

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE CUENCA**

**FACULTAD DE INGENIERIAS**

“CARRERA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA”

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE UN  
SISTEMA ELECTRONICO POR ULTRASONIDO PARA MEDIR  
DISTANCIAS APLICADA A UN BASTON BLANCO”

Tesis previa a la obtención del  
título de Ingeniero Electrónico

Autor:

Tnlg. Edy Leonardo Ayala Cruz  
eayalac@est.ups.edu.ec

Director:

Ing. Fernando Vásquez  
fvasquez@ups.edu.ec

Cuenca, Junio 2011

## **DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD**

Yó, Edy Leonardo Ayala Cruz, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado por ningún grado o calificación profesional y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la Normativa Institucional Vigentes.

---

Tnlg. Edy Leonardo Ayala Cruz

CI: 0105627277

## **CERTIFICADO**

Certifico que bajo mi dirección, el presente proyecto de tesis:  
*“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE UN SISTEMA ELECTRONICO POR ULTRASONIDO PARA MEDIR DISTANCIAS APLICADA A UN BASTON BLANCO”*, Fue realizado por el estudiante: Tnlg. Edy Leonardo Ayala Cruz, y fue dirigido por mi persona.

---

Ing. Fernando Vásquez

fvasquez@ups.edu.ec

# Agradecimientos.

Quiero agradecer a Dios por la oportunidad que me concede de realizar este proyecto, a todos quienes hicieron posible el financiamiento: al P. Javier Herrán Gómez, sdb Rector de la Universidad Politécnica Salesiana, al Ec. Luis Tobar Pesántez, M.A.E. Vicerrector de la Sede Cuenca, al Ing. Vinicio Ordoñez Secretario técnico de Investigación, al Ing. René Ávila director de carrera de la facultad de ingeniería electrónica, a mi director de tesis el Ing. Fernando Vásquez, al Ing. Vladimir Robles, a la Ing. Paola Ingavélez, a la Lic. Azucena Paguay Santos Presidenta del SONVA, a todos los socios del SONVA que colaboraron con pruebas y encuestas, a mis padres y a todos quienes de alguna forma aportaron al desarrollo de este proyecto.

# **Dedicatoria.**

Este trabajo va dedicado a la memoria de Elisa Estefanía Guerra Ambrosi, para la eternidad.

Edy Leonardo Ayala Cruz

# Índice

Índice de Contenidos . . . . .	ii
Índice de Figuras . . . . .	v
Índice de Tablas . . . . .	vi
Resumen . . . . .	vi
<b>1. Bastones para No Videntes.</b>	<b>3</b>
1.1. La Ceguera. . . . .	3
1.2. Adaptación de los sentidos de un No Vidente. . . . .	4
1.3. Percepción de un No Vidente del Ambiente. . . . .	6
1.3.0.1. Percepción cinestésicatáctil . . . . .	6
1.4. Alternativas para la movilidad de un No Vidente. . . . .	7
1.5. Problemas y soluciones en la Ciudad de Cuenca. . . . .	10
1.6. Análisis del funcionamiento del Bastón Blanco. . . . .	12
1.7. Desarrollo de Bastones Inteligentes en el Mundo. . . . .	15
1.8. Ventajas y desventajas entre el Bastón Blanco y el Bastón Inteligente. . . . .	16
<b>2. Tecnología de componentes de Diseño.</b>	<b>17</b>
2.1. Dispositivos disponibles en el Mercado. . . . .	18
2.1.1. Sensor de medición de distancias por Ultrasonido. . . . .	18
2.1.2. Módulo MP3 de reproducción de audio. . . . .	20
2.1.3. Micromotor (Motor de carga desbalanceada). . . . .	20
2.1.4. Microcontroladores. . . . .	22
2.1.5. Baterías. . . . .	22
2.2. Dispositivos Desarrollados no disponibles en el Mercado. . . . .	23
2.2.1. Desarrollo de un Sistema Braille (de accionamiento eléctrico). . . . .	24
2.2.2. Desarrollo de un Sistema de recarga de Baterías. . . . .	27
2.2.3. Diseño de una Caja (Carcasa). . . . .	28
<b>3. Diseño electrónico y mecánico para el sistema.</b>	<b>30</b>
3.1. Desarrollo de alternativas. . . . .	30
3.1.1. Planteamiento del problema específico. . . . .	30
3.1.2. Definición de las Contradicciones Técnicas. . . . .	30
3.1.3. Planteamiento de Soluciones. . . . .	31
3.2. Diseño del sistema con salida Sensitiva (Alternativa 1). . . . .	31
3.3. Diseño del sistema con salida Auditiva, Braille y Sensitiva (Alternativa 2). . . . .	31

---

3.4. Diseño Electrónico de circuitos. . . . .	32
3.5. Desarrollo de Software. . . . .	37
3.6. Simulaciones. . . . .	44
3.7. Diseño de las PCB. . . . .	46
3.8. Diseño de las Cajas (carcasas). . . . .	49
3.9. Ensamblaje del sistema. . . . .	50
3.10. Encuestas y Pruebas de Campo. . . . .	52
<b>4. Análisis Técnico y Económico.</b>	<b>59</b>
4.1. Impacto social del Sistema. . . . .	59
4.2. Análisis Económico de costos y Beneficios. . . . .	61
4.3. Ventajas y Desventajas de las Alternativas. . . . .	64
4.4. Desarrollo de la Matriz de Contradicción ubicando los principios de inventiva. . . . .	64
4.4.1. Descripción de los principios de TRIZ . . . . .	66
4.5. Análisis de Resultados . . . . .	71
<b>5. Conclusiones y Recomendaciones</b>	<b>74</b>
<b>Conclusiones</b>	<b>75</b>
<b>Recomendaciones</b>	<b>77</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>78</b>

# Índice de Figuras

1.	Realizando pruebas en el SONVA . . . . .	1
2.	Realizando Pruebas de Campo del dispositivo con Johana Meneses (No Vidente, 18 años) . . . . .	2
1.1.	Conocer de cerca las necesidades permite un correcto desarrollo tecnológico para solucionar un problema específico . . . . .	4
1.2.	Los sentidos a través de la experiencia táctil desarrollan una compleja orientación. . . . .	5
1.3.	El planteamiento de soluciones se las hace desde el entendimiento de la cinestésicatáctil y el conocimiento espacial. . . . .	6
1.4.	Bastón Blanco de 1.35m de fabricación Ecuatoriana. . . . .	8
1.5.	El perro guía con los accesorios para permitir la movilidad. . . . .	9
1.6.	Para un No Vidente es importante aprender a utilizar las diferentes técnicas con auxiliar de movilidad y de no movilidad. . . . .	10
1.7.	Las encuestas son fundamentales pues brindan información importante para un correcto diseño. . . . .	11
1.8.	Aprender a utilizar el Bastón Blanco no es una tarea sencilla puesto que requiere de sincronismo, concentración y destreza. . . . .	14
1.9.	Maqueta-Bastón Inteligente para realizar pruebas tácticas. . . . .	16
2.1.	La utilización de la matriz de TRIZ permite optimizar al máximo los recursos para obtener un dispositivo eficaz . . . . .	18
2.2.	Dimensiones del sensor EZ4 . . . . .	19
2.3.	Arquitectura del sensor . . . . .	19
2.4.	Módulo reproductor MP3 WTM-SD . . . . .	20
2.5.	Micro motor de 2010 rpm . . . . .	21
2.6.	Bobina del Micromotor DC con carga desbalanceada. . . . .	21
2.7.	Escobillas del micromotor DC . . . . .	21
2.8.	Batería Nokia junto a la tarjeta electrónica con todos los componentes. . . . .	23
2.9.	Cabezal de una impresora matricial marca ERICSSON. . . . .	24
2.10.	Agujas aceradas con los diminutos resortes que permiten la percusión y a su vez la impresión sobre el papel . . . . .	25
2.11.	Disposición de las distancias de los agujeros en el cabezal para permitir el deslizamiento de las agujas. . . . .	25
2.12.	Las dos partes principales del cabezal Braille, el de la izquierda es la pieza plástica modificada a 6 puntos, el de la derecha es la carcasa con las 9 bobinas y colocado un bus de datos. . . . .	25



2.13. Acople plástico entre la matriz Braille de 3x2 y la carcasa con las Bobinas. . . . .	26
2.14. Dispositivo Braille ensamblado. . . . .	26
2.15. Baterías genéricas de celular para conexión en serie. . . . .	27
2.16. Pruebas de baceta del cabezal Braille con las dos baterías genéricas en serie. . . . .	27
2.17. Prueba de carga de Batería en el prototipo donde el plug ingresa al jack desconectando dos pines de alimentación y aislando mecánicamente la recarga eléctrica protegiendo al circuito y permitiendo una carga directa. . . . .	28
2.18. Sistema de carga eléctrica para la batería del dispositivo. . . . .	28
3.1. Diseño electrónico del sistema de medición de distancias por Ultrasonido por medio de vibraciones y sonidos agudos. . . . .	34
3.2. Diseño electrónico del sistema de medición de distancias por Ultrasonido por medio de vibraciones y sonidos agudos. . . . .	34
3.3. Pruebas de diseño. . . . .	36
3.4. Diseño electrónico del dispositivo de pruebas 2. . . . .	36
3.5. Amplificador de Audio para adaptar al prototipo de prueba. . . . .	37
3.6. A la izquierda el sensor se encuentra a 3 metros del obstáculo y las vibraciones son lentas, a la derecha conforme se acerca las vibraciones aumentan. . . . .	38
3.7. Esquema de distancias típicas con el uso del dispositivo en el Bastón Blanco. . . . .	39
3.8. Control de vibraciones acorde a la distancia. . . . .	39
3.9. Activación del micromotor en función de la distancia de sensado. . . . .	40
3.10. Desactivación del micromotor en función de la distancia de sensado. . . . .	40
3.11. Dispositivo ensamblado y el estuche de protección para efectuar pruebas del programa. . . . .	44
3.12. Simulación del sistema con el PIC 12F675 . . . . .	45
3.13. Simulación del sistema sin activar la salida de sonido con el PIC 12F675 . . . . .	45
3.14. Simulación del sistema al activar la salida de sonido con el PIC 12F675 . . . . .	45
3.15. Simulación del sistema al activar la salida de sonido con el PIC 12F675 . . . . .	46
3.16. Simulación del sistema al activar la salida de sonido con el PIC 12F675 . . . . .	46
3.17. Diseño electrónico de la PCB del dispositivo de la alternativa 1. . . . .	47
3.18. Diseño electrónico de la PCB (Capa inferior). . . . .	47
3.19. Diseño electrónico de la PCB (Capa de conexión). . . . .	48
3.20. Diseño electrónico de la PCB del dispositivo de la alternativa 2. . . . .	49
3.21. Dispositivo 2 con medidas sin plano de tierra. . . . .	49
3.22. Caja prefabricada utilizada para pruebas. . . . .	49
3.23. Caja de acrílico diseñada para el Primer Prototipo 14x6x6cm. . . . .	50
3.24. Caja de acrílico diseñada para el Primer Prototipo. . . . .	50

3.25. Los dos dispositivos finales ensamblados. . . . .	51
3.26. Vista posterior del dispositivo donde se ve el jack de carga eléctrica. . . . .	54
3.27. Vista lateral del dispositivo, se aprecia la batería y los componentes entre ellos el micromotor. . . . .	55
3.28. Vista lateral del dispositivo incluyendo el interruptor ON, OFF, pulsar para activar el sonido y el sensor de ultrasonido. . . . .	55
3.29. Vista superior del dispositivo. . . . .	56
3.30. Realizando pruebas del dispositivo 1 montado inicialmente en una caja prefabricada. . . . .	57
3.31. Realizando pruebas del dispositivo 1 ensamblado en acrílico. . . . .	58
4.1. El impacto social es positivo cuando las personas comienzan a familiarizarse con el dispositivo. . . . .	60
4.2. Las pruebas realizadas muestran los resultados positivos. . . . .	61
4.3. Dispositivo final ensamblado totalmente. . . . .	64
4.4. Esquema de procedimiento de desarrollo mediante TRIZ. . . . .	65
4.5. Matriz de contradicciones técnicas con las soluciones respectivas. . . . .	65
4.6. Segmentación de las partes que conforman la carcasa. . . . .	66
4.7. Se realizan pruebas de funcionamiento para verificar que el sistema electrónico aproveche al máximo los recursos disponibles por ejemplo los pines libres del microcontrolador, en este ejemplo se desperdician muchos pines con el PIC 16F876A además de ocupar mas espacio que otro PIC mas pequeño. . . . .	67
4.8. Un ejemplo de adaptación del prototipo al Bastón. . . . .	68
4.9. Se utilizaron diferentes materiales para la elaboración de piezas como este cabezal Braille. . . . .	69
4.10. Este es el módulo de carga eléctrica. Se lo utiliza de un cargador universal. . . . .	70
4.11. Sistema de recarga eléctrica muy económico para el sistema. . . . .	70
4.12. Se utilizaron diferentes materiales para la elaboración de piezas como este cabezal Braille. . . . .	71
4.13. Análisis de las encuestas realizadas a 50 No Videntes del SONVA. . . . .	72

# Índice de Tablas

1.1. Principales diferencias entre el Bastón Blanco Tradicional y el Bastón Inteligente. . . . .	16
2.1. Características de los Microcontroladores. . . . .	22
3.1. Encuesta realizada a 50 personas que conocieron el dispositivo . .	53
4.1. Tabla de los costos de producción de un dispositivo. . . . .	62
4.2. Tabla de los costos de producción de un dispositivo importando directamente los elementos. . . . .	63
4.3. Tabla comparativa del diseño de la alternativa 1 y 2. . . . .	64

# Resumen.

La presente es una investigación que evalúa el uso de un sistema para la detección de obstáculos que impiden la movilidad “capacidad para desplazarse de un lugar a otro de forma independiente, segura y eficaz” [ <sup>1</sup> ] de los No Videntes que utilizan como herramienta el Bastón Blanco. Se logró diseñar un dispositivo que mide la distancia de los objetos con un límite de 5,5 metros que permitió a los No Videntes complementar la funcionalidad del Bastón Blanco para detectar obstáculos con los cuales podrían tropezar al caminar por encima del área de rastreo. Se realizó pruebas en las cuales el dispositivo se ubicó en el mango del Bastón Blanco a una distancia de entre 0 a 10cm desde el dedo índice y de esta forma no modificó su uso normal. El sensor de ultrasonido se colocó en la esquina superior derecha de la carcasa lo que permitió la emisión de la señal de ultrasonido a 42,5KHz con un ancho de haz máximo de 67cm siguiendo una trayectoria perpendicular respecto al Bastón Blanco. Se añadió un Buzzer o timbre miniatura el cual funciona como señal de alerta cuando la distancia de los objetos es demasiado corta en este caso se realizó pruebas que estableció para longitudes menores a 75cm. También se añadió un led de alto brillo de 3mm el cual cumple la función de señal de advertencia en las noches para las personas Videntes con el objetivo que faciliten su movilidad. A diferencia del Bastón Radar que se puede adquirir bajo pedido actualmente en otros países, este prototipo emplea elementos muy fáciles de obtener en el mercado local así como económicos, es versátil puesto que permite la recarga eléctrica, permite mantenimiento, es pequeño y liviano.

**Palabras clave:** *ultrasonido, bastón blanco, bastón radar.*

Edy Leonardo Ayala Cruz

---

<sup>1</sup> Mstr. Miryam Gallegos Navas. Manual para maestría en educación especialidad con mención en educación en de las personas con discapacidad visual. Universidad Politécnica Salesiana. Pág. 43. 2007.

# Introducción

En la novela de H. G. Wells “El País de los ciegos”<sup>1</sup> considerada por muchos como un antecedente literario del celebrado “Ensayo sobre la ceguera” de José Saramago publicada en 1995, describe:

“Con la pérdida de los ojos, dones adaptados a su oído y a su tacto habían surgido en los ciegos”<sup>2</sup>

Relatando así una realidad palpable donde los No Videntes se adaptan al medio de una manera sorprendente, hipótesis que se confirma cuando conocemos de cerca su realidad.

Generalmente un No Vidente para movilizarse en lugares desconocidos emplea el Bastón Blanco (tubo delgado y hueco que generalmente se compone de 4 o 5 partes para plegarlo), se llama así por norma internacional con el objetivo que las demás personas los reconozcan y brinden facilidades a su transitar. Esta herramienta les permite detectar obstáculos como piedras, gradas, baches con los cuales pudiesen tropezar al caminar. El Bastón tiene un largo de acuerdo a la altura de la persona normalmente referenciado hasta la altura del el pecho (esternón). Se construyen normalmente de aluminio y se pintan de Blanco. El Bastón Blanco también se considera como una extensión de la extremidad para reconocer mejor el ambiente en el que transitan. Gracias a un grueso cascabel en la punta del bastón pueden identificar si se topan con una piedra o con un pedazo de madera hueca. Sin embargo el Bastón Blanco no detecta obstáculos que se encuentren fuera de su rango de rastreo o por encima de éste.



Figura 1: Realizando pruebas en el SONVA

<sup>1</sup>H. G. Wells 2010, Novela que retrata una sociedad organizada sin el sentido de la vista, Ecuador, En: El País de los ciegos. 36. [?]

<sup>2</sup>**DE CASTRO**, Miguel, Nueva enciclopedia del automóvil: electricidad del automóvil 2, accesorios y aire acondicionado/ Grupo Editorial CEAC. Barcelona. 1999. **Extraído el 28 de octubre, 2007**

## Objetivo del Proyecto

Se presenta el diseño y construcción de un prototipo que se adapte al Bastón Blanco para que le ayude al No Vidente a identificar los obstáculos que se encuentren por encima de su capacidad de rastreo. Debe ser fácil de manipular, pequeño, liviano, asequible y debe poder indicar la presencia de obstáculos con rapidez y precisión. La metodología empleada para el desarrollo inventivo del prototipo es el de TRIZ <sup>3</sup>, que propone una solución pragmática ante los conflictos de inventiva.

Entonces el uso del dispositivo adaptado al Bastón Blanco permite complementar su uso normal con nuevas herramientas electrónicas. Aunque existan casos en donde además de ceguera el individuo padezca de alguna deficiencia cognitiva se deberá emplear métodos adecuados para lograr la adaptación.



Figura 2: Realizando Pruebas de Campo del dispositivo con Johana Meneses (No Vidente, 18 años)

<sup>3</sup>TRIZ Semyon D. Savransky, 2000, Introducción to TRIZ Methodology of Inventive Problem Solving, United States, En: Engineering Of Creativity. 21 - 29 [?]

# Capítulo 1

## Bastones para No Videntes.

### 1.1. La Ceguera.

La baja visión “es una gran limitación de la capacidad visual que afecta el funcionamiento de la persona en la ejecución de determinadas tareas”. [?] La ceguera “es la ausencia de la percepción de luz”. [?]

Un No Vidente es una persona con una falencia parcial o total del sentido de la vista. Esta deficiencia puede ser de nacimiento o adquirida a lo largo de la vida. Por este motivo cada caso presenta características particulares. Sin embargo todos los No Videntes tienen en común que requieren de los mismos espacios físicos de las personas videntes. La adaptación al medio físico así como social depende de cada individuo, por ejemplo la primera vez que un Ciego de nacimiento conoce un árbol de Papel guardará en su recuerdo el concepto por las texturas y volúmenes que sientan sus manos al palparlo, el olor que aperciba de cerca, he incluso el sonido característico de las hojas con el viento o al crujir las ramas secas. Esto le permite al ciego total interactuar con el medio afinando sus demás sentidos. Los Ciegos captan con más detalle las señales sensoriales provenientes de los demás sentidos para almacenarlas como información. El No Vidente parcial puede ser de nacimiento pero reconoce ligeramente la luz como sombras, es decir su vista solo capta el ambiente que está iluminado pero no reconocen colores ni formas definidas sino mas bien muy generales de acuerdo al grado de ceguera. En muchos casos el individuo pudo haber adquirido una enfermedad, como la “Triquinosis”, también pudo sufrir de una avanzada “Diabetes mellitus”, o pudo ser víctima de un accidente. En estos casos la falta de visión literalmente repentina provoca un impacto psicológico muy notable.



