(6, INPUT);      // define el pin 6 como entrada (echo)
  pinMode(7, OUTPUT);     // define el pin 7 como salida (trigger)
  pinMode(13, OUTPUT);    // Define el pin 13 como salida
  pinMode(12,OUTPUT);
  pinMode(11,OUTPUT);
}
void loop() {
  digitalWrite(7, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(7, HIGH);  // genera el pulso de trigger por 10ms
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(7, LOW);

  duracion = pulseIn(6, HIGH);
  distancia = (duracion/2) / 29; //calcula la distancia en centímetros

  if (distancia >= 500 || distancia <= 0){ //No hacer nada
  }
  else {
    digitalWrite(13, 0);           // en bajo todos los pines
    digitalWrite(12,0);
    digitalWrite(11,0);
  }
  if (distancia <= 100 && distancia >= 1){
    digitalWrite(13, 1); //Alto los pines si distancia es menor a 10cm
    digitalWrite (12,1);
    digitalWrite (11,1);
    delay(200);
    digitalWrite (12,0);
    //digitalWrite (11,0);
    delay (100);
  }
  if (distancia <= 130 && distancia >= 99){
    digitalWrite(13, 1);
    digitalWrite (11,1);
    digitalWrite (12,1);
    delay(300);
    digitalWrite (12,0);
    delay (300);
  }
  delay(100);
}
```

ANEXO F

Formato de encuesta aplicado a PcD visual del Aula de Apoyo Tecnológico de la Universidad de Nariño.

Encuesta para determinar el desarrollo de prototipo con
base a la experiencia de la población invidente

OBJETIVO: Conocer las necesidades que presentan las personas con discapacidad visual de la Universidad de Nariño, frente a su desplazamiento.

INDICACIONES: se marcará con una X de acuerdo a la respuesta arrojada por el encuestado, se diligenciará respuestas a preguntas de acuerdo a percepciones del mismo.

I. DATOS DE UBICACIÓN
Fecha: 11 - diciembre de 2014,
Encuestadores: Jhonny Mena, Dario Acosta
Departamento: NARIÑO, Municipio: PASTO
Dirección: B/Pandhaco

II. PERTINENCIA DE LA APLICACIÓN E IDENTIFICACIÓN DEL ENCUESTADO

1. ¿Quién responderá este cuestionario?
La persona con discapacidad
a) Solo
b) Con otra persona

III. DATOS GENERALES DE LA PERSONA CON DISCAPACIDAD

2. Nombre de la persona con discapacidad: (opcional)
Darwin Alexander Portilla

3. Edad: 25, (Años)

4. Sexo: M X, F _____

5. Formación académica:
a) Estudiante: Carrera Administración de empresas Semestre VII
b) Profesional: Cargo _____

6. Estado civil: Soltero X Casado _____ Unión libre _____

7. De las siguientes situaciones, ¿cuál presenta?
 a) Ceguera
b) Baja visión

IV. CARACTERÍSTICAS DEL ENTORNO QUE RODEA A LA PERSONA CON DISCAPACIDAD

IV.1 CONDICIONES DE LA VIVIENDA

8. Tipo de vivienda

- a) Casa independiente
- b) Apartamento en edificio
- c) Habitación en arrendamiento
- d) Otra (especifique): _____

9. ¿En su vivienda, necesita adaptaciones especiales para poder moverse con facilidad?

- a) Sí ¿Qué tipo de adaptaciones necesita?: _____
- b) No
- c) No sabe, no responde

IV.2 MOVILIDAD

10. ¿Cuál es el recorrido más frecuente para acceder desde su hogar hasta la Universidad de Nariño? *Salir a la cooperativa y tomar Av. Torobajo*

11. ¿Cuál es el medio de transporte más utilizado para su desplazamiento hasta la Universidad de Nariño?

- a) Vehículo particular
- b) Transporte público: Bus _____ Taxi _____ Moto _____
- c) Caminando:

Con apoyo de acompañante *si*

Con apoyo de instrumento de movilidad *si, bastón*

12. ¿Ha recibido alguna vez en su vida un curso de capacitación en cuanto a movilidad segura?

- a) No
- b) Sí ¿De qué tipo? *INCI - curso de manejo de Bastón*

13. ¿Qué riesgo de accidentalidad percibe al transitar una calle?

- a) Alto
- b) Medio
- c) Bajo

14. ¿Qué nivel de dependencia siente al movilizarse en la calle?

- a) Alto
- b) Medio
- c) Bajo

15. ¿Utiliza bastón de orientación y movilidad (bastón blanco) para movilizarse de un lugar a otro?

- a) Siempre
- b) Casi siempre
- c) Algunas veces
- d) Casi nunca
- e) Nunca

16. Al transitar, ¿Ha tenido accidentes con obstáculos que no pueda detectar el bastón de orientación y movilidad?

- a) Si
 b) No

Si la respuesta es "sí", mencione los accidentes más frecuentes:

Tropiezos ramas de árbol, antepederos de ventanas,
avisos publicitarios estrechos.

17. Si utiliza el bastón de orientación y movilidad ¿Qué tan útil es este instrumento de movilidad?

Es bastante útil para detectar obstáculos terrestres

18. ¿Siente seguridad en su desplazamiento al utilizar el bastón de orientación y movilidad?

- a) Si
 b) No

19. ¿Siente que el bastón de orientación y movilidad le da seguridad a su cuerpo?

- a) Si
 b) No

Si la respuesta es 'No', mencione que partes de su cuerpo están más expuestas a golpes o accidentes:

Solo da seguridad en la parte inferior.

20. ¿Qué tipos de obstáculos puede detectar con el bastón de orientación y movilidad?

gradas, muros, diferentes obstáculos que están a nivel de la cintura

21. ¿Qué tipos de obstáculos no puede detectar con el bastón de orientación y movilidad?

antepederos de ventana, vallas avisos publicitarios

22. ¿Qué adaptaciones cree usted que son necesarias para una mejor movilidad y seguridad superiores a su capacidad de rastreo (de la cintura hacia arriba)?

Sensor, Cara? de detectar estos obstáculos.

MUCHAS GRACIAS

ANEXO G

Manual de usuario impreso en sistema Braille. El manual original queda disponible en el aula de apoyo tecnológico de la Universidad de Nariño.