Figura 1.1: Conocer de cerca las necesidades permite un correcto desarrollo tecnológico para solucionar un problema específico

Por otro lado también podemos decir que están consideradas como No Videntes aquellas que carecen total o parcialmente de la capacidad de percibir imágenes por medio de la retina del ojo, imposibilitando o limitando el uso de este sentido. Algunos datos importantes son los siguientes:

- Existe en el Ecuador aproximadamente una población de 363.000 personas con discapacidad por deficiencias visuales, según el CONADIS[?] (Consejo Nacional de Discapacidades).
- Los No Videntes usan como principal herramienta para movilizarse el Bastón Blanco.
- Los No Videntes poseen una gran afinidad del resto de sus sentidos para percibir el ambiente.

## **1.2. Adaptación de los sentidos de un No Vidente.**

Como sabemos, la vista es el sentido que proporciona mayor cantidad de información y de forma casi constante. Además integra toda la estimulación que recibimos a través del resto de sentidos. Por eso, los buenos lectores en vista lo realizan de forma global, leyendo palabras con un solo golpe de vista.

Sin embargo, las personas ciegas obtienen la mayor parte de la información a través del lenguaje oral y la experimentación táctil, mediante una percepción analítica de los estímulos correspondientes. Tienen que reconocer las partes para hacerse idea del conjunto, por lo cual, su ritmo de aprendizaje suele ser más lento y laborioso.[?]





Figura 1.2: Los sentidos a través de la experiencia táctil desarrollan una compleja orientación.

Adicional a esto, cuando una persona ciega se moviliza hace uso de la orientación y movilidad espacial para lo cual debemos tomar en cuenta las siguientes definiciones:

Orientación: Proceso cognitivo que permite establecer y actualizar la posición que se ocupa en el espacio. [?]

Movilidad: Capacidad para desplazarse de un lugar a otro de forma independiente, segura y eficaz. [?]

- Gravedad del deterioro visual:
  - Ceguera total
  - Ambliopía Grado de funcionalidad del resto visual
- Existencia de deficiencias concurrentes con la ceguera:
  - Sordera
  - Retraso mental
  - Autismo
  - Parálisis cerebral
- Momento de aparición de la ceguera:
  - Congénita
  - Adquirida
- Naturaleza de la pérdida de visión:
  - Súbita
  - Gradual
- Etiología del trastorno visual y pronóstico

## 1.3. Percepción de un No Vidente del Ambiente.

### Conocimiento espacial

La vista es el sentido espacial por excelencia [?]. De forma natural y espontánea, este sentido abre al sujeto cognoscente a todo tipo de relaciones espaciales: distancia, situación, posición, forma, tamaño, etc. Por tanto, la carencia de este sentido ha de traer necesariamente consecuencias importantes en el proceso de aprehensión cognoscitiva de tales relaciones. En general, la audición y el tacto no son suficientes para interpretar la información espacial. A la persona con discapacidad visual le va a costar más tiempo que al que ve comprender las relaciones espaciales de proximidad, orden, separación, cerramiento, ángulos, paralelismos, etc.

#### 1.3.0.1. Percepción cinestésicatáctil

El tacto y la percepción háptica (o tacto activo) y, por supuesto, el sistema auditivo van a ser las vías prioritarias de información y desarrollo que compensen la discapacidad visual. Es necesario conocer determinadas diferencias existentes entre tacto activo y pasivo. A través del tacto pasivo recibimos escasa información, datos aislados como temperatura o presión.

El tacto activo, por el contrario, tiene un carácter intencional y nos sirve para recoger información cutánea, articularia, motora y del equilibrio [?]. Todo el cuerpo tiene sensibilidad táctil, pero son los sensores cutáneos y cinestésicos de la mano los que, junto con los mecanismos motores, consiguen mayor información táctil, a través de la percepción háptica (Percepción del volumen y forma de los objetos a través de la información sensorial propioceptiva y táctil obtenida por el sujeto de forma intencional) .



Figura 1.3: El planteamiento de soluciones se las hace desde el entendimiento de la cinestésicatáctil y el conocimiento espacial.

## **1.4. Alternativas para la movilidad de un No Vidente.**

Las llamadas habilidades formales de Orientación y Movilidad pueden clasificarse, para su mayor comprensión en:

1. Técnicas que implican el uso de auxiliares de movilidad.- Pertenecen al primer grupo las técnicas de guía vidente, de bastón largo, de perro guía.
2. Técnicas sin auxiliares de movilidad.- En el segundo grupo se incluyen la utilización de pistas y puntos de referencia, las técnicas de protección personal, de rastreo, de localización de objetos caídos entre otras.

### **Técnica de guía vidente**

La habilidad por parte de una persona ciega en "hacerse guiar correctamente" es un objetivo muy importante en Orientación y Movilidad ya que será un elemento más que le posibilitará moverse en forma eficaz y segura.

Al respecto debemos diferenciar al guía vidente habitual del guía vidente ocasional, siendo el primero aquella o aquellas personas que habitualmente ofician de guías y el segundo, quien lo hace en forma transitoria como por ejemplo al ayudar a cruzar una calle o guiar dentro de un edificio público. Es labor del instructor de OyM instruir al guía habitual sobre la forma correcta de conducir a una persona ciega al caminar, al pasar por lugares estrechos, al subir y bajar de un vehículo, al indicar un asiento.

### **El Bastón Blanco**

El bastón para ciegos es una herramienta que facilita la movilidad a una persona con baja visión o ceguera. Se lo pinta de blanco o con una franja roja como norma. [?]. El bastón blanco es un signo casi universal que distingue a los ciegos. El principio para su funcionamiento es interesante. Hay que tomarlo de la parte de arriba y ponerlo como en diagonal sobre el piso, de manera que la punta quede más o menos un metro delante de la persona ciega e ir lo deslizando hacia ambos lados, como haciendo un pequeño semicírculo. Al ir moviendo el bastón se va tanteando el camino y así es cómo el ciego se da cuenta cuando hay algo delante suyo y que tiene que hacerse hacia uno u otro lado para esquivarlo. Suena simple, pero está lejos de serlo.



Figura 1.4: Bastón Blanco de 1.35m de fabricación Ecuatoriana.

### **El Perro Guía**

Es una técnica poco usada en nuestro medio ya que ofrece desventajas significativas comparadas con el bastón blanco. El costo económico de adquisición, entrenamiento y mantenimiento es alto. Su uso resulta complicado en medios urbanos y genera dependencia. Como ventaja podemos decir que es eficaz en medios rurales y que la movilidad es por lo general más rápida. No es un medio recomendable para cualquier usuario ya que la persona debe ser adolescente o adulta, poseer buena salud, buen oído, inteligencia normal, temperamento y estabilidad emocional como para mantener una adecuada relación con el perro. Los niños carecen de la madurez necesaria y una persona anciana no posee la fuerza física para dominar al animal, que por otra parte requiere cuidados especiales.

Sin embargo podemos decir que con un perro guía definitivamente todo fluye más rápido. Se trata de un trabajo en equipo: la persona ciega tiene que saber a dónde va y cómo llegar a su destino, y el perro sigue las instrucciones de su amo y lo conduce evitándole obstáculos o señalándole escaleras, puertas, sillas, etc. El perro guía se convierte así en los ojos de su amo ciego. Ellos eventualmente sí terminan aprendiéndose los caminos que recorren frecuentemente, pero el ciego siempre debe saber a dónde va y cómo llegar para darle instrucciones precisas al perro. Es importante saber dónde dar vuelta, cuántas cuadras caminar, incluso de qué lado de la calle está el edificio que buscamos. Al llegar a un cruce de calle, el perro se detiene y es la persona ciega quien decide cuándo cruzar, una vez que escucha que el tráfico paralelo ha empezado a avanzar. Es importante cruzar recién que cambia la luz, para tener más tiempo. El trabajo del perro en el cruce consiste en llevar a su amo a la vereda siguiendo una línea recta.



Figura 1.5: El perro guía con los accesorios para permitir la movilidad.

### **Técnica de rastreo**

También se la conoce como técnica de seguimiento al tacto, técnica de deslizamiento con la mano o técnica de arrastre. Por lo general es la primera que se enseña en un proceso de entrenamiento. Permite a la persona desplazarse siguiendo una línea de referencia (como una pared o una mesa). Consiste en llevar el brazo más cercano a la línea guía unos 30 cm. por delante del cuerpo, a la altura de la cadera de modo que el dorso de la mano roce la pared u otra referencia. Los dedos deben estar semiflexionados a fin de evitar golpes o lastimaduras.

Con esta técnica puede invitarse al alumno a reconocer un lugar interior (como puede ser el centro de rehabilitación). En un principio deberá usarla casi permanentemente para luego hacerlo sólo cuando lo necesite. Es importante enfatizar que esta técnica se usa en interiores ya que es frecuente que las personas quieran utilizarla en la calle donde está contraindicada.

### **Técnica de localización de objetos caídos**

Es muy importante su enseñanza tanto en personas con ceguera congénita como adquirida. En primer lugar se le recomendará al alumno que espere a que el objeto "termine de caer" o se detenga en caso de rodar, agudizando el oído para intentar detectar el sitio aproximado en donde se detuvo y acercarse a él. Es común, sobre todo en personas con ceguera reciente, que ante la caída de un objeto realicen movimientos bruscos, golpeándose con mesas o sillas con el consiguiente daño físico y moral. Por eso es necesario prevenirlos y anticipar posibles situaciones de riesgo. La forma correcta de buscar un objeto es agacharse con la espalda recta y con la mano protegiendo la cabeza. Una vez en el piso, realizar movimientos exploratorios concéntricos, con ambas manos, comenzando

por la zona más cercana al cuerpo para luego alejarse. Algunas personas prefieren realizar movimientos laterales con ambas manos procurando que cada movimiento cubra más superficie que el anterior.

### Utilización de puntos y pistas de referencia

Su localización y uso adecuado se entrena desde el comienzo de un proceso de enseñanza en Orientación y Movilidad. En un comienzo se aprovechará la circunstancia del reconocimiento del lugar de rehabilitación, escuela o servicio para dar a conocer y reconocer puntos y pistas. Es importante recalcar el carácter de posición exacta de los puntos (como el marco de una puerta) y la información menos precisa de una pista (como el olor del baño). Una vez que se haya trabajado con abundantes ejemplos se estimulará al alumno a buscar ante un recorrido determinado (tanto interior como exterior) puntos y pistas que favorezcan su deambulación y a reconocerlos al repetir el trayecto.



Figura 1.6: Para un No Vidente es importante aprender a utilizar las diferentes técnicas con auxiliar de movilidad y de no movilidad.

## 1.5. Problemas y soluciones en la Ciudad de Cuenca.

Estudios estadísticos realizados por la Organización Mundial del Trabajo, revelan que en el mundo viven más de 600 millones de personas con alguna forma de discapacidad física, sensorial, intelectual o mental, lo que representa aproximadamente el 10% de la población. (Organización Internacional del Trabajo 2007).

Mediante el siguiente resumen pongo a consideración al lector las opiniones de algunos No Videntes de la ciudad de Cuenca quienes supieron manifestar acerca de las facilidades que brinda o no la ciudad para la movilidad:

- Manuel Anguisaca (45 años): “Yo utilizo el Bastón Blanco con mucha frecuencia especialmente cuando salgo al centro de la ciudad pero muchas veces existen muchos obstáculos difíciles de evitar en la ciudad”

## CAPÍTULO 1. BASTONES PARA NO VIDENTES.

- Martha Campos (21 años): “Utilizo el Bastón Blanco especialmente en lugares desconocidos pero no suelo estar sola, siempre me encuentro en compañía con un vidente debido a los difíciles obstáculos que existen en la ciudad”
- Ricardo Morocho (46 años): “Utilizo todos los días el Bastón Blanco porque salgo al centro de la ciudad, el sistema que se propone es muy bueno y debería implementarse un sonido cuando se acerca al obstáculo”
- Rolando Piedra (50 años): “El Bastón Blanco me permite movilizarme todos los días. En la ciudad es incómodo encontrarse con las canastas de basura por ejemplo que no detecta el bastón”
- Miguel Mercan (42 años): “El Bastón lo uso normalmente para salir a la calle, ayuda a evitar los peligros pero en la ciudad hay muchas construcciones que no brindan las facilidades para caminar en las veredas por ejemplo incluso en el centro de la ciudad”
- Johana Meneses (17 años): “El Bastón lo uso cuando salgo a la calle pero cerca de la casa, no salgo a lugares desconocidos. En la ciudad hay muchos peligros y sobre todo mucha inseguridad”
- Alcibar Vegaluna (46 años): “El Bastón es una herramienta indispensable. Pero a veces la gente no aprende a respetar a un No Vidente puesto que aunque lo ven a uno con el Bastón a veces hasta nos empujan. Recuerdo una vez una señora que me dobló el bastón y me reclamó diciendome que yo tenía la culpa por no haberla visto cosa absurda dado que soy No Vidente”
- Asucena Paguy : “El dispositivo deberá ser probado con personas con deficiencia visual así como con ciegos totales es decir debe comprobar si se adaptan al sistema todos quienes padecen de problemas de visión en diferentes niveles”



Figura 1.7: Las encuestas son fundamentales pues brindan información importante para un correcto diseño.

Nuestro medio actualmente brinda ciertas facilidades que son muy importantes de señalar como los semáforos acústicos, Amplias veredas en muchos lugares como en la Avenida Huyna Cápac, pasos de preferencia con rampa en las esquinas del centro de la ciudad, etc. Hoy en día en los Buses de transporte Urbano cuentan con sistemas de posicionamiento que indican la parada actual por medio de parlantes. Todas estas ayudas son muy importantes para permitir la movilidad de personas con discapacidad visual. Sin embargo también se puede señalar algunos problemas como por ejemplo tenemos que en nuestra ciudad existen construcciones que ubican material peligroso en las veredas, talleres, fábricas, tiendas, etc que no cuidan el libre tránsito. Aparte de esto considero personalmente que la ciudad de Cuenca es caracterizada por el amplio nivel de respeto, cordialidad y amabilidad, en este sentido quizá si se brinda de alguna forma general las facilidades para la movilización de los No Videntes. Hablamos simplemente de una situación municipal combinada con una conciencia de la gente sobre este problema.

### **1.6. Análisis del funcionamiento del Bastón Blanco.**

El bastón utilizado por los ciegos es el instrumento que le posibilita el desplazamiento con conocimiento y seguridad, es la extensión de su tacto.

Clasificación: Los Bastones para No Videntes se clasifican en cortos y largos:

- El bastón corto generalmente mide 1.10 mts. Y su finalidad es ser un distintivo, ya que al ir golpeando el suelo de manera vertical se advierte a los demás que se va a pasar por el lugar, no tiene capacidad protectora, ya que las alteraciones en la superficie no son detectadas a tiempo, pueden ser rígidos o plegable.
- Los bastones largos a diferencia de los cortos sirven para protegerse e informarse, son los más usados y ya que la Cruz Roja Internacional determinó que deberían ser blancos los bastones utilizados por ciegos, también son distintivos y con color rojo cerca de la punta para indicar que puede requerir de ayuda.
- La denominación de "largo" la recibe ya que su longitud se adapta a la estatura del portador, su tamaño ideal es cuando llega de la punta del esternón hasta el suelo. Generalmente son de tubo o fibra de vidrio.

### **TÉCNICAS PARA EL USO DEL BASTÓN BLANCO**

En la página web de la fundación Horizonte Docente recomiendan las siguientes técnicas para el uso del Bastón Blanco <sup>1</sup> :

- En la técnica de toque, la persona debe tomar el bastón con la palma de la mano, con el extremo superior llegando a la muñeca.

---

<sup>1</sup>Para ampliar la información: [www.horizontedocente.com.ar/Areas/especial/especial2](http://www.horizontedocente.com.ar/Areas/especial/especial2)



## CAPÍTULO 1. BASTONES PARA NO VIDENTES.

---

- El dedo índice se apoya a lo largo del mango del bastón.
- El bastón se sostiene en la mano por los dedos pulgar y mayor.
- La forma es firme pero relajada.
- Los dedos anular y meñique también se apoyan en el bastón para dar mayor equilibrio y control.
- El brazo de la mano que sostiene al bastón se extiende 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 palma de la mano que vertical al suelo.
- El espacio entre el pulgar y el índice debe quedar hacia arriba al extender el brazo.
- El bastón se mueve de un lado a otro sobre el extremo superior fijo, dibujando, con la parte inferior del bastón la abertura de un arco.
- Este movimiento se realiza por acción de la muñeca únicamente sin rotarla, utilizando movimientos semejante al que se utiliza en el manejo de la raqueta de tenis.
- El arco que se realiza con el bastón debe tener como abertura al 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 de la persona, más o menos a un metro de distancia.
- Para la utilización de esta técnica es necesario establecer un ritmo definido y coordinado con el paso de la persona.
- Antes de dar un paso con el pie izquierdo, se debe inspeccionar la zona con el bastón, de manera que se tenga la plena seguridad de que el camino esta libre y así debe ir alternando el movimiento del bastón con el paso que va dando.
- Hay que recordar que como norma social, se ha establecido que al caminar la circulación indicada para todos es siempre por el lado derecho, insistir en esto es decisivo en la movilidad del ciego.



Figura 1.8: Aprender a utilizar el Bastón Blanco no es una tarea sencilla puesto que requiere de sincronismo, concentración y destreza.

- Para el ascenso y descenso de las escaleras, si la técnica de toque se utiliza correctamente, al usar el bastón tendrá la persona el indicativo del comienzo de las escaleras. Una vez encontrado donde iniciar las escaleras, se debe parar y encuadrarse, ubicando la punta de los pies sobre el borde del primer escalón.
- Con el bastón se debe medir el ancho, la altura y la profundidad del primer escalón.
- Luego se debe ubicar hacia la derecha, tomar el bastón en posición vertical, envolviendo el mango con los dedos, relajar el brazo de modo que quede flojo al costado del cuerpo, la punta del bastón debe quedar a la altura necesaria para despejar la parte superior de cada siguiente escalón.
- Paso a paso escuchará el sonido que emite el bastón al encontrar cada escalón.
- Al acercarse al final, de la escalera, el bastón se moverá hacia delante, indicando a la persona que ha llegado al último escalón.
- Entonces debe inspeccionar la zona y continuar con la técnica de toque usada para el desplazamiento.
- En la misma forma, es utilizada la técnica de rastreo, que varía únicamente en el uso del bastón, en lugar de realizar toque o punteos hacia los extremos del arco frente a la persona, este se desliza de izquierda a derecha y viceversa, permitiendo que la persona que lo utiliza tenga una mayor información de la estructura de la superficie por la que se va a caminar, así como detectar si se encuentra alguna alcantarilla abierta o un obstáculo que impida el continuar con seguridad por dicho lugar.

## 1.7. Desarrollo de Bastones Inteligentes en el Mundo.

Hasta la fecha se tiene registro de varios sistemas de apoyo a No Videntes registrados en las oficinas de patentes del mundo como es el caso de La Oficina de Patentes Europea<sup>2</sup>, conocer estos diseños es importante para La utilización correcta del método TRIZ. Aquí algunos ejemplos:

- “Outdoor blind guidance service system and method oriented to blind disturbance people” (Sistema de servicios de orientación al aire libre para ciegos y método de orientado para perturbaciones a gente ciega) desarrollado por Yongning Wen, Hongjun Su, Gounian Lu y su patente se encuentra en la oficina de patentes de Europa. Publicación número: CN101483806 (A).
- “Electronic blind guide walking stick” (Bastón guía electrónico para Ciegos) desarrollado por: Altek Corp y su patente se encuentra en la oficina de patentes de Europa. Publicación número: CN201139688 (Y).
- La empresa Koreana PRIMPO Co., Ltd. <sup>3</sup>; se trata de un bastón radar rediseñado completamente desde la forma de su mango y emplea sensores infrarojos para detectar obstáculos según el color y la forma.

### **Patentes no relacionadas con el sistema de apoyo por ultrasonido:**

- Sistema de control de tráfico para sincronizar los semáforos.-
- Luz blanca para el bastón.
- Alarma con etiqueta RFID cuando se aproximan autos híbridos.
- Bastón para sordo ciegos.
- Dispositivo para identificación de superficies.
- Dispositivo para identificar Trenes, Autobuses, etc.

---

<sup>2</sup>Para ver las patentes de la Oficina Europea: [www.european-patent-office.org](http://www.european-patent-office.org)

<sup>3</sup>Para ver el desarrollo de este dispositivo: [www.primpo.com](http://www.primpo.com)

## 1.8. Ventajas y desventajas entre el Bastón Blanco y el Bastón Inteligente.

Características	Bastón Blanco Tradicional	Bastón Inteligente
Peso	ligero	pesado
Longitud	Propia para el usuario	Propia para el usuario
Costo	económico (accesible)	costoso (limitado)
Detección de obstáculos altos	no	si
Comodidad de uso	cómodo	ligeramente incómodo
Volumen del mango	ergonómico	voluminoso
Requiere mantenimiento	no	si
Se puede lavar fácilmente	si	no
Disponibile en el medio	si	no
Movilidad	limitada	mayor confiabilidad
Orientación	limitada	mayor confiabilidad

Cuadro 1.1: Principales diferencias entre el Bastón Blanco Tradicional y el Bastón Inteligente.

En esta tabla vemos cómo el sistema de medición de distancias por ultrasonido tiene muchos inconvenientes que tendrán que irse solucionando a medida que se realiza el diseño. Por ejemplo el peso es muy importante dado que modifica completamente el uso tradicional del Bastón Blanco. Por esta razón debemos también tomar en cuenta que la forma debe adaptarse a la forma del mango del bastón para no limitar su utilización. Otro de los principales inconvenientes es que el sistema del bastón inteligente necesariamente requiere de baterías. Por este motivo es importante que se diseñe correctamente los componentes en función del consumo de corriente para que no exceda un límite y permita su funcionamiento prolongado.



Figura 1.9: Maqueta-Bastón Inteligente para realizar pruebas tácticas.

## Capítulo 2

# Tecnología de componentes de Diseño.

Para la elaboración del prototipo, se elaboraron los prototipos necesarios para realizar las pruebas respectivas y calificar como aceptable o no dicho diseño con la ayuda de la matriz de contradicciones de TRIZ. Sin embargo es importante que la idea se la plasme físicamente en cuantos prototipos sean necesarios hasta lograr pruebas satisfactorias. Dada la condición del los encuestados fue muy importante su colaboración para aprender a utilizar el dispositivo que en sus inicios fue planteado con soluciones mas eficaces que eficientes. Pero para llegar a conclusiones fue necesario el ensayo y error puesto que es diferente la solución que se da a un problema con el cual el investigador no está muy relacionado. Aquí se presenta la tecnología de componentes de diseño es decir todos aquellos elementos electrónicos y mecánicos que se desarrollaron o se adquirieron para realizar las pruebas de los diferentes diseños hasta llegar al prototipo final. Aunque muchos de los componentes desarrollados fueron descartados como el caso del sistema Braille, es importante reconocer que como el mismo método de TRIZ plantea, toda invención está fundamentada en otra, es decir que no se ha desperdiciado tiempo ni recursos siempre y cuando estos inventos estén documentados científicamente.



Figura 2.1: La utilización de la matriz de TRIZ permite optimizar al máximo los recursos para obtener un dispositivo eficaz

## **2.1. Dispositivos disponibles en el Mercado.**

Existen varios elementos necesarios para la construcción del prototipo, pero los mas importantes que se emplearon se describen con detalle especialmente las características útiles:

### **2.1.1. Sensor de medición de distancias por Ultrasonido.**

Es el componente fundamental del proyecto. 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 40KHz), 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 los obstáculos y no chocar contra ellos. Básicamente consiste en emitir una serie de sonidos que rebotan en el obstáculo y de esta manera, al recibir el eco, lo detectan y pueden esquivarlo.

De igual manera trabajan los sensores de ultrasonido. En el mercado existen distintos dispositivos con diversas características. Para este proyecto se pretende utilizar el modelo:

## CAPÍTULO 2. TECNOLOGÍA DE COMPONENTES DE DISEÑO.

- EZ4: Es un sensor de ultrasonido que posee un módulo compacto para medir distancias de hasta 6 metros.

Este módulo permite utilizar la información de la distancia sin necesidad de procesar la señal analógica del ultrasonido. Esto facilita el uso de un microcontrolador mas pequeño y de menor número de componentes.

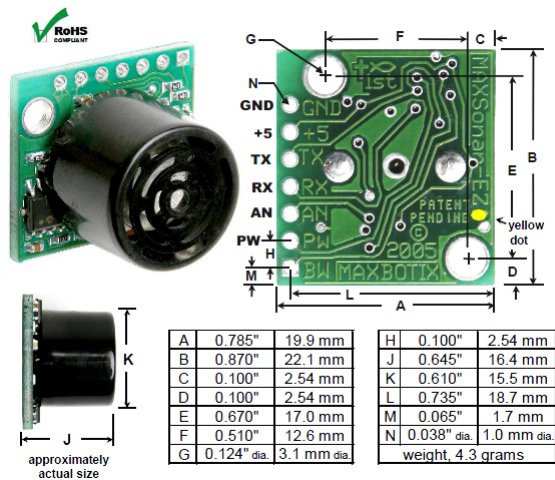


Figura 2.2: Dimensiones del sensor EZ4

Es de dimensiones muy pequeñas, se alimenta con 2.5 a 5 voltios, y entrega la distancia en formato digital por medio de comunicación serial, además de una salida analógica y otra de control de PWM. Este sensor posee todas las características de funcionamiento necesarias para llevar a cabo la ejecución de este proyecto siendo el elemento más importante que lo conforma. ver figura 2.3.

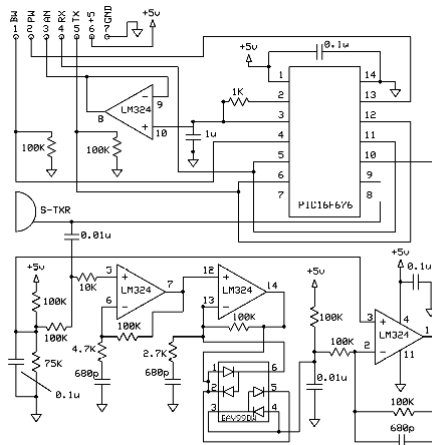


Figura 2.3: Arquitectura del sensor

### 2.1.2. Módulo MP3 de reproducción de audio.

Utilizado en el primer prototipo como dispositivo de salida para indicar al No Vidente la distancia de los obstáculos por medio de grabaciones de voz en formato MP3 almacenadas en una SD. Se utilizó el siguiente módulo:

- WTM-SD MP3 CARD MODULE

Este módulo compacto aunque en la actualidad esté descontinuado, permite controlar con el microcontrolador un reproductor MP3 que cuenta con un DSP integrado para reproducir un Soundtrack específico dentro de la memoria SD. El microcontrolador se puede comunicar de manera serial RS232, paralela (protocolo propio), o modo estándar para utilizar pulsantes y utilizarlo como si fuera un IPod. La mayor ventaja es que posee su propio módulo de amplificación de dos canales de audio y se puede conectar directamente los audífonos para escuchar los Soundtracks.

Su costo no es muy elevado comparado con sistemas similares pero es muy sensible frente a picos de voltaje por lo tanto se debe tener mucho cuidado en su uso. Lamentablemente el fabricante no entrega una hoja de datos muy completa y algunas referencias se las puede suponer en función de los diagramas de conexión del dispositivo.

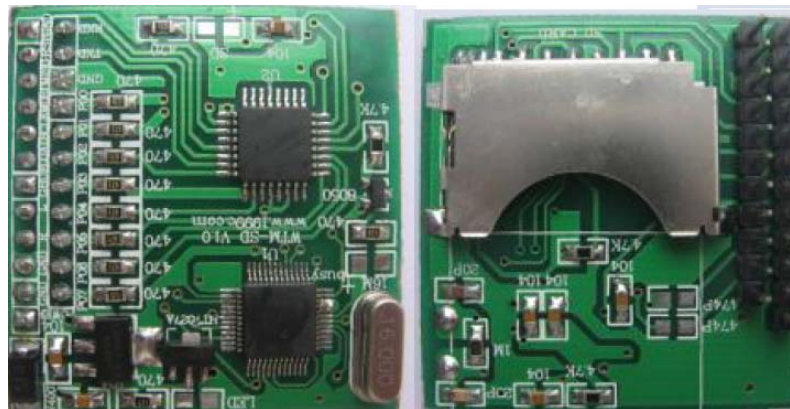


Figura 2.4: Módulo reproductor MP3 WTM-SD

### 2.1.3. Micromotor (Motor de carga desbalanceada).

El micro motor es un pequeño dispositivo electromecánico. Consta de un motor miniatura de corriente continua de bajo voltaje que normalmente gira a muy altas revoluciones por minuto (ejemplo 2000 rpm). Una de sus aplicaciones está en los vibradores de los celulares, cuenta con un pequeño desbalance de peso o carga en la punta del eje que permite que el dispositivo oscile mecánicamente



## CAPÍTULO 2. TECNOLOGÍA DE COMPONENTES DE DISEÑO.

---

transmitiendo estas vibraciones a la carcasa. Para este proyecto se considera lo siguiente:

- Tomando en cuenta que podemos controlar la velocidad del motor, se puede controlar también la intensidad de las vibraciones o la continuidad de las mismas al igual que un teléfono celular controlar el ritmo de las vibraciones de acuerdo a un tono musical.



Figura 2.5: Micro motor de 2010 rpm



Figura 2.6: Bobina del Micromotor DC con carga desbalanceada.



Figura 2.7: Escobillas del micromotor DC

### 2.1.4. Microcontroladores.

Para el desarrollo de este prototipo necesitamos un microcontrolador que sea lo mas pequeño posible y que permita realizar todos los procesos de cálculo para manejar los datos de entrada y salida. Se utilizó los siguientes microcontroladores para la realización de las pruebas respectivas:

Microcontrolador	16F876a	16F819	12F675
Número de puertos I/O	22	16	6
Número total de pines	28	18	8
Memoria de programación (flash) Bytes	14300	3584	2048
Memoria de programación (Instrucciones) Bytes	8192	2048	-
Memoria de datos SRAM Bytes	368	256	64
Memoria de datos EEPROM Bytes	256	256	128
Numero de conversores A/D	5	5	4
Alimentación VDC	2.0 - 5.5	2.0 - 5.5	2.0 - 5.5
Módulos Serial USART	1	-	-
Módulos PWM CCP	2	1	-
Oscilador Interno Máximo	-	8MHz	4MHz

Cuadro 2.1: Características de los Microcontroladores.

La selección del microcontrolador mas adecuado se lo hará según las necesidades del diseño electrónico y acorde a los resultados que se obtengan con la matriz de contradicción de TRIZ puesto que es la que decide cual es el mejor diseño aplicable.

### 2.1.5. Baterías.

Para la elaboración del prototipo es necesario baterías recargables, de alto rendimiento, pequeñas, de bajo peso y de un voltaje de entre 3 - 5 VDC, por lo tanto la mejor opción para este trabajo es el uso de baterías de litio que se utilizan en los celulares dado que rinden cerca de 800mAh. Además es fácil de recargarlas y se pueden reemplazar con facilidad en caso de mantenimiento.



Figura 2.8: Batería Nokia junto a la tarjeta electrónica con todos los componentes.

Estas baterías son fáciles de conseguir en el medio debido a la gran demanda de equipos celulares. Además son muy versátiles y seguras. Es importante señalar que al momento de soldar cables éstos deben ser flexibles, preferiblemente estañados y no se debe exceder el tiempo de soldadura debido a que toda batería tiene componentes explosivos que pueden provocar accidentes. También se recomienda aislar correctamente los terminales. En estas baterías se tiene en algunos casos 2, 3 o hasta 4 terminales. Generalmente viene indicado en la misma batería cuales terminales son el positivo y negativo. Los demás terminales son de datos que el celular utiliza para identificar la batería. Es decir si colocamos una batería de un modelo en otro similar no permitirá la carga dado que no corresponde al ID ó identificador asociado. Ésto generalmente se puede apreciar en los teléfonos celulares marca Nokia. Entonces solo necesitamos conectar los terminales Positivo y Negativo entre los cuales debe haber generalmente 3.7Vdc dependiendo del modelo. En estos mismos terminales se aplica la carga es decir si conectamos otra fuente con un potencial algo mayor circulará una corriente que elevará nuevamente el potencial hasta que dicha corriente tienda a cero y el potencial de la batería regrese a su valor original.

Para recargar se ha utilizado los componentes de un cargador de baterías de celular conocido como Universal el cual entrega esta corriente pero además se desconecta automáticamente con un circuito de swtcheo simple con un transistor en corte - saturación protegiendo la batería contra posibles daños.

## 2.2. Dispositivos Desarrollados no disponibles en el Mercado.

Como en todo proyecto, el prototipo que se desea construir requiere crear, modificar o adaptar partes y piezas. A continuación se presenta el proceso de

construcción de las partes que permitieron comprobar gracias a la matriz de contradicción de TRIZ cual debiera considerarse opción de diseño mas pragmática. Estos experimentos fueron realizados con la información obtenida en consultas con personas No Videntes de la ciudad de Cuenca previo al desarrollo del sistema. Los dispositivos que se presentan a continuación se los puede construir con materiales de fácil obtención, he incluso son en muchos casos reciclables.

### 2.2.1. Desarrollo de un Sistema Braille (de accionamiento eléctrico).

Se utilizó este sistema en una segunda prueba con un segundo prototipo mas complejo. El sistema tiene como objetivo formar la matriz de 6 puntos en Braille con la cual se puede formar el alfabeto, números y símbolos de la escritura sensitiva. La idea fue disponer de estos 6 para que el No Vidente coloque su dedo y pueda sentir como se levanta ligeramente estos puntos pudiendo entregarle la distancia a la que se encuentra un obstáculo sin necesidad de audífonos haciendo del proyecto un sistema mucho mas robusto y permitiéndole al No Vidente conocer con mas exactitud la distancia de los objetos.

El cabezal funciona de la siguiente manera, se trata de un actuador de la impresora matricial que contiene unas pequeñas agujas de acero las cuales por percusión transfieren la tinta al papel a través de la cinta. El accionamiento se da con electroimanes comandados con corriente continua.

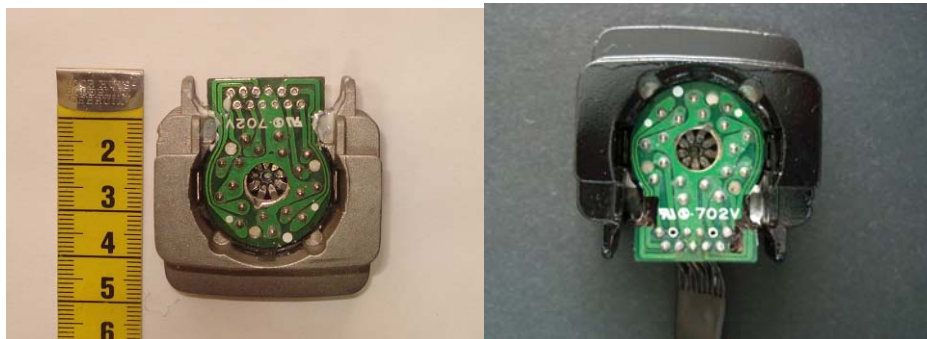


Figura 2.9: Cabezal de una impresora matricial marca ERICSSON.

Cada cabezal contiene 9 bobinas es decir se controla una matriz de 3x3 con la cual se imprime sobre la hoja. Ahora el trabajo consiste en controlar 6 de estas 9 bobinas y formar la matriz de 3X2 con la cual se hacen los caracteres en Braille. Pero para esto es necesario modificar una pieza plástica sobre la cual se deslizan las agujas. Este procedimiento requiere de algunos cálculos.

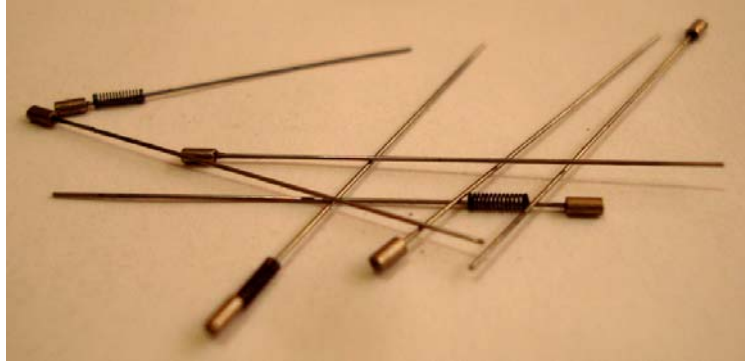


Figura 2.10: Agujas aceradas con los diminutos resortes que permiten la percusión y a su vez la impresión sobre el papel

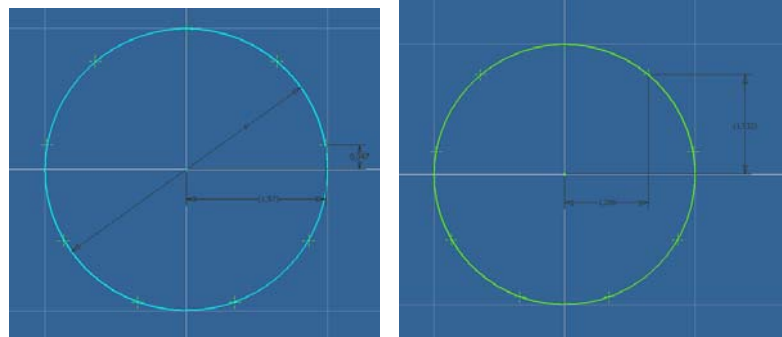


Figura 2.11: Disposición de las distancias de los agujeros en el cabezal para permitir el deslizamiento de las agujas.



Figura 2.12: Las dos partes principales del cabezal Braille, el de la izquierda es la pieza plástica modificada a 6 puntos, el de la derecha es la carcasa con las 9 bobinas y colocado un bus de datos.

Para utilizar este dispositivo es necesario un circuito amplificador con transistores, consiste en un circuito simple de corte saturación entregando 5Vdc a la

## CAPÍTULO 2. TECNOLOGÍA DE COMPONENTES DE DISEÑO.

base de un transistor 3904 con una resistencia de 1k y entre el colector y +5Vdc se conecta la bobina del cabezal. Cabe indicar que las 9 bobinas tienen dos terminales cada una pero una de cada una está unida a un pin de la pequeña tarjeta electrónica por lo que se debe tener cuidado al conectar correctamente los colectores de los 6 transistores. Además se colocó un capacitor en paralelo a cada bobina para disipar las corrientes de arranque.

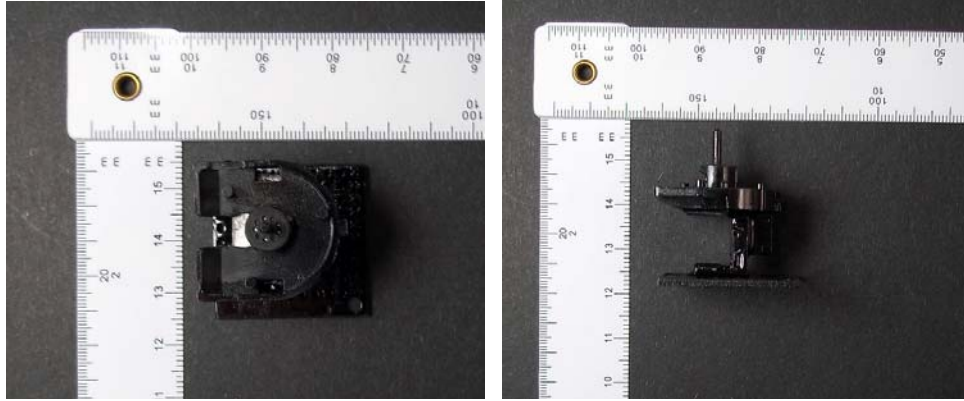


Figura 2.13: Acople plástico entre la matriz Braille de 3x2 y la carcasa con las Bobinas.

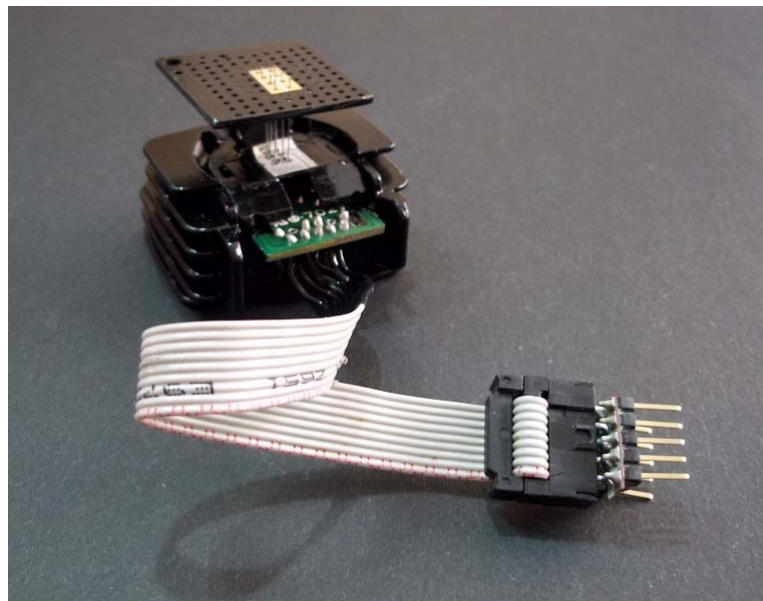


Figura 2.14: Dispositivo Braille ensamblado.

Es necesario antes de realizar el diseño de la PCB realizar pruebas en la baceta. En este caso se constató que al momento de activar cada bobina éstas consumían casi 150mA cada una, lo cual daba una carga total de casi 900mA. Esto es muy perjudicial dado que el sistema no cuenta con una alimentación de mucha capacidad de amperios hora. Entonces se decidió cambiar el modo de uso de las

bobinas así como la alimentación. Se adquirió baterías genéricas de 1000mAh de 3.7 voltios de modo que al sumarlas en serie el voltaje se duplique y se comparta la capacidad de amperios hora. Esto permitió reducir la corriente en las bobinas a casi 70mA corriente que era mucho mas manejable pero en cambio el problema era el tamaño del dispositivo. Como veremos mas adelante el método de TRIZ permitirá resolver estos conflictos técnicos es decir gano en (Potencia del dispositivo) pero pierdo en (tamaño del dispositivo móvil).



Figura 2.15: Baterías genéricas de celular para conexión en serie.

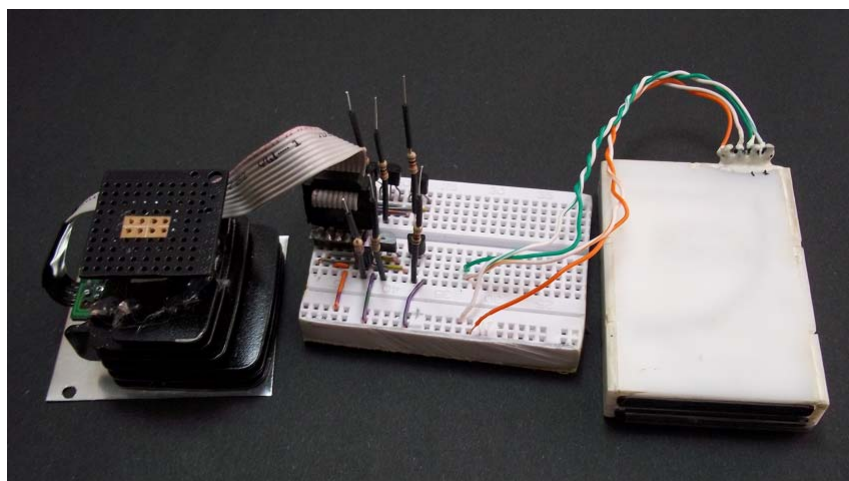


Figura 2.16: Pruebas de baceta del cabezal Braille con las dos baterías genéricas en serie.

### 2.2.2. Desarrollo de un Sistema de recarga de Baterías.

Para recargar las baterías podemos disponer de un sistema prediseñado como los módulos de recarga universales. Las baterías como se explicó pueden ser cargadas al aplicarles un porcentaje generalmente del %30 de voltaje a sus pines. La tensión debe ser continua o en su defecto pulsatoria pero referenciado a GND conectándose en paralelo. Entonces se tiene un cargador de 3.7 voltios que controla la corriente que pasa a la batería y cuando ésta ha llegado a un límite inferior el

sistema de control de carga pasa a estado de pull up es decir se abre el circuito colocando la salida en alta impedancia para evitar flujos innecesarios de corriente y daños a la batería por sobrecarga.

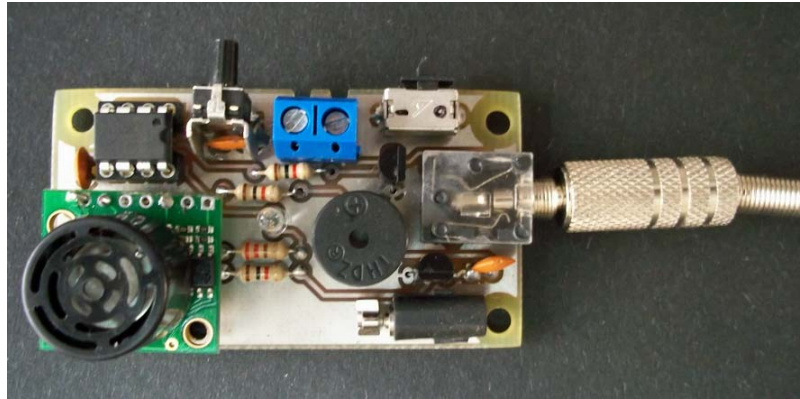


Figura 2.17: Prueba de carga de Batería en el prototipo donde el plug ingresa al jack desconectando dos pines de alimentación y aislando mecánicamente la recarga eléctrica protegiendo al circuito y permitiendo una carga directa.

Esta salida se acopla por medio de un terminal plug estéreo al jack colocado en la tarjeta electrónica del prototipo el cual cuenta con pines adicionales que se desconectan en cuanto el plug ingresa físicamente en el jack para aislar el circuito del prototipo y únicamente se cerrará el circuito entre la batería y el cargador.



Figura 2.18: Sistema de carga eléctrica para la batería del dispositivo.

### 2.2.3. Diseño de una Caja (Carcasa).

El correcto diseño de una carcasa es muy importante para el desarrollo del prototipo puesto que es la encargada de proteger y sostener a los elementos. Para el caso del prototipo adaptado al Bastón Blanco tenemos que percatarnos que dicho diseño sea cómodo y adaptable a su mango. En nuestro medio contamos con distintas alternativas para la elaboración de dicha carcasa la misma que puede



## CAPÍTULO 2. TECNOLOGÍA DE COMPONENTES DE DISEÑO.

ser de diversos materiales como aluminio, plástico vaciado, acrílico, latón, etc. La elección depende del tipo de fabricación.

Para este proyecto es importante que el diseño permita revelar la funcionalidad del prototipo y una vez que se decidiera la fabricación a mayor escala de estos sistemas se puede pensar en el diseño de moldes de matricería, por lo tanto la opción más factible es el diseño en acrílico para realizar los cortes en una máquina láser y armar nuestra carcasa con las piezas. Con más detalle se muestra este proceso en la sección 3.8.

# Capítulo 3

## Diseño electrónico y mecánico para el sistema.

### 3.1. Desarrollo de alternativas.

Para verificar resultados con el método de TRIZ, primero es necesario tener ensambladas las alternativas de diseño para el prototipo. Ésta es la forma mas conveniente de realizar las pruebas necesarias así como las encuestas, especialmente debido a la falta de visión de quienes utilizarán este dispositivo no se puede pretender explicar simplemente el diseño y comportamiento del artefacto sino que es necesario que la persona lo palpe con sus propias manos para evaluarlo correctamente. Un No Vidente necesariamente requiere del modelo para poder familiarizarse con el mismo. No se puede partir de suposiciones ni mucho menos de diseños que estén únicamente validados por personas que no poseen una discapacidad visual. Es decir no podemos proponer una solución sino conocemos el problema de fondo.

#### 3.1.1. Planteamiento del problema específico.

El problema específico es:

- El Bastón Blanco no permite identificar obstáculos por encima del nivel del suelo excepto aquella área de rastreo donde se realiza el barrido.

Por lo tanto quiere decir que el dispositivo deberá detectar la distancia de los obstáculos e indicarle al No Vidente su presencia de manera rápida y precisa.

#### 3.1.2. Definición de las Contradicciones Técnicas.

Una contradicción técnica es una afirmación y una negación simultánea que producida al momento de elaborar un diseño de innovación en la cual intervienen muchos factores [?]. Las contradicciones que se tienen que resolver en este proyecto una vez detectadas son los siguientes:

### **3.1.3. Planteamiento de Soluciones.**

## **3.2. Diseño del sistema con salida Sensitiva (Alternativa 1).**

La alternativa (1) así llamada debido a que fue la definitiva como planteamiento de solución al problema general se desarrolló luego de varios ensayos y errores que fueron corregidos tras las encuestas realizadas y la utilización del método de TRIZ como base de desarrollo inventivo. Como se vera en la sección 4.4, la matriz de contradicción permite encontrar la mejor solución a las contradicciones técnicas. Sin embargo esto no significa que sea la solución mágica para el desarrollo de diseño sino permite observar las pautas necesarias referidas a dicho modelo.

Cuando hablamos de la salida sensitiva nos referimos al mismo principio que utilizan los teléfonos celulares. Para alertar de una llamada o mensaje recibido sin la necesidad de producir un sonido que muchas veces es molesto para el usuario o para las demás personas se emplean vibraciones producidas por un motor diminuto de corriente continua con una carga desbalanceada en su eje el cual al girar a altas revoluciones produciendo un efecto interesante debido a la fuerza centrífuga que se produce. Esto a su vez se transmite en movimientos alrededor de la armadura del pequeño motor hasta llegar por medio de una fina membrana a la carcasa del teléfono. Un motor de estas características en realidad posee una alta eficiencia debido a las características de su construcción, sus escobillas son de materiales muy flexibles pero resistentes y difícilmente se desgastan aunque como toda máquina eléctrica tiene su tiempo de vida. El consumo de corriente es muy bajo, alrededor de los 25mA. Su manipulación debe ser muy cuidadosa y es preferible conectarle un condensador en paralelo e 0.1uf para evitar que el arranque afecte con corrientes dispersas a otros elementos electrónicos. Generalmente alcanzan velocidades altas alrededor de las 2000rpm.

Estas vibraciones fueron utilizadas como salida sensitiva para la alternativa 1, además de esto se le adicionó sonidos agudos producidos por un Buzzer lo cual fue sugerido por algunos No Videntes del SONVA el momento que se realizó las encuestas respectivas. El sistema planteado busca por una parte economizar y optimizar los recursos empleados en la construcción del dispositivo así como hacer mas eficiente el sistema. Entonces como se verá en la sección 3.5 a partir de los 0,75 cm el sonido comienza a alertar de la distancia de los obstáculos logrando así una respuesta mas rápida y emergente.

## **3.3. Diseño del sistema con salida Auditiva, Braille y Sensitiva (Alternativa 2).**

La alternativa (2) en realidad fue la primera en construirse pero solamente se explicará el diseño y la hipótesis que fue considerada inicialmente cuando se

pensó en una solución para a problemas específicos pero sacrificaba demasiadas características como tamaño y peso. El diseño consiste en un dispositivo portátil, con el sistema de ultrasonido pero que acondiciona como salida un sistema de lectura Braille generada a partir de los 6 puntos que conforman dicha matriz como se vio en la sección 2.2.1. Por medio de este mecanismo se entrega la distancia a la cual se encuentran los obstáculos desde sensor. Adicionalmente se incorporó un dispositivo reproductor MP3 explicada en la sección 2.1.2 para indicar las distancias con mensajes de voz por medio de audífonos.

### **3.4. Diseño Electrónico de circuitos.**

#### **Alternativa 1**

Para el diseño electrónico de la alternativa 1 se tiene un circuito muy simplificado. El dispositivo esta constituido principalmente por:

- 1 EZ4 Sensor de ultrasonido
- 1 microcontrolador 12F675
- 1 sócalo maquinado de 8 pines
- 1 micromotor o motor DC de carga desbalanceada de 3,7VDC a 2500 rpm
- 1 Buzzer 5VDC
- 1 Jack stéreo con pines que se desconectan mecánicamente al momento de enchufar el plug
- 1 batería de litio de 3,7 VDC a 850mAh (VCC)
- 2 transistores 3904 uno para el micromotor y otro para el Buzzer
- 3 resistencias de 1KOhm a 1/4 de wattio: 2 para controlar el corte saturación los transistores, 1 para el pulsante
- 1 resistencia de 220 Ohms a 1/4 de wattio para el led
- 1 led de 3mm blanco para advertencia a personas videntes
- 1 pulsante para seleccionar la activación o no de los sonidos del Buzzer
- 1 interruptor miniatura para le encendido general del sistema
- 1 Bornera de dos pines para placa: para conectar la batería
- 3 condensadores cerámicos 104 de 0,1uf
- 1 tarjeta electrónica maquinada doble lado sin antisolder con barniz dieléctrico
- 1 peineta
- Cables parlante

El sistema de recarga eléctrica esta constituido por:

- Un módulo de cargador de baterías de celular universal
- 1.5 metros de cable parlante
- Un plug estéreo

El diseño electrónico mostrado en la figura 3.4 fue realizado en el programa Altium y nos brinda una idea mas clara de la disposición de cada uno de los componentes, a su vez este mismo esquema permite realizar el ruteado de las pistas en la tarjeta electrónica. Se puede apreciar que en el microcontrolador están conectados todos los pines, sin embargo dependiendo de la programación el led puede ser conectado en paralelo al transistor del Buzzer para utilizar el puerto sobrante. En la alimentación tenemos un condensador cerámico que permite filtrar perturbaciones de ruido que pudieran afectar al funcionamiento del microcontrolador. En el puerto GP0 tenemos conectado la salida Analógica del módulo EZ4 del cuál únicamente se conectan los pines de alimentación mas el de salida. La programación se indicará con mas detalle en la sección 3.5. En el puerto GP1 tenemos conectado un Led de alto brillo que permite a las personas videntes reconocer al No Vidente y dado que se está movilizando brindarle las facilidades para su transitar. El puerto GP2 está configurado como salida para activar al micromotor por medio del transistor Q1, el micromotor tiene conectado en paralelo un condensador cerámico 104 (0,1uf) para evitar perturbaciones al momento del arranque y para eliminar el ruido producido por las escobillas. En el puerto GP3 tenemos el MCLR que permite resetear el microcontrolador en caso de fallas, sin embargo este pin se conecta directamente a VCC dado que no se han presentado problemas por desbordamiento de datos, interrupciones abruptas o fallas de energía. El puerto GP4 corresponde a la salida para manejar el Buzzer por medio del transistor Q2. Por último el puerto GP5 corresponde a la entrada de la señal del pulsante el cual posee un capacitor cerámico 104 (0.1uf) en paralelo para evitar los “rebotes” producidos por la acción mecánica de las placas al dejar pasar la corriente. El jack estéreo tiene una conexión que permite desconectar el circuito electrónico cuando se en chuffa el plug de carga, sin desconectarse los pines de la batería permitiendo una caga directa he imposibilitando el encendido o funcionamiento del dispositivo.

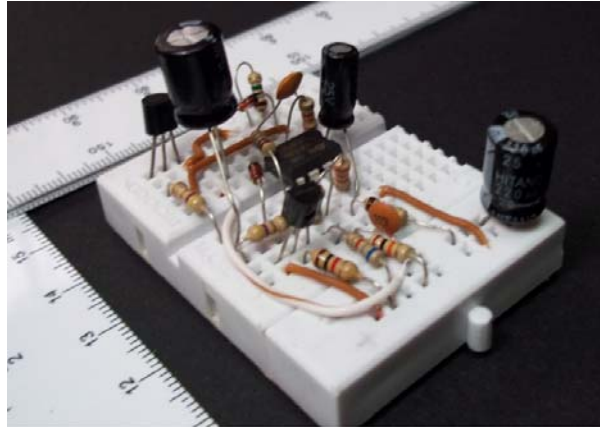


Figura 3.1: Diseño electrónico del sistema de medición de distancias por Ultrasonido por medio de vibraciones y sonidos agudos.

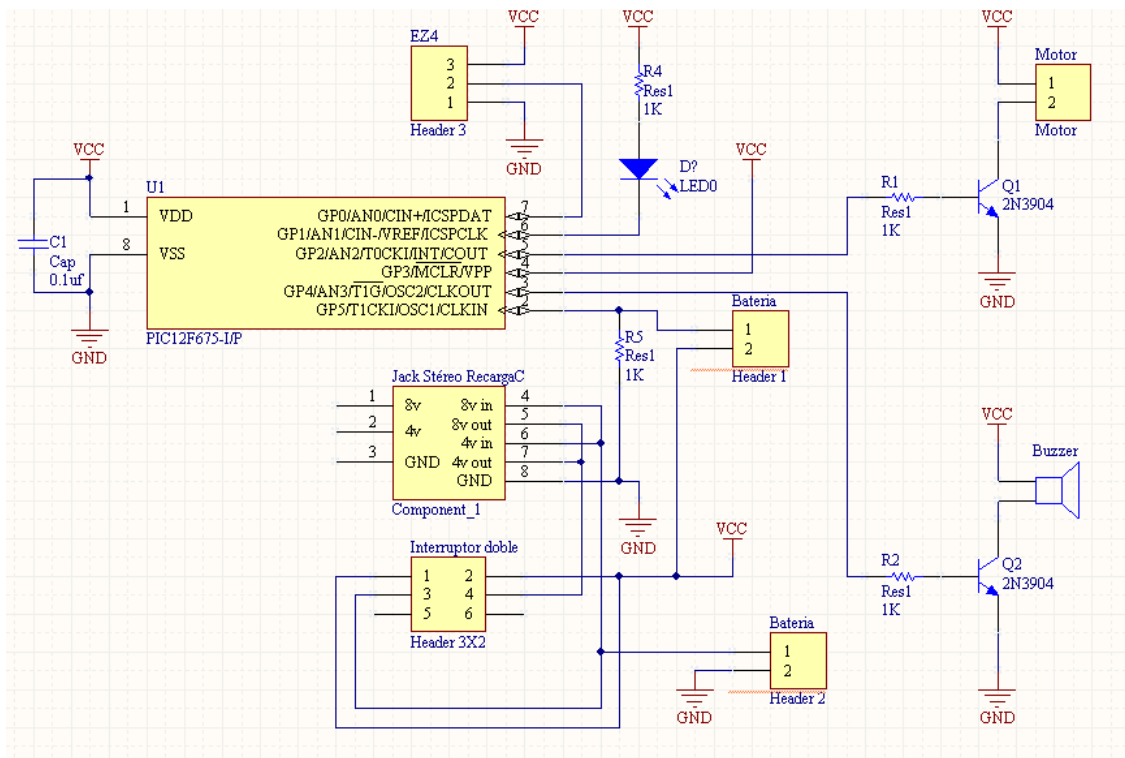


Figura 3.2: Diseño electrónico del sistema de medición de distancias por Ultrasonido por medio de vibraciones y sonidos agudos.

### Alternativa 2

Los materiales empleados fueron:

- 1 EZ4 Sensor de ultrasonido
- 1 microcontrolador 16F876A
- 1 sócalo maquinado de 28 pines

- 1 Jack estéreo con pines que se desconectan mecánicamente al momento de enchufar el plug
- 2 batería de litio de 3,7 VDC a 1000mAh (VCC)
- 10 transistores 3904 uno para el micromotor y otro para el Buzzer
- 10 resistencias de 1KOhm a 1/4 de wattio: 2 para controlar el corte saturación de los transistores, 1 para el pulsante
- 1 resistencia de 220 Ohms a 1/4 de wattio para el led
- 1 led de 3mm blanco para advertencia a personas videntes
- 4 pulsantes
- 1 interruptor miniatura para le encendido general del sistema
- 1 Bornera de 3 pines para placa: para conectar la batería
- 10 condensadores cerámicos 104 de 0,1uf
- 1 tarjeta electrónica maquinada doble lado sin antisolder con barniz dieléctrico
- 1 peineta
- Cables parlante
- Módulo mps3
- jack estéreo
- Cabezal Braille
- regulador de voltaje
- bus de datos 20 pines

El sistema de recarga eléctrica esta constituido por:

- dos módulos de cargador de baterías de celular universal
- 1.5 metros de cable parlante
- Un plug estéreo

## CAPITULO 3. DISEÑO ELECTRONICO Y MECANICO PARA EL SISTEMA.

El circuito electrónico fue montado en baseta, luego de varias pruebas se logró su correcto funcionamiento cumpliendo con las condiciones programadas inicialmente es decir indicar las distancias por medio del sistema Braille, y con una voz que indica la distancia cuando se pulsa uno de los 4 botones indicado como ENTER. El siguiente pulsante permite indicar el estado de la batería puesto que se conectó un diodo zener que posee una caída de tensión para ingresarla a una entrada analógica del PIC y medir su capacidad. El siguiente pulsante permite bajar el volumen del audio. Y por último el siguiente pulsante permite subir el volumen del audio:

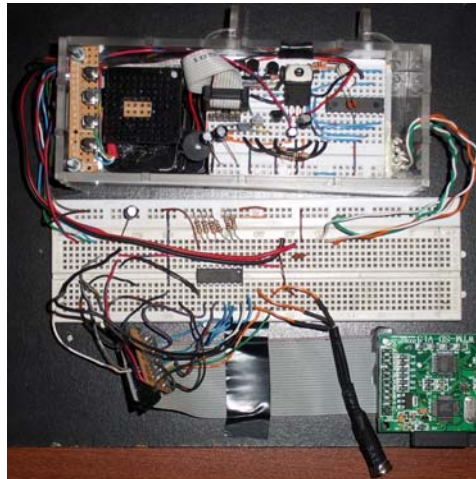


Figura 3.3: Pruebas de diseño.

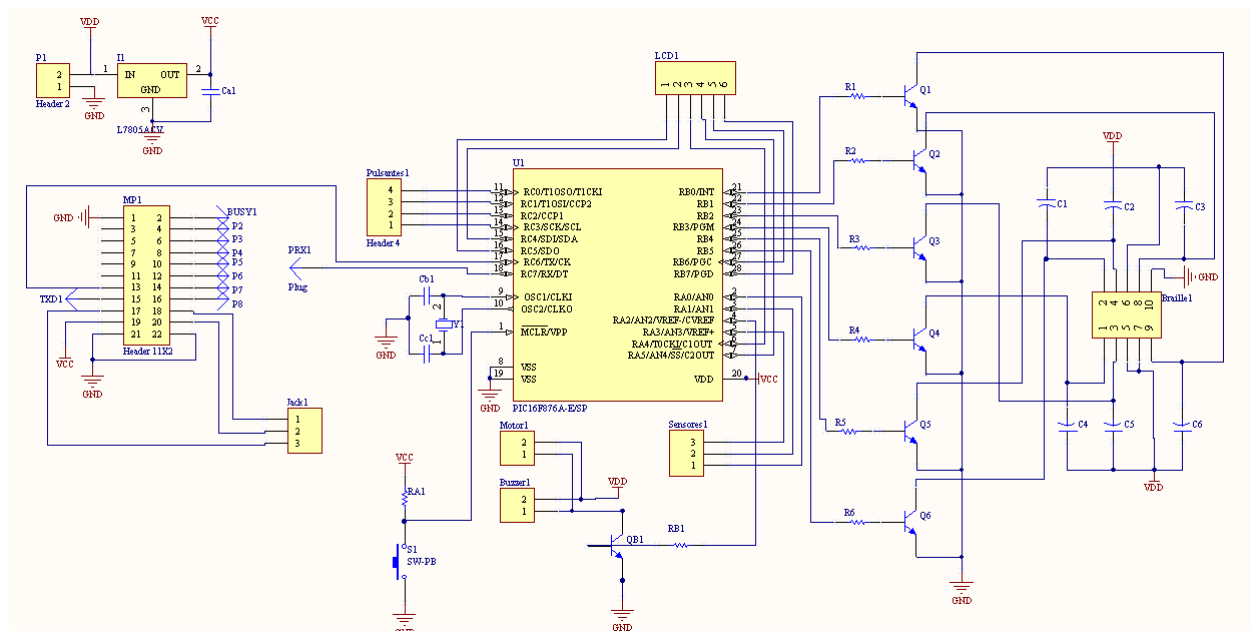


Figura 3.4: Diseño electrónico del dispositivo de pruebas 2.



También se diseñó un sistema con el cual fuera posible incorporar un parlante pequeño en la caja para que directamente el sonido se amplifique en la caja:

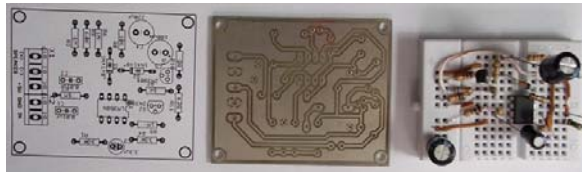


Figura 3.5: Amplificador de Audio para adaptar al prototipo de prueba.

### 3.5. Desarrollo de Software.

El sensor EZ4 entrega una señal analógica proporcional a la distancia como se muestra en la siguiente ecuación:

$$V_{EZ4} = \frac{V_{cc}}{512} \cdot d$$

$$d = \frac{V_{EZ4} \cdot 512}{V_{cc}} \quad (3.1)$$

Donde:

$V_{EZ4}$  es el voltaje en el pin AN del Sensor Ultrasonido EZ4.

$d$  es la distancia a la que está sensando el Sensor.

$V_{cc}$  es el voltaje de alimentación del Sensor (3,7Vdc)

En el sistema métrico:

$$d = \frac{V_{EZ4}}{\frac{V_{cc}}{512}} \cdot 2,54 \text{ cm} \quad (3.2)$$

$$d = \frac{V_{EZ4}}{V_{cc}} \cdot 13,0048 \text{ m} \quad (3.3)$$

Si consideramos el voltaje de la batería constante tenemos que:

$$d = V_{EZ4} \cdot 3,5148 \text{ m} \quad (3.4)$$

La ecuación 3.1 nos muestra el comportamiento de la salida analógica del sensor en función de la distancia, en este prototipo  $V_{cc} = 3,7V \text{ dc}$ . Con transformaciones simples calculamos la distancia  $d$  en la ecuación 3.4. En el microcontrolador vamos a utilizar un conversor analógico-digital con un ancho de 10 bits para la transformación. Es decir el valor en decimal máximo que será representado en el programa será 1023 que corresponderá a los 3,7 VDC de la alimentación. Cuando configuramos el programa para el microcontrolador, leemos el voltaje en el pin y guardamos su equivalente decimal en una variable que la vamos a llamar EZ4 con un ancho máximo de 16 bits (WORD). Se busca ahora que el sistema utilice una

relación matemática para generar vibraciones en función de la distancia. Luego de realizar varias pruebas se constató que la mejor alternativa para generar las vibraciones era que conforme la distancia aumente disminuya la cantidad de vibraciones que se producían y viceversa. Las vibraciones tienen que ser constantes en amplitud así que solo se puede variar el PWM pero de una frecuencia muy baja para que sea perceptible por el No Vidente.

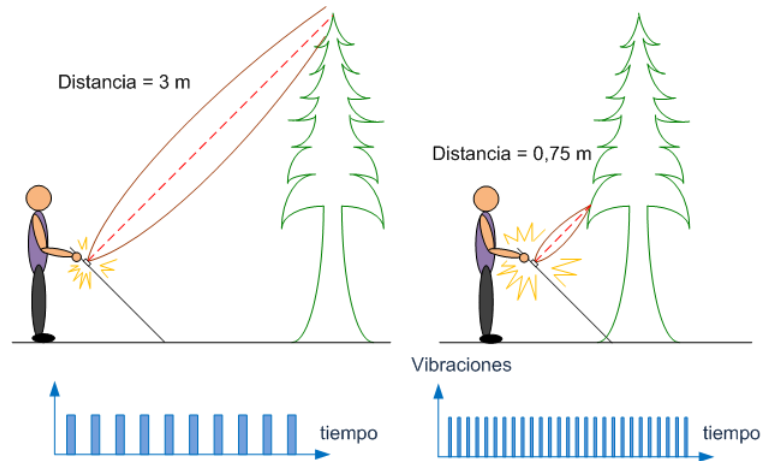


Figura 3.6: A la izquierda el sensor se encuentra a 3 metros del obstáculo y las vibraciones son lentas, a la derecha conforme se acerca las vibraciones aumentan.

Para lograr este comportamiento en la salida del microcontrolador analizamos las condiciones más adecuadas de tiempo en alto y bajo para las vibraciones, la continuidad de las mismas, etc. Podemos calcular basándonos en pruebas que demuestren un buen desempeño, los datos obtenidos de dichas pruebas son los siguientes:

- A la mayor distancia el tiempo en bajo de las vibraciones debe ser 90 % y el tiempo en alto sea 10 % del período total.
- El período máximo debe ser de 2 segundos.
- Cuando los obstáculos se encuentren a una distancia menor a 75cm es necesario que el sistema sea más rápido para permitir una respuesta más pronta, se verificó con las pruebas que la mejor opción era 65 % del total en bajo y el 35 % del total en alto.

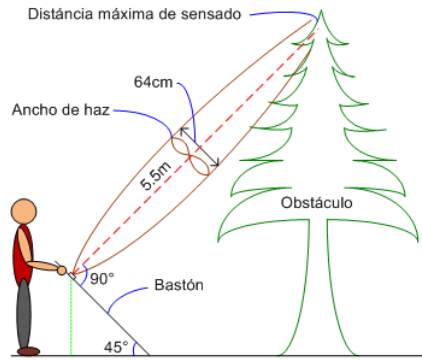


Figura 3.7: Esquema de distancias típicas con el uso del dispositivo en el Bastón Blanco.

Dado que para lograr dicho comportamiento se debían realizar operaciones complejas con coma flotante, variables de 16 bits, cálculos largos con valores que podrían desbordarse fue necesario simplificar el problema de los cálculos en el microcontrolador para lo que se realizó una aproximación matemática sencilla logrando el siguiente comportamiento de forma experimental:

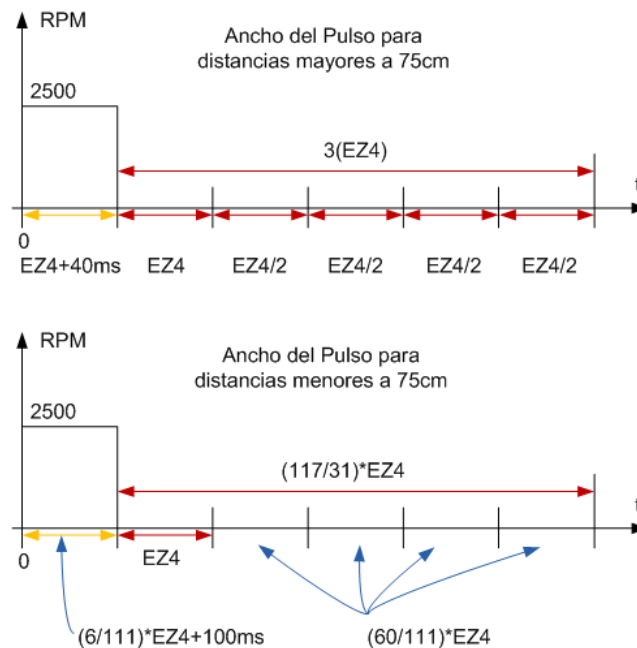


Figura 3.8: Control de vibraciones acorde a la distancia.

En la gráfica anterior se muestra el accionamiento del micromotor según la distancia de sensado, donde se aprecia la diferencia del comportamiento del sistema para mediciones mayores y menores a 75cm. Las RPM representa las revoluciones por minuto del micromotor que son constantes, EZ4 es el valor de la variable VEZ4 con la que trabaja el microcontrolador tomando como referencia la ecuación

3.4 antes mencionada. Estos datos fueron obtenidos experimentalmente primero ensamblando el dispositivo en una pequeña baseta. Esto a su vez fue colocado dentro de una caja plástica prefabricada y se colocó dos potenciómetros que me permitían variar el tiempo en alto y el tiempo en bajo de las vibraciones acorde a la distancia. Entonces una vez obtenida la mejor respuesta se midió con un voltímetro cuál era el valor de referencia empleado en dichas entradas con lo cual se obtuvo la siguiente gráfica de comportamiento:

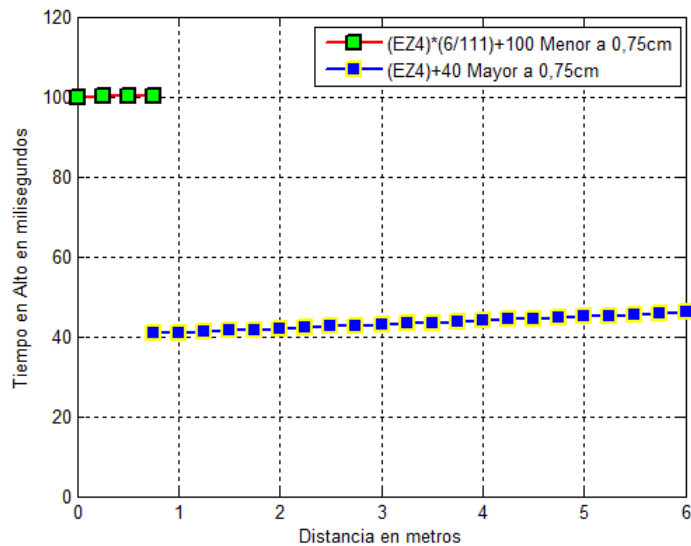


Figura 3.9: Activación del micromotor en función de la distancia de sensado.

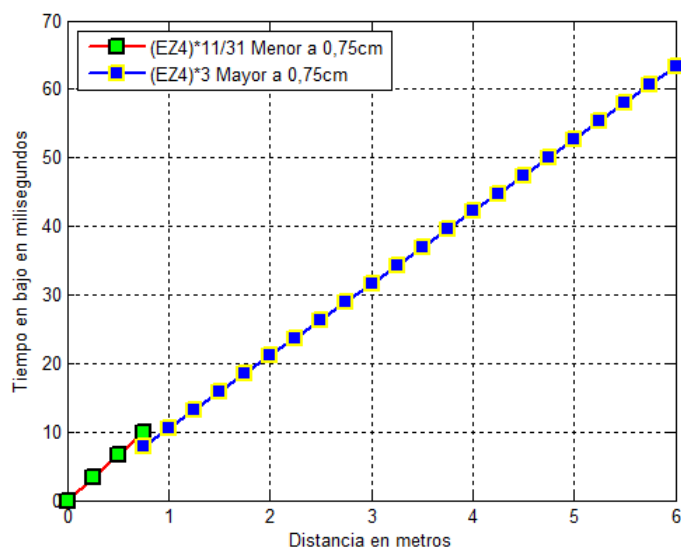


Figura 3.10: Desactivación del micromotor en función de la distancia de sensado.

En las imágenes podemos observar el comportamiento del micromotor, es activado y desactivado conforme la distancia cambia. A continuación el programa en Matlab que se usó para representar las gráficas:

```
x1 = 0:1/4:0.75; y1 = (117/31)*3.5148*x1;
plot(x1,y1,'--rs','LineWidth',2,... 'MarkerEdgeColor','k',...
'MarkerFaceColor','g',... 'MarkerSize',10) hold on x2 = 0.75:1/4:6;
y2 = 3*3.5148*x2;
plot(x2,y2,'--s','LineWidth',2,... 'MarkerEdgeColor','y',...
'MarkerFaceColor','b',... 'MarkerSize',10) hold on
xlabel('Distancia en metros') ylabel('Tiempo en bajo en milisegundos')
```

```
h = legend('(EZ4)*11/31 Menor a 0,75cm','(EZ4)*3 Mayor a 0,75cm',2);
```

```
set(h,'Interpreter','none')
```

```
grid on
```

```
figure
```

```
%-----
```

```
x1 = 0:1/4:0.75; y1 = x1*(6/111)+100;
plot(x1,y1,'--rs','LineWidth',2,... 'MarkerEdgeColor','k',...
'MarkerFaceColor','g',... 'MarkerSize',10) hold on x2 = 0.75:1/4:6;
y2 = 40+x2;
axis([0 6 0 120]) plot(x2,y2,'--s','LineWidth',2,...
'MarkerEdgeColor','y',... 'MarkerFaceColor','b',... 'MarkerSize',10)
hold on xlabel('Distancia en metros') ylabel('Tiempo en Alto en milisegundos')
h = legend('(EZ4)*(6/111)+100 Menor a 0,75cm',
'(EZ4)+40 Mayor a 0,75cm',2); set(h,'Interpreter','none') grid on
```

## Programa en el microcontrolador

Una vez realizado este modelamiento, es necesario explicar el funcionamiento del programa. Se empleó un microcontrolador pequeño que permitió disponer del dato exacto de medición de la distancia. La mejor opción es el 12F675 como se vio en la tabla 2.1.4. El programa comprende en dos bucles en los cuales fácilmente se puede identificar el primero para el funcionamiento normal es decir indica las distancias con vibraciones según la relación matemática obtenida anteriormente y el segundo bucle corresponde al instante en que se presiona el pulsante para además de funcionar la salida para las vibraciones se activa la salida que maneja al Buzzer. Se emplea el cristal interno del microcontrolador a 4MHZ lo cual permite trabajar con bucles muy grandes para repetir rutinas de medición y salida.

A continuación se presenta el programa en lenguaje Basic compilado en MicroCode Studio que es una marca registrada y pertenece a Mecanique donde se puede leer los comentarios después de cada comando donde se explica qué función tiene cada línea de comando:

```
define osc 4 ;Definimos oscilador de 4MHz para 12F675
DEFINE ADC_BITS 10 ;Configuramos a 10 el número de bits para la conversión
DEFINE ADC_CLOCK 3 ;Set clock source (rc = 3)
DEFINE ADC_SAMPLEUS 200 ;Set sampling time in microseconds ANSEL=
%00000001 ;Configuración del ANSEL "Revisar Datasheet" EZ4 VAR word
;crea variable para la distancia
MM var word
I var byte J
var byte
ADCON0=%10000000 ;configuración del ADCON0 "Revisar Datasheet"
cmcon=7 trisio=%101011 ;configurando los 6 pines gpio
'VDD positive, VSS negative
GPIO.4=1
pause 60
gpio.4=0
pause 60
gpio.4=1
pause 60
gpio.4=0
```

INICIO:

```
GOSUB medir 'El sensor EZ4 entrega el valor de la distancia con una
salida analógica vcc/512 por pulgada, en los 6m hay 236,22in,
'por lo tanto para un registro de 10 bits (0 - 1023) se debe hacer una regla
de 3 y se obtiene el valor del registro.
'Como nosotros vamos a trabajar a 3,7 v los cálculos no cambian pero
sí los voltajes de entrada. El sensor trabaja desde los 2,5 v. A (6m)
el voltaje del sensor es (1,707v), el registro (472)
if ez4 < 472 and ez4 > 60 then ;cuando EZ4 < 472 (1,707V) (6m) es el límite
máx para detectar obstáculos
gosub calcular
;llama a la subrutina calcular para sacar el valor de I pausa gosub salida
;llama a la subrutina salida para generar el pausa
endif
if ez4 < 60 or ez4 = 60 then ;cuando EZ4 < 60 (0,217V) (0,75m) es el límite
min, ahora cambian los cálculos gosub salida2
;llama a la subrutina salida para generar el pausa endif
goto inicio
end
```

calcular:

```
MM = (EZ4*60)/(111) ;MM tiempo activación del micromotor para distancias
mayores a 0,75m
return
salida: ;Salida es la etiqueta con el programa para distancias menores
a 0,75m
GPIO.2=1
pause (MM/10+100)
pauseus 5
gpio.2=0
pause EZ4
for i=0 to 4 ;Se hace este for para seguir midiendo muestras se genera el pause
en bajo gosub medir
;se sigue midiendo para acutalizar el valor del registro EZ4 pause MM
;se hace un pause similar al tiempo en alto, 4 veces debido al FOR next
pauseus 25
;este pause hace que la salida no se quede en alto para un valor de
EZ4 muy pequeño return
    salida2: ;Salida2 es la etiqueta con el programa para distancias mayores
a 0,75m
GPIO.2=1
pause (ez4+40)
pauseus 5
gpio.2=0
pause EZ4
for J=0 to 4 ;Se hace este for para seguir midiendo muestras se genera el pause
en bajo gosub medir
;se sigue midiendo para acutalizar el valor del registro EZ4 pause (ez4/2)
;se hace un pause similar al tiempo en alto, 4 veces debido al FOR next
pauseus 25
;este pause hace que la salida no se quede en alto para un valor de
EZ4 muy pequeño
return

medir:
adcin 0,EZ4 ;se lee el dato en el GPIO 0 pauseus 5
;pause 50us para setear el puerto return
```



Figura 3.11: Dispositivo ensamblado y el estuche de protección para efectuar pruebas del programa.

### 3.6. Simulaciones.

Las simulaciones son muy importantes 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 éste quien determina los parámetros bajo los cuales se debe modificar o no la programación como por ejemplo los tiempos en alto y en bajo para controlar el motor es decir la intensidad de las vibraciones.

Especialmente para comprobar el funcionamiento del primer prototipo se realizaron simulaciones en el software Proteus que pertenece a la empresa LAB-CENTER ELECTRONICS, aquí nosotros cargamos el software (anteriormente explicado en la 3.5) en el PIC y podemos visualizar las salidas en función del tiempo para constatar que se esté generando las señales apropiadamente conforme variemos la señal de un potenciómetro que reemplaza el funcionamiento del sensor EZ4.



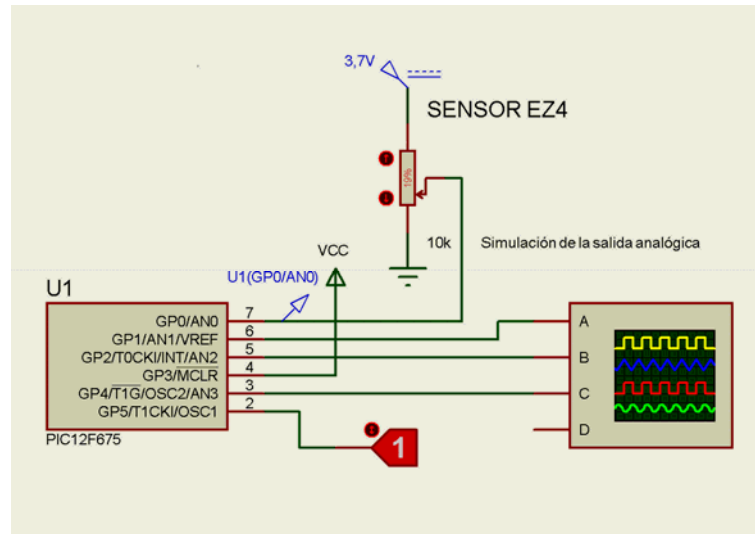


Figura 3.12: Simulación del sistema con el PIC 12F675

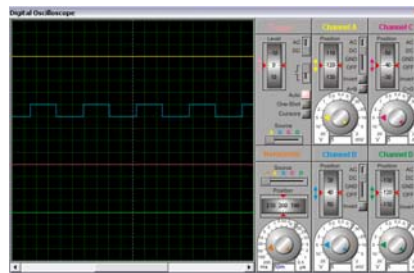


Figura 3.13: Simulación del sistema sin activar la salida de sonido con el PIC 12F675

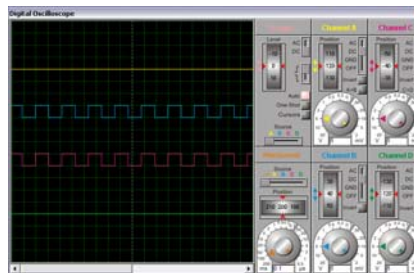


Figura 3.14: Simulación del sistema al activar la salida de sonido con el PIC 12F675

Con lo que respecta a las simulaciones del dispositivo que refiere a la alternativa 2 podemos decir que no es posible simular su funcionamiento completo puesto que se cuenta con elementos fabricados como es el caso del cabezal Braille, al mismo tiempo no existe en ninguna librería un módulo MP3 para reproducir los sonidos. La simulación consistió en la comprobación por partes del sistema permitiendo de este modo juntar las partes para ensamblar y probar en la práctica.

## CAPITULO 3. DISEÑO ELECTRONICO Y MECANICO PARA EL SISTEMA.

Por ejemplo se simuló el control de la tarjeta MP3 por medio de un juego de amplificadores operacionales de potencia activando de este modo las salidas desde P01 hasta P06 del módulo seleccionando el track.mp3, el sonido, pause, stop, etc.

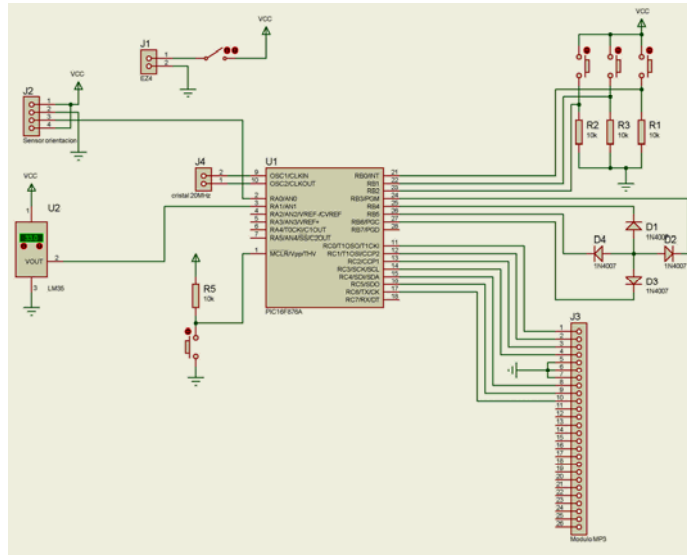


Figura 3.15: Simulación del sistema al activar la salida de sonido con el PIC 12F675

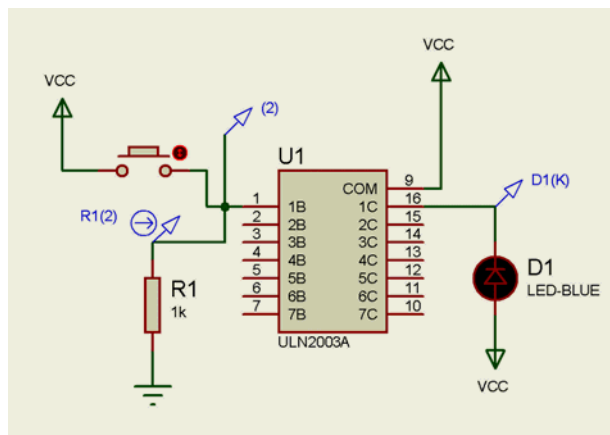


Figura 3.16: Simulación del sistema al activar la salida de sonido con el PIC 12F675

### 3.7. Diseño de las PCB.

Las tarjetas electrónicas fueron diseñadas en el software Altium que pertenece a Altium Ltd. Fueron diseñadas tarjetas de acuerdo a las especificaciones del tamaño de la batería. Las tarjetas son doble capa y cuentan con un plano de tierra como máscara en las dos capas. En las placas de la alternativa 1 no se presentan fluctuaciones como ruido que perturbe el funcionamiento de los elementos digitales como el sensor EZ4 o el microcontrolador. El elemento más crítico es el

micromotor pero se le colocó un condensador cerámico para eliminar el efecto de sobre corriente en el arranque y armónicos por las escobillas.

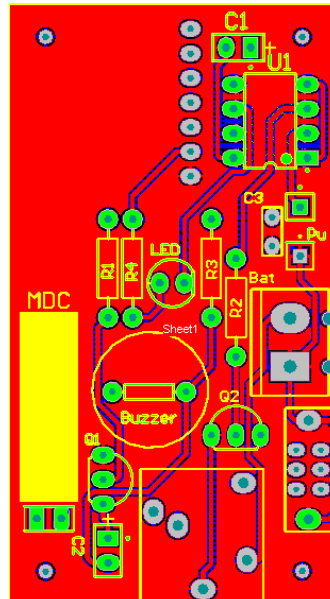


Figura 3.17: Diseño electrónico de la PCB del dispositivo de la alternativa 1.

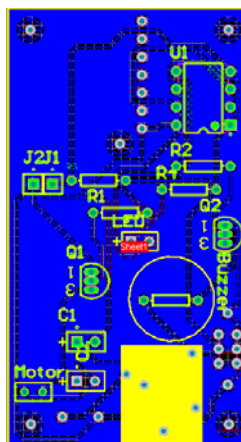


Figura 3.18: Diseño electrónico de la PCB (Capa inferior).

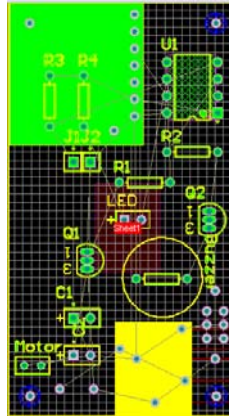


Figura 3.19: Diseño electrónico de la PCB (Capa de conexión).

Para el caso de la alternativa 2 se tuvo muchos problemas:

- Por ejemplo el ruido generado por la activación de los electroimanes del cabezal Braille producía un intenso consumo de corriente y hacía que se sobre sature el regulador de voltaje teniendo pérdidas excesivas de calor por arriba de los 80°C. Para solucionar este problema se colocó condensadores de 22uf a 50V en paralelo de cada una de las bobinas aparte de los diodos en antiparalelo de modo que la energía almacenada permitía al electroimán activarse con menor consumo de corriente.
- El módulo MP3 no se comunicaba con el PIC dado que la pista que conducía la comunicación Serial estaba muy cerca de las líneas que manejaban el electroimán, para solucionar este problema se aisló esta línea con plano de tierra y se colocó a una distancia menor hacia el PIC de modo que la comunicación era mas directa.
- El jack de carga hacía cortocircuito el momento de conectar dado que se manda a cargar simultáneamente a las dos baterías de litio, esto era debido a que el plug hacía contacto un pequeño instante de tiempo entre tierra y una de las líneas cuando se lo introducía en el Jack. Para solucionar este problema se colocó la tierra del jack en otro pin de modo que no coincidiera que ese pin haga contacto instantáneamente con ningún pin.

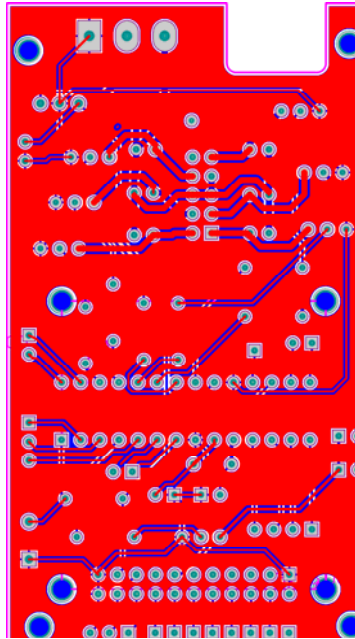


Figura 3.20: Diseño electrónico de la PCB del dispositivo de la alternativa 2.

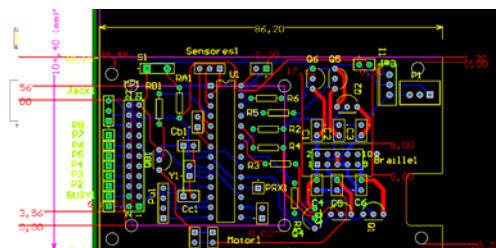


Figura 3.21: Dispositivo 2 con medidas sin plano de tierra.

### 3.8. Diseño de las Cajas (carcasas).

Para realizar las pruebas iniciales se montó la circuitería sobre un pedazo pequeño de protoboard sobre una caja prefabricada. Sin embargo el dispositivo final tiene que ser probado sobre una caja construida con las dimensiones mas pequeñas para realizar las encuestas finales que aprueben el diseño.



Figura 3.22: Caja prefabricada utilizada para pruebas.

Para la construcción de las cajas se eligió acrílico. En los anexos encontramos el diseño realizado en software Adobe Illustrator CS5 perteneciente a la empresa Adobe Systems Incorporated. Estos diseños permiten a una pequeña CNC cortar las piezas de una plancha de acrílico para luego ensamblar el dispositivo como se muestra en la siguiente figura:

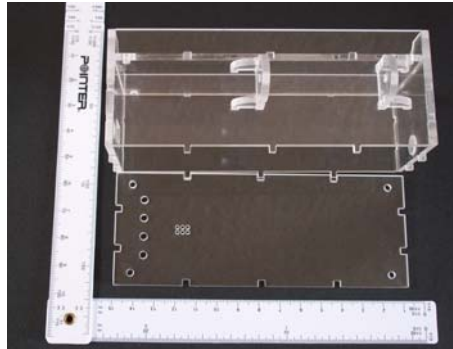


Figura 3.23: Caja de acrílico diseñada para el Primer Prototipo 14x6x6cm.

Es posible trabajar con otro tipo de materiales como es el caso del aluminio, a pesar de esto el acrílico muestra mas beneficios debido a su consistencia rígida. Por otra parte es posible pulir ciertas piezas a mano con mucha facilidad como las esquinas en punta que pueden lastimar al usuario. El diseño de las cajas se lo realiza primero en papel una vez ensamblado el circuito electrónico sobre la tarjeta conjuntamente con la batería, se toma las medidas de todas las partes que conformarán la caja y se realiza una maqueta de cartón para comprobar el diseño antes de que se corte el acrílico para no desperdiciar material en caso de requerir correcciones.

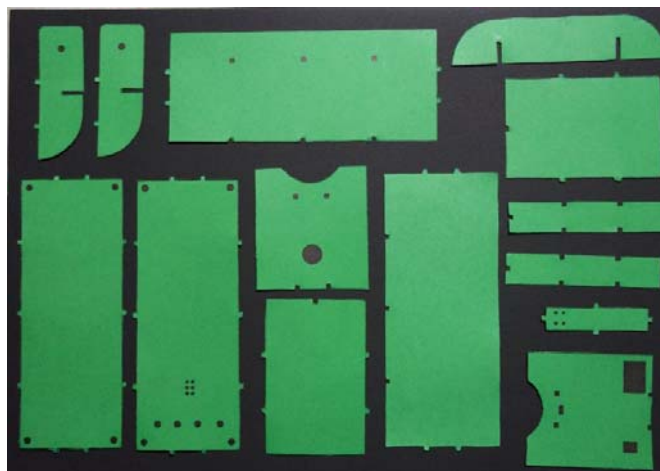


Figura 3.24: Caja de acrílico diseñada para el Primer Prototipo.

### 3.9. Ensamblaje del sistema.

Como podemos ver en la figura: 3.25, vemos el ensamble total del sistema del cual se construyó dos para probar su funcionamiento y realizar las respectivas pruebas de campo es decir comprobar todas las mejoras realizadas respecto a los diseños anteriores. Estos dispositivos tienen similares características pero utilizan diferentes componentes para verificar el funcionamiento según el tipo, por ejemplo el uno tiene un micromotor soldado directamente sobre la placa igual que en los teléfonos celulares y el otro está sujeto en una de las paredes de acrílico con pequeñas bridas plásticas para comprobar en cual caso es mayormente sensible para el usuario.



Figura 3.25: Los dos dispositivos finales ensamblados.

El ensamblaje consta del siguiente proceso:

1. Construir la placa de circuitos impresos: esto se lo puede hacer en una CNC ó manualmente lo cual no es muy recomendado dadas las dimensiones de la tarjeta doble capa.
2. Soldar los componentes: los componentes deben ser ubicados cuidando la posición y referencia, no se debe utilizar elementos que no posean las dimensiones especificadas en las hojas de datos de los fabricantes. Se debe utilizar un cautín tipo lápiz o se puede realizar el ensamblaje con un robot ensamblador sin embargo esto no es necesario puesto que no se emplean elementos de montaje superficial. Posterior a esto se debe limpiar la pasta de soldadura con disolvente acrílico para no dañar el esmalte de los componentes.
3. Barnizar la placa: Se debe proteger con cinta adhesiva los componentes como el pulsante, el interruptor, el zócalo, el Buzzer, el EZ4, el jack, para que el barniz dieléctrico se pegue a las pistas que podrían hacer cortocircuito en

caso de humedad u otros. Una vez seco se prueba el circuito para comprobar que no exista fallos.

4. Cortar las piezas de acrílico: esto se realiza en una cortadora láser que segmenta una plancha de acrílico en este caso de 2mm según el diseño que se realice de modo que se pueda ensamblar dicha caja.
5. Ensamblar las piezas de acrílico: Se hace de forma manual con mucho cuidado de no colocar mal las piezas por esto hay que ayudarse del diseño original y debe pegarse cada parte con pegamento especial para acrílico de modo que no se rompa. Debe cuidarse que las piezas embonen correctamente y que no existan rozamientos.
6. Montar la tarjeta electrónica: Se ajusta la tarjeta electrónica a la caja con tornillos de 2mm apretándolo cuidadosamente con llaves para no dañar sus pernos o cabezas. Una vez hecho esto se prueba por última vez el dispositivo y está listo

### **3.10. Encuestas y Pruebas de Campo.**

#### **Encuestas**

El primer dispositivo (alternativa 2) presentado para realizar pruebas se ensambló sobre una caja plástica prefabricada de 9x5x4cm, estaba sujetado por medio de una brida al mango del bastón. Además de esto el sistema fue montado sobre una placa de circuitos impresos revelada manualmente con ácido. Cuando se realizaron las pruebas respectivas se detectó que el sistema era poco ergonómico, continuaba siendo grande, y aún era pesado (0.2 Kg) lo cual implicaba una incomodidad para el uso normal del bastón. Entonces el rechazo fue casi unánime por los encuestados. Esto determinó un rediseño total del sistema prácticamente descartando por completo la utilización de la alternativa 2 bajo las condiciones presentadas.

Para el diseño de la alternativa 1 denominada así puesto que fue la que obtuvo mayor aceptación por parte de los encuestados se eliminaron componentes, se redujo el tamaño, peso y se lanzó el nuevo dispositivo luego de 2 meses de diseño. El resultado fue un dispositivo mas pequeño, limitado su tamaño al largo y ancho de la batería recargable. Este dispositivo indica la distancia de los obstáculos por medio de vibraciones que se intensifican conforme se aproxima el sensor y viceversa. Gracias a algunas sugerencias se decidió colocar un Buzzer el cual se activa cuando se presiona un pulsante para indicar las distancias por medio de sonidos.

Posterior a esto se realizaron nuevos diseños hasta que se encontró una batería apropiada de 3,7 v a 850mA la cual proveería suficiente energía para mantener el sistema funcionando 10 días hasta requerir una recarga. Adicional a esto la batería era mucho mas pequeña que las anteriormente utilizadas. Con la ayuda de TRIZ



### CAPITULO 3. DISEÑO ELECTRONICO Y MECANICO PARA EL SISTEMA.

se simplificó toda la arquitectura, el diseño mecánico, el tamaño, peso, volumen y eficiencia. El diseño resultante fue muy favorable con dimensiones de 6x4x2cm, con un peso de 0.084Kg y condujo a una aceptación casi unánime por parte de los 50 No Videntes la mayoría socios del SONVA (Sociedad de No Videntes del Azuay) quienes pudieron señalar los siguientes resultados:

Preguntas realizadas a un total de 40 No Videntes:	1 (No)	2	3	4	5 (Si)
¿El Bastón es una herramienta indispensable?	0 %	0 %	0 %	5 %	95 %
¿El prototipo es pequeño?	0 %	0 %	4 %	36 %	60 %
¿El prototipo es liviano?	0 %	0 %	0 %	18 %	82 %
¿Considera que el dispositivo es fácil de manipular?	2 %	0 %	2 %	18 %	78 %
¿El dispositivo incomoda el uso normal del bastón?	82 %	8 %	4 %	4 %	2 %
¿El sonido es una ayuda para identificar obstáculos?	0 %	0 %	6 %	8 %	86 %
¿El sistema facilitaría su movilidad en lugares abiertos?	0 %	0 %	6 %	18 %	76 %

Cuadro 3.1: Encuesta realizada a 50 personas que conocieron el dispositivo

Como vemos en el cuadro las ventajas comparativas de cada pregunta planteada eran los indicativos esperados para lograr que el dispositivo de solución al problema de la falta de rastreo de obstáculos altos que tiene el Bastón Blanco Tradicional. Las primeras encuestas permitieron detectar errores de diseño en cada una de las alternativas.

#### **Funcionamiento del dispositivo (manual de usuario)**

El dispositivo permite detectar obstáculos que se encuentren sobre el nivel del mango del bastón es decir aquellos que están en el ambiente de la cintura para arriba. Conforme se hace que el dispositivo al obstáculo las vibraciones se harán mas intensas he irán disminuyendo conforme se aleje. La distancia a la cual empieza a vibrar es 2 metros que proporciona un rango suficiente para prevenir tropiezos. También puede activar con un botón el sonido para que se alerte de la presencia de obstáculos que se encuentren hasta 1 metro considerados como obstáculos críticos puesto que están muy cerca. Cuando la batería esté descargada al momento de encender el dispositivo no generará ningún sonido por lo tanto debe recargarlo. Para esto debe tomar el adaptador y enchufar la caja al toma corriente y la punta del cable debe introducirla en el agujero inferior del dispositivo. Primero debemos identificar las partes que conforman el dispositivo:

1. Interruptor de encendido.
2. Pulsante para activar sonidos.
3. Jack ó agujero para introducir el plug ó punta del cargador.

### CAPITULO 3. DISEÑO ELECTRONICO Y MECANICO PARA EL SISTEMA.

---

Cuando se sostiene el dispositivo se puede sentir 4 cabezas de tornillos de metal del lado mas plano y 4 tuercas al lado opuesto. También se puede sentir una pequeña protuberancia con forma cilíndrica similar a una tapa de botella en una de las esquinas, éste es el sensor y debe estar libre para que detecte los obstáculos.

En una de las paredes de la caja podemos apreciar un agujero de forma cuadrada en cuyo interior hay una pequeña palanca que es el interruptor de encendido, al deslizarla hacia arriba es decir hacia el lado mas grande de la pared se enciende y al otro lado se apaga el dispositivo el cual emite sonido cuando se activa.

Junto al interruptor de encendido se siente una pequeña protuberancia que es un botón pequeño para activar sonidos. Cuando el dispositivo está encendido presionamos este botón para que además de vibrar el dispositivo emita un sonido cuando se encuentre un obstáculo a una distancia de 1 metro al mismo ritmo que las vibraciones. Para desactivar el sonido simplemente se presiona nuevamente el botón o se puede apagar directamente el dispositivo.

En uno de los lados mas pequeños se encuentra un agujero mediano de diámetro similar al que tienen los equipos electrónicos en los que se conecta audífonos. Este es el jack donde podemos conectar el plug es decir la punta del cable del cargador, la caja del cargador tiene forma rectangular y en la parte inferior tiene una muesca donde se puede jalar una pieza pequeña de metal que tiene forma C que es el conector de pared.

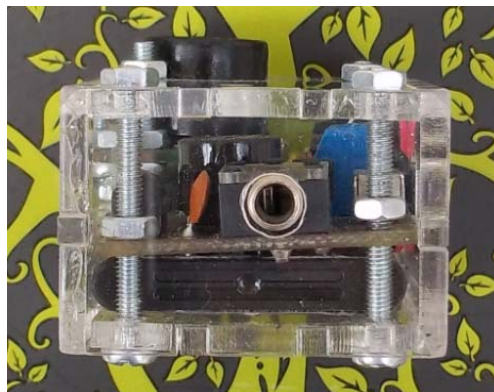


Figura 3.26: Vista posterior del dispositivo donde se ve el jack de carga eléctrica.

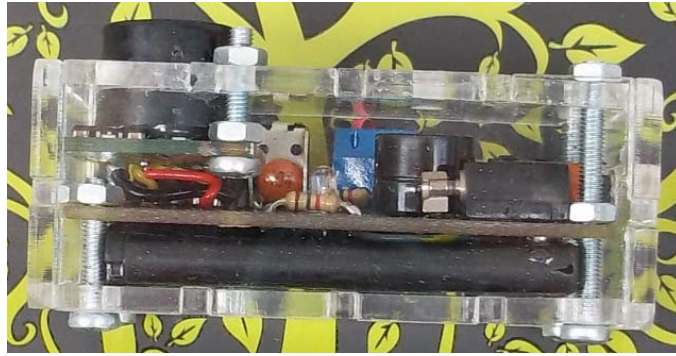


Figura 3.27: Vista lateral del dispositivo, se aprecia la batería y los componentes entre ellos el micromotor.

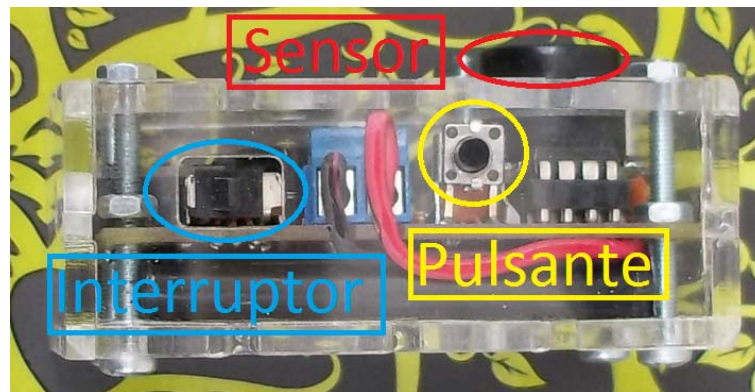


Figura 3.28: Vista lateral del dispositivo incluyendo el interruptor ON, OFF, pulsante para activar el sonido y el sensor de ultrasonido.



Figura 3.29: Vista superior del dispositivo.

### **Pruebas de Campo**

Una vez ensamblados los prototipos fue necesario realizar las pruebas respectivas con No Videntes en ambientes reales. Se eligió el primer dispositivo para permitirles conocer el funcionamiento.



Figura 3.30: Realizando pruebas del dispositivo 1 montado inicialmente en una caja prefabricada.

Las encuestas debían reflejar los resultados obtenidos con el primer dispositivo para compararlos con el segundo prototipo, sin embargo los resultados fueron algo inesperados:

- Los encuestados manifestaban que la carcasa era muy grande e incómoda para utilizar de la manera en que estaba propuesta inicialmente.
- Se adaptó al bastón por medio de una brida metálica que unía la tapa inferior de la caja con el mango y un tornillo sujetaba la junta.
- El 98% de los encuestados habían coincidido en que el dispositivo de la alternativa 2 es muy grande y pesado.
- Además aunque la comunicación era muy precisa y confiable el hecho de utilizar audífonos restaba considerablemente el sentido de orientación.
- Por otro lado los audífonos le restan la capacidad de escuchar el ambiente por ejemplo al pasar un camión, al pasar una bicicleta, el pito de un automóvil, etc.
- De modo que el uso de audífonos tenía que ser reemplazado totalmente.
- También se pudo constatar que el uso del sistema Braille limitaba a un determinado número de No Videntes que aún no sabían leer este lenguaje.
- Se diseñó por lo tanto una corrección al dispositivo con el cual fue posible incorporar un parlante de 8ohms a 1/4 W con una pequeña tarjeta amplificadora para que la misma caja funcione como parlante y permita escuchar los mensajes de alerta de los obstáculos.
- Sin embargo esta modificación implicó mayor consumo de energía, mayor peso, costo y complejidad de ensamblaje.
- El diseño fue rechazado totalmente.

Con el dispositivo (alternativa 1) se obtuvo mejores resultados, Casi el 80 % de los encuestados estaban de acuerdo con este diseño mucho mas simple.



Figura 3.31: Realizando pruebas del dispositivo 1 ensamblado en acrílico.

Se modifico la carcasa, la tarjeta electrónica y del tipo de componentes que estaban siendo utilizados. Esto trajo muchas complicaciones técnicas al sistema que fueron superadas aplicando los métodos de TRIZ para mejorar el rendimiento.

El rediseño permitió que el dispositivo alcance dimensiones mucho mas reducidas y un peso del prototipo final de 0.185lb. Como se indicó en 3.2, el dispositivo es mucho mas flexible y permite la adaptación al Bastón con mucha mas comodidad, es mas fácil de manipular, reparar en caso de fallos y reproducir. Con el prototipo terminado se efectuaron pruebas de funcionamiento y se recopiló información referente al desempeño del sistema.

# Capítulo 4

## Análisis Técnico y Económico.

### 4.1. Impacto social del Sistema.

Para un No Vidente la percepción del mundo es diferente a la de un Vidente. Sin embargo ambos grupos diferenciados únicamente por una discapacidad física marca muchas veces una notable diferencia social. Muchos ensayos, tesis, libros, tocan el tema de la inclusión social definida como la conexión o amistad de las personas con rasgos diferentes en una determinada sociedad. Varias organizaciones internacionales también se preocupan por formar lazos entre las instituciones, empresas, etc. para ofrecer oportunidades a personas con discapacidades. Es decir existe una preocupación por brindar facilidades y oportunidades a las personas con discapacidades.

El sistema de medición de distancias por ultrasonido constituye una herramienta que le permitirá a un No Vidente relacionarse mejor con el ambiente que lo rodea. Le permitirá complementar el uso del bastón blanco para lograr de una manera no total pero si muy significativa una mejor movilidad y orientación en lugares desconocidos.

El impacto emocional se lo puede medir fácilmente cuando vemos que una persona con discapacidad visual interactúa con el dispositivo y de esta manera puede moverse con mayor confianza. El tema es que si logramos que el No Vidente aprenda a utilizar el dispositivo es decir que logre adaptarse a su correcto uso lograremos que esta herramienta brinde una solución real y pragmática.



Figura 4.1: El impacto social es positivo cuando las personas comienzan a familiarizarse con el dispositivo.

Me permito señalar que en un mundo globalizado materializado aquel sentimiento de solidaridad muchas veces se vuelve una utopía. Como lo dice el Lic. Pablo Liger en su Tesis previo a la obtención del título de Licenciado en Artes Escénicas quien basó su trabajo en obras teatrales por No Videntes:

“Vivimos en una realidad mediática, la misma que ha saturado por completo nuestros sentidos diciéndonos qué comer, qué comprar, cómo vestarnos etc; obligándonos a adoptar necesidades falsas de consumo y a seguir cánones de belleza irreales que apuntan a una realidad simulada, realidad que quizás ha sido expulsada de la realidad, de la verdad, de la ilusión. Las cosas aparecen replicadas por su propia escenificación . La pasión de un mundo encantado es sustituida por el éxtasis de las imágenes, por la pornografía de la información, por la frialdad obscena de un mundo desencantado que paradójicamente acaba con todo reconocimiento. Ningún grupo humano está lejos de esta invasión, sin embargo hay minorías como los no videntes (personas ciegas), quienes por su condición han logrado mantenerse a distancia de esta realidad simulada, desvinculando por completo el sentido visual de las cosas y juzgando por tanto las relaciones de sujeto-consumo-objeto desde la utilidad y sujeto-palabra hablada desde el sentido.”

Entendida estas palabras podemos formar una idea mas clara del impacto que significa el sistema. Fue realmente gratificante haber logrado los resultados conseguidos con este proyecto los cuales se reflejan con la satisfacción de quienes son beneficiarios directos del sistema.





Figura 4.2: Las pruebas realizadas muestran los resultados positivos.

## **4.2. Análisis Económico de costos y Beneficios.**

Se presenta en la siguiente tabla los costos de producción de un dispositivo correspondiente a la alternativa 1:

CAPITULO 4. ANALISIS TÉCNICO Y ECONOMICO.

Insumo	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
EZ4 Sensor de ultrasonido	1	\$35,63	\$35,63
Microcontrolador 12F675	1	\$2,23	\$2,23
Sócalo maquinado de 8 pines	1	\$0,25	\$0,25
Micromotor 3,7VDC a 2500 rpm	1	\$3,00	\$3,00
Buzzer 5VDC	1	\$0,58	\$0,58
Jack setero	1	\$0,18	\$0,18
Batería de litio de 3,7V a 850mAh	1	\$10,00	\$10,00
Transistores 3904	2	\$0,08	\$0,16
Resistencias de 1KOhm	3	\$0,017	\$0,051
Resistencia de 220 Ohms	1	\$0,017	\$0,017
Led de 3mm blanco	1	\$0,012	\$0,012
Pulsante	1	\$0,11	\$0,11
Interruptor miniatura	1	\$0,30	\$0,30
Bornera de dos pines	1	\$0,22	\$0,22
Condensadores cerámicos 104	3	\$0,017	\$0,051
Tarjeta electrónica maquinada	12,5 %	\$30	\$2,40
Peineta	6	\$0,02	\$0,12
Cables parlante	1m	\$0,40	\$0,40
Módulo cargador universal	1	\$3,00	\$3,00
Plug stéreo	1	\$0,25	\$0,25
Caja acrílico	1	\$3,00	\$3,00
Tornillos	6	\$0,10	\$0,60
Acople mecánico	1	\$3,00	\$3,00
Pegamento Especial	5 %	\$10,00	\$0,50
Barniz	5 %	\$10,00	\$0,50
Caja cartón	1	\$0,20	\$0,20
CD	1	\$0,35	\$0,35
Tiempo trabajo (horas)	4	\$10,00	\$40,00
Varios	1	\$5,00	\$5,00
Total			\$112,12
Total incluido IVA 12 %		\$13,45	\$125,57

Cuadro 4.1: Tabla de los costos de producción de un dispositivo.

Si tomamos en cuenta que estos costos son a los que se consiguen los componentes en nuestro medio podemos hacer una relación para determinar si conviene traer directamente los insumos desde el exterior es decir desde países productores como Inglaterra, EEUU, y China. Entonces los costos se reducirían significativamente sin embargo se debe contar con una demanda mas alta de estos dispositivos de modo que represente la inversión de un número mayor de elementos para la importación. Como se muestra en la siguiente tabla estos son los costos para la producción de 100 dispositivos importando directamente los elementos desde el país productor:

CAPITULO 4. ANALISIS TÉCNICO Y ECONOMICO.

Insumo	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
EZ4 Sensor de ultrasonido	1	\$29,95	\$29,95
Microcontrolador 12F675	1	\$1,67	\$1,67
Sócalo maquinado de 8 pines	1	\$0,19	\$0,19
Micromotor 3,7VDC a 2500 rpm	1	\$2,25	\$2,25
Buzzer 5VDC	1	\$0,44	\$0,44
Jack estéreo	1	\$0,14	\$0,14
Batería de litio de 3,7V a 850mAh	1	\$7,50	\$7,50
Transistores 3904	2	\$0,06	\$0,12
Resistencias de 1KOhm	3	\$0,013	\$0,04
Resistencia de 220 Ohms	1	\$0,01	\$0,01
Led de 3mm blanco	1	\$0,01	\$0,01
Pulsante	1	\$0,08	\$0,08
Interruptor miniatura	1	\$0,23	\$0,23
Bornera de dos pines	1	\$0,17	\$0,17
Condensadores cerámicos 104	3	\$0,013	\$0,04
Tarjeta electrónica maquinada	12,5 %	\$14,4	\$1,80
Peineta	6	\$0,015	\$0,09
Cables parlante	1m	\$0,30	\$0,30
Módulo cargador universal	1	\$2,25	\$2,25
Plug estéreo	1	\$0,19	\$0,19
Caja acrílico	1	\$2,25	\$2,25
Tornillos	6	\$0,075	\$0,45
Acople mecánico	1	\$2,25	\$2,25
Pegamento Especial	5 %	\$7,60	\$0,38
Barniz	5 %	\$7,60	\$0,38
Caja cartón	1	\$0,15	\$0,15
CD	1	\$0,26	\$0,26
Tiempo trabajo (horas)	3	\$10,00	\$30,00
Varios	1	\$3,75	\$3,75
Costo envío	%1	\$40,00	\$0,40
Total			\$87,74
Total incluido IVA 12 %		\$10,52	\$98,27

Cuadro 4.2: Tabla de los costos de producción de un dispositivo importando directamente los elementos.

Con esta tabla podemos constatar que si se trabaja con este número de dispositivos es decir mas de 100 que sería prácticamente producción en serie, es posible contar importar directamente los elementos comprandolos por internet a los precios indicado, el costo total del envío hasta la fecha por la empresa nacional Correos del Ecuador temían costando en total \$40. Es decir si hablamos de los 100 dispositivos termina incrementándose \$0,40 cada dispositivo pero los costos por unitario baja notablemente.



Figura 4.3: Dispositivo final ensamblado totalmente.

### 4.3. Ventajas y Desventajas de las Alternativas.

Se presenta a continuación la siguiente tabla con las características principales de cada dispositivo donde fácilmente podemos identificar que la alternativa 1 presenta mayores ventajas comparativas desde cualquier punto de vista.

Características:	Alternativa 1:	Alternativa 2:
Tamaño	6x4x2cm	9x5x4cm
Masa	0.185lb (0,083914Kg)	1.206lb (0,54703Kg)
Ergonomía	Fácil de utilizar	Requiere manual Braille, CD
Facilidad de reparación (repuestos)	fácil	muy complejo
Costo promedio (En Ecuador)	\$100,00	\$250,00
Eficacia del Conocimiento espacial	85%	40%
Eficacia Percepción cinestésicatáctil	90%	75%
Adaptación al Bastón	Adaptable con sujetador	Sujetado con Brida Plástica
Consumo máximo de corriente (mA/h)	105	450
Consumo mínimo de corriente (mA/h)	20	120
Consumo promedio en una hora	60mA	360mA
Número de baterías	1 (850mA/h)	2 (1000mA/h cada una)
Recarga Eléctrica	si	si
Tiempo de recarga usando 1.5 horas diarias	10 días	5 días

Cuadro 4.3: Tabla comparativa del diseño de la alternativa 1 y 2.

### 4.4. Desarrollo de la Matriz de Contradicción ubicando los principios de inventiva.

Se ha indagado en diversos diseños pero luego de realizar las respectivas pruebas, con certeza se puede asegurar que las características deben ser muy simples, modulares y de gran rendimiento.

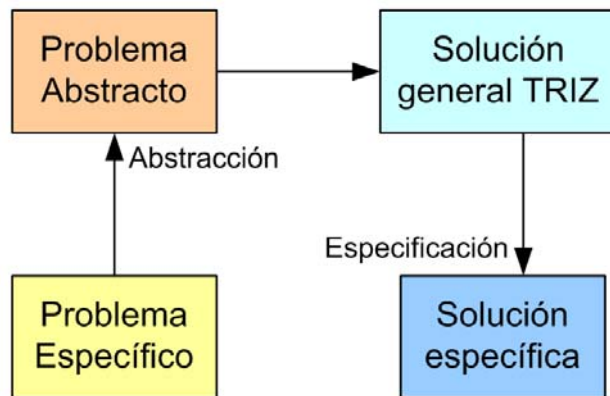


Figura 4.4: Esquema de procedimiento de desarrollo mediante TRIZ.

El método de TRIZ permite encontrar soluciones a problemas de inventiva donde existen contradicciones técnicas entre sus características. Como por ejemplo el peso del dispositivo, el tamaño, volumen, forma, facilidad de uso, facilidad de construcción, complejidad del dispositivo, etc. TRIZ analizó aproximadamente entre 20 a 40 mil de 1.5 millones de patentes que consideró verdaderamente inventivas o creativas, concluyó que nuestro problema puede haber sido resuelto en otro campo del conocimiento radicalmente diferente. Entonces clasificó las patentes según el tipo de problema que resolvían y constató que los caminos seguidos para solucionar los problemas se repetían elaborando así 40 principios fundamentales para resolver problemas de inventiva basados en una matriz donde colocamos 39 parámetros técnicos que empeoran o mejoran la solución del objetivo. Para encontrar cuales son nuestros parámetros se emplean los siguientes pasos para obtener la solución al problema utilizando la matriz de contradicción de TRIZ

Características que mejoran →	27 Confiabilidad	28 Exactitud de la medida	32 Facilidad para la fabricación	34 Facilidad para la reparación	35 Adaptabilidad o flexibilidad
Características que empeoran ↓					
1 Peso de objeto móvil	1,3,11, 27	28,27, 35,26	27,28, 1,36	2,27, 28,11	29,5, 15,8
7 Volumen objeto móvil	14,1, 40,11	25,26, 28	29,1, 40	19, 35	10
12 Forma	10,40, 16	28, 32,1	1,32, 17,28	2,13, 1	1,15, 29
19 Uso de energía de un objeto móvil	19,21, 11,27	3,1, 32	28, 26,30	1,15, 17,28	15,17, 13,16
36 Complejidad del dispositivo	13, 35, 1	2,26, 10,34	27, 26,1, 13	1, 13	29,15, 28,37

Figura 4.5: Matriz de contradicciones técnicas con las soluciones respectivas.

#### 4.4.1. Descripción de los principios de TRIZ

Se utilizaron algunos de los parámetros técnicos de TRIZ para encontrar la solución al problema. A continuación se describe como se aplicaron los principios de TRIZ mostrados en la tabla anterior de color crema:

1 Segmentación.

a) dividimos el objeto en partes independientes, (El sistema posee partes como: alimentación, medición, procesamiento, salidas).

b) Creamos un objeto seccionado, (El dispositivo cuenta con una tarjeta electrónica, el sensor, la batería, adicionalmente se conecta el cargador).

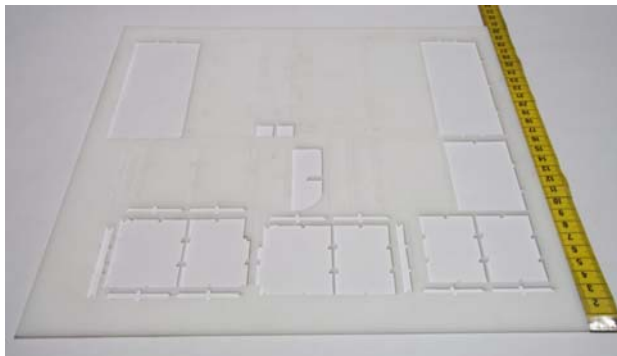


Figura 4.6: Segmentación de las partes que conforman la carcasa.

3 Calidad Local.

a) Transición de una estructura homogénea de un objeto o medio ambiente externo (acción externa), a una estructura heterogénea. (El dispositivo debe ser capaz de detectar los objetos sobre el bastón pero no debe alterara su funcionalidad, la solución es construirlo lo más pequeño y liviano posible).

b) Hacer que diferentes partes del objeto lleven a cavo diferentes funciones. (El mismo microcontrolador maneja el motor de carga desbalanceada así como la luz del led y el pitido del Buzzer).

c) Coloque cada parte del objeto en las condiciones mas favorables para su funcionamiento. (El sensor se coloca en la superficie de la carcasa formando 90° con el bastón, se aprovecha el movimiento del bastón para rastrear los obstáculos, el motor de carga desbalanceada se encuentra cerca de la carcasa, el encendido y el botón de selección de modo de operación están en el mismo lado y el jack de carga eléctrica está en la superficie inferior) Figura 10. Esquema electrónico del circuito del sistema.

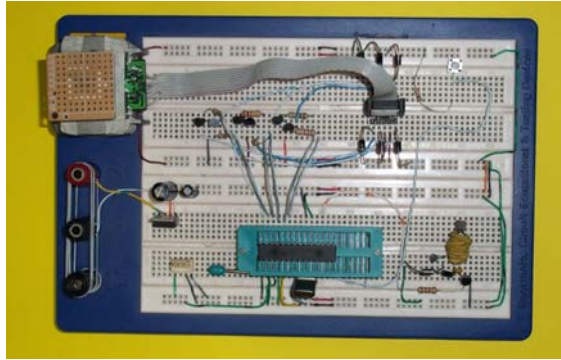


Figura 4.7: Se realizan pruebas de funcionamiento para verificar que el sistema electrónico aproveche al máximo los recursos disponibles por ejemplo los pines libres del microcontrolador, en este ejemplo se desperdician muchos pines con el PIC 16F876A además de ocupar mas espacio que otro PIC mas pequeño.

#### 5 Combinando.

- a) Combine en un espacio objetos homogéneos u objetos destinados a operar contiguamente. (El mismo dispositivo puede ser adaptado a uno u otro bastón, incluso puede ser utilizado sin el mismo para detectar obstáculos).
- b) Combine en tiempo operaciones homogéneas o contiguas. (El programa grabado en el PIC realiza mediciones cada 8 us sin embargo mientras genera la salida para controlar el micromotor continúa midiendo para garantizar la medición).

#### 10 Acción Previa.

- a) Lleve a cavo la acción requerida con anticipación por completo, o al menos una parte. (En el programa grabado en el PIC las líneas de código están ordenadas de tal manera que no se desperdician ciclos de reloj para leer constantemente la distancia del sensor y poder generar la salida simultáneamente y si ocurre una interrupción el programa pasa a estado inactivo o activo de acuerdo a la situación)
- b) Ordene los objetos de tal manera que puedan entrar en acción sin pérdidas de tiempo esperando la acción. (El PIC controla al Buzzer , al led y al micromotor simultáneamente, no existen otros dispositivos que resten tiempo a este control).

#### 11 Precaución Previa.

- a) Compensación por la relativa baja confiabilidad de un objeto por medio de contramedidas tomadas en avance. (El dispositivo se puede adaptar al bastón por medio de un estuche de tela acolchonado que protege al dispositivo de eventuales caídas, golpes, etc)



Figura 4.8: Un ejemplo de adaptación del prototipo al Bastón.

13 Inversión a) Haga una parte movable del objeto o el ambiente exterior inmovible y la parte inmóvil hágala movable. (Aunque el dispositivo es inmóvil al adaptarse en el bastón se convierte en un objeto móvil).

14 Esfericidad.

a) Reemplace partes lineales o superficies planas con otras curvadas, formas cúbicas con formas esféricas. (El diseño electrónico de la tarjeta ha tomado en cuenta estas consideraciones para evitar perturbaciones electromagnéticas, además de la carcasa que también tiene los bordes redondeados) b) Reemplace un movimiento lineal con uno rotatorio, utilice una fuerza centrífuga. (El movimiento semicircular del bastón provee mayor rango de medición para ubicar obstáculos a los costados).

15 Dinámica.

a) Haga características de un objeto, o un ajuste automático del ambiente externo para el desempeño óptimo en cada estación de operación. (El led indica a las personas videntes en la noche la presencia de un No Vidente Transitando para que le brinden facilidades de tránsito).

16 Acciones Parciales.

a) Es difícil obtener un 100% del efecto deseado, ejecute algo de más o de menos para simplificar el problema. (Aquí un punto vital del proyecto, aunque el sistema de medición tiene un error muy bajo, las vibraciones que percibe el No Vidente pueden ser interpretadas erróneamente, por lo tanto se controla con pulsos cuando alejado o cercano está el objeto, entonces un No Vidente con la práctica podría llegar a describir una distancia muy aproximada a la que se encuentra del obstáculo).

17 Otra dimensión.

a) Use un ensamble de objetos en multicapa en lugar de una simple capa. (La tarjeta electrónica fue elaborada en 2 Layers para permitir la reducción del espacio, sobre la cara superior se montan los elementos, debajo de la cara inferior está la batería de litio que ocupa el espacio de la tarjeta electrónica).

b) Incline el objeto o voltéelo como debe estar. (Se aprovecha la inclinación del



bastón respecto a la persona para que la señal de ultrasonido se propague perpendicularmente al bastón blanco) Figura 12. Diseño de las tarjetas a dos Layer.



Figura 4.9: Se utilizaron diferentes materiales para la elaboración de piezas como este cabezal Braille.

#### 19 Acción periódica

- a) Reemplace una acción continua con una periódica, o un impulso. (Se pensaba controlar las vibraciones generadas por el micromotor pero se prefirió controlar la frecuencia con que se producían las mismas manteniendo la amplitud, de esta manera es más fácil su percepción).
- b) Si una acción es periódica, cambie su frecuencia. (La frecuencia varía según la distancia a la que se encuentra el objeto cambiando el duty cycle para que sea más fácil percibirla).
- c) Use pausas entre impulsos para dar acción adicional. (Esto es muy importante, las pausas entre impulsos permiten que en el programa del PIC se pueda continuar midiendo la distancia mientras se generan estos tiempos muertos que son muy pequeños proporcionales a la distancia del objeto).

#### 25 Autoservicio.

- a) Haga que el objeto tenga su propio servicio y ejecute operaciones de reparación suplementarias. (El sistema se alimenta con la energía de la batería, para recargar cuenta con un cargador que tarda un par de minutos en cargar completamente. La batería es de 3.7 voltios a 850mAh por lo que ofrece autonomía de al menos 10 días utilizándola un promedio de 1.5 horas diarias, el cargador que se utiliza para esta batería se consigue fácilmente en el mercado y es fácilmente adaptable).
- b) Haga uso de desperdicios de material y energía. (La carcasa que sostiene a los componentes además de protegerlos de golpes o agua, permite el mantenimiento del sistema, además está ubicado en una parte del mango del bastón donde no interfiere con su uso normal).

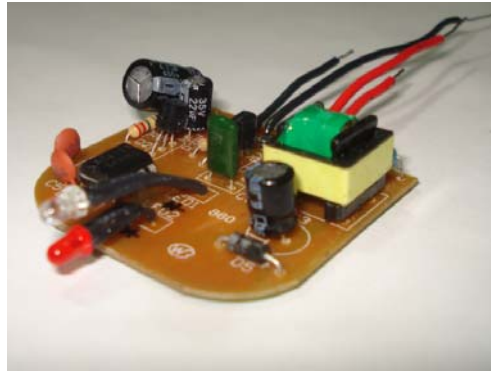


Figura 4.10: Este es el módulo de carga eléctrica. Se lo utiliza de un cargador universal.

26 Copiado.

a) Use una simple y poco costosa copia en lugar de un objeto que es complejo, costoso, frágil o inconveniente de operar. (Es difícil pensar en que el bastón blanco cuyo diámetro posee 13mm de diámetro pueda albergar un sistema electrónico completo a menos que se lo diseñe con componentes mucho más pequeños y que elevarían el costo de producción, por lo tanto se copió la autonomía de un teléfono celular utilizando el mismo principio de alimentación, recarga eléctrica, vibración, sonido, forma, etc. De hecho el cargador del sistema está elaborado casi en su totalidad sobre un cargador universal de baterías cuyo costo es mucho menor al que se podría generar si se lo construyera desde cero).

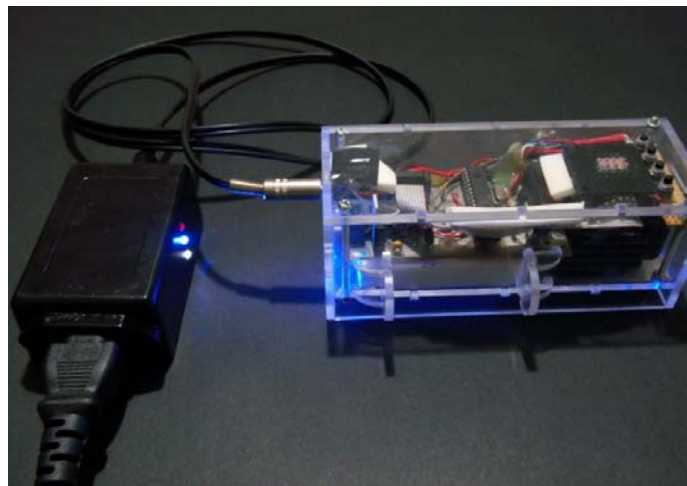


Figura 4.11: Sistema de recarga eléctrica muy económico para el sistema.

27 Objeto barato de vida corta en vez de uno caro y durable.

a) Reemplace un objeto costoso por una colección de algunos poco costosos, comprometiendo otras. (A pesar de que el sistema cuenta con todo el respectivo diseño electrónico se omitieron elementos que al inicio hacían que dispositivo se vuelva

difícil de manejar y sobre todo costoso como por ejemplo el módulo de reproducción MP3 con el que las distancias se entregaban con un audífonos o dos, un sistema Braille que indicaba las distancias de los obstáculos para personas Sordo Ciegas, además gracias a esto se pudo reducir el espacio considerablemente).

28 Reemplazo de sistemas mecánicos.

a) Reemplace el sistema mecánico por uno óptico, acústico u odorífero. (Se pensaba colocar un micro servo que controle el ángulo al cual se enviaba y se recibía la señal pero este sistema electromecánico volvía muy engorroso la utilización del sistema).

b) Use un campo electromagnético, eléctrico o magnético para interacción con el objeto. (La señal de ultrasonido utiliza el espectro electromagnético aunque a una frecuencia muy baja (42.5KHz) comparada con otras señales pero el sensor está diseñado para medir la distancia a esta frecuencia).

40 Materiales compuestos

a) Reemplace materiales homogéneos con compuestos. (El sistema cuenta con todo tipo de materiales, por ejemplo las tarjetas electrónicas son de fibra de vidrio que a su vez son mezcla de otros materiales, el cobre tiene una capa de estaño y plomo para eliminar la oxidación y la tarjeta está barnizada, la carcasa es de acrílico pero puede ser construida por molde con materiales plásticos compuestos).

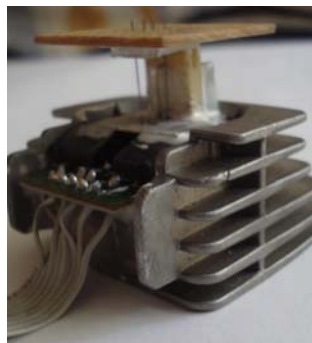


Figura 4.12: Se utilizaron diferentes materiales para la elaboración de piezas como este cabezal Braille.

### 4.5. Análisis de Resultados

En la sección 1.3 se habló de la Conocimiento espacial y de la Percepción cinestésicatáctil, tomando en cuenta estas características y sin afectarlas en la percepción del ambiente se plantearon dos soluciones, las cuales fueron diseñadas para que fuesen lo mas eficientes posibles.

Como se indicó en el capítulo 3, el diseño del sistema consistió en dos diseños que fueron sometidos a pruebas:

### La alternativa 2

Fue la primera en ser evaluada y tomó cerca de 3 meses su desarrollo. Este dispositivo permitió la comunicación entre el No Vidente y el dispositivo por medio de un sistema Braille, un módulo MP3 que indicaba las distancias de forma hablada. Al realizar las pruebas de campo se detectó la total ineficiencia del dispositivo debido a su tamaño y peso:

- Dimensiones: 14x6x6cm → 504cm<sup>3</sup>
- Peso: 0,620Kg → 1, 3668lb
- El 100% de los encuestados rechazaron este diseño como dispositivo adaptable al bastón blanco.

### La alternativa 1

Con el rediseño de este dispositivo que tomó 4 meses se logró simplificar los elementos de modo que el nuevo prototipo permitió la detección de obstáculos de forma mas eficiente y rápida por medio de vibraciones que se transmiten a la mano del usuario quien las percibe mas intensas o mas débiles conforme se aleja o acerca al obstáculo. Se realizó encuestas y pruebas en el SONVA (Sociedad de No Videntes del Azuay) donde se propuso esta solución a cerca de 50 socios. Posterior a esto se les indicó de forma verbal su funcionamiento para posterior a esto permitirles que reconozcan hápticamente lo antes explicado:

- Dimensiones: 6x4x2cm→ 48cm<sup>3</sup>
- Peso: 0.084Kg→ 0, 18518lb
- El 79,86% de los encuestados estaban de acuerdo con las mejoras realizadas en el nuevo diseño.



Figura 4.13: Análisis de las encuestas realizadas a 50 No Videntes del SONVA.

### **Discusión**

Podemos ver que las características del dispositivo de la alternativa 2 posee muchas limitaciones por lo cual este diseño se descartó. El rediseño permitió lograr mejoras que se reflejan en los resultados de las encuestas. Entre las implicaciones técnicas que se mejoraron al construir el prototipo de la alternativa 1 tenemos:

- Uso de una sola batería de 3,7VDC a 850mA.
- Menor costo de producción en serie.
- Menor costo de producción unitario.
- Uso de elementos disponibles en el mercado.
- Menor complejidad de ensamblaje.
- Fácil manejo y adaptación al Bastón Blanco.
- Mayor durabilidad de la batería.
- Fácil reparación en caso de fallos.
- Puede ser utilizado sin el bastón si se desea.

# Conclusiones y Recomendaciones

## Conclusiones

Por medio de esta investigación financiada por la Universidad Politécnica Salesiana en la cual han colaborado personas e Instituciones ha sido posible generar un documento científico con las bases del diseño tecnológico del prototipo que permitirá a los No Videntes contar con una Herramienta adicional al Bastón Blanco basado en señales de Ultrasonido. Esto representa un apoyo a la sociedad eficiente y de bajo costo.

Sistemas similares patentados en otros Países tienen como principal inconveniente la cantidad de materiales e insumos que dificultan su manipulación además de elevar su costo volviéndolos inaplicables para suplir las necesidades de la mayoría de la población de No Videntes del Ecuador.

Como todo proyecto de investigación se partió de información existente, se analizó patentes similares, se comparó las soluciones con los requerimientos de nuestra sociedad. Se resolvió los conflictos de inventiva con el método de TRIZ aportando significativamente al diseño tecnológico.

Se pudo comprobar que los No Videntes se adaptan fácilmente a los diferentes ambientes orientándose de acuerdo al sonido, al reconocimiento del lugar, al tacto. Por lo tanto NO SE DEBE implementar un sistema que reste la percepción de estos sentidos. Por ejemplo el Bastón Blanco refuerza el tacto, el Perro guía al No vidente por el reconocimiento del lugar, un vehículo al pasar alerta su presencia por el sonido del motor. El uso de audífonos o un teclado Braille dificultarían enormemente su sentido de orientación por este motivo no deben ser considerados en el diseño de sistemas guía.

## Recomendaciones

La implementación de este dispositivo en nuestro medio requiere apoyo de instituciones para que sea accesible a este grupo de personas dado que el factor económico es el principal impedimento para el uso de sistemas guía.

Para incorporar el dispositivo en el Bastón Blanco se recomienda el diseño de un mango de aluminio con las medidas acorde a la tarjeta electrónica con un ancho máximo de 2.5cm para ubicación de sensores, utilizar elementos de montaje superficial y cambiar el uso de baterías de litio por pilas de forma cilíndrica ocupando el volumen del mango que tiene aproximadamente 27cm de largo por 2.5cm de diámetro. Además es necesaria la cooperación de empresas que construyen este tipo de herramientas ortopédicas.

# Bibliografía

- [1] D. U. Campos-Delgado, H. Briones, J. A. Morales-Saldana, and C. Gutierrez. Modelado y analisis de convertidores cd-cd cuadraticos.
- [2] C. V. Chamorro. Metodología TRIZ para la Innovación Tecnológica e Inventiva. *Universidad Federal de Santa Catarina del Brasil*, pages 1–9, 2010.
- [3] D. K. Cheng. *Fundamentos de electromagnetismo para ingeniería*. México, 1993.
- [4] M. C. G. Ciria. *La construcción del espacio en el niño a través de la información táctil*, 1993. 1.3.0.1
- [5] M. de Educaciòn c. del Ecuador. Boletín de Discapacidad visual. *Instrumentación técnico pedagógica de la educación especial en el ecuador*, pages 10 – 11, 2003. 1.1
- [6] G. Didáctica and P. la Lectoescritura. GUÍA DIDÁCTICA PARA LA LECTOESCRITURA BRAILLE. *España. Madrid*, pages 24–37, 2004. 1.2
- [7] G. M. Elchinger, Cambridge, and Mass. Mobility cane for the blind incorporating ultrasonic obstacle sensing apparatus. *United Status*, pages 1–10, 1981.
- [8] G.M. Elchinger. Mobility cane for the blind incorporating ultrasonic obstacle sensing apparatus, July 21 1981. US Patent 4,280,204.
- [9] V. Martínez. *Estudio de la Técnica y Aplicación del Método Triz a Proyecto de Energía Undimotriz Nanaku Wave Energy*. 2010.
- [10] I. Martínez-Liévana. Â«Condillac: Conocimiento y mundo externoÂ». *Endoxa*, (11):297 – 320, 1999. 1.3
- [11] C. Pérez et al. Anne sullivan, helen keller, el bastón blanco y los perros guía. *Polibea*, (85):31–32, 2007. 1.4
- [12] G. Revesz. *Psychology and art of the blind*, 1950.
- [13] U. P. Salesiana. Maestría en educación especialidad con mención en educación en de las personas con discapacidad visual. page 43, 2007. 1.1, 1.2



- [14] S. D. Savransky. *Engineering Of Creativity*. 2000. 3
- [15] S. Wagner and R. Guillermo. Diseño e implementación de un prototipo basado en la tecnología RFID para la identificación de objetos de uso común dirigido a personas con discapacidad visual. page 2, 2007. 1.1
- [16] H. G. Wells. *El País de los ciegos*. 2010. 1
- [17] Y. Wen, H. Su, and G. Lu. Outdoor blind guidance service system and method oriented to blind disturbance people. 2009 - 07 - 15.
- [18] Y. Wen, H. Su, and G. Lu. Outdoor blind guidance service system and method oriented to blind disturbance people. 2009 - 07 - 15.