

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE BASTÓN SENSORIAL
PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL, ASESORADO POR EL
INSTITUTO NACIONAL PARA CIEGOS INCI.**

YESID GÓMEZ CASTILLO

**FUNDACIÓN UNIVERSITARIA SAN MARTÍN
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ, COLOMBIA
2008, Julio**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE BASTÓN SENSORIAL
PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL, ASESORADO POR EL
INSTITUTO NACIONAL PARA CIEGOS INCI.**

YESID GÓMEZ CASTILLO
012033
yesidgomezcastillo@yahoo.com.mx

MONOGRAFÍA DE GRADO

ASESOR TÉCNICO
ING. RAMSÉS MARTÍNEZ

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA SAN MARTÍN
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ, COLOMBIA
2008, Julio

Nota de Aceptación:

ING. RAMSÉS MARTÍNEZ
Asesor

ING. HANS LÓPEZ
Jurado

ING. DIEGO URBANO
Jurado

Bogotá, 11 de Julio de 2008.

*Este gran triunfo se lo dedico: Especialmente a mis padres **Nolberto Gómez Chacón** y **Ana Rosa Castillo González** (QEPD), a mi hermano **Berceli Gómez Castillo**, quienes me dieron su apoyo y respaldo incondicional para seguir adelante. A todos ellos les dedico este triunfo con todo mi corazón, Muchísimas gracias.*

AGRADECIMIENTOS

Un sincero agradecimiento a todas aquellas personas que de manera directa o indirecta contribuyeron al desarrollo de este proyecto, a los diferentes compañeros de clase que durante toda la carrera, me ayudaron a superar los diferentes obstáculos.

Un especial agradecimiento a mi asesor el Ingeniero Ramsés Martínez por ayudarme y aclararme las diferentes dudas en el desarrollo del mismo.

A los distintos funcionarios y estudiantes del INCI quienes colaboraron en el desarrollo de las pruebas del prototipo, a Héctor Mafla por su acompañamiento en el desarrollo del proyecto.

A mis familiares, amigos, y los distintos profesores que hicieron de este joven un ingeniero.

CONTENIDO

	Pág.
1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCIÓN	2
3. OBJETIVOS.....	4
3.1 OBJETIVO GENERAL	4
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
4. MARCO TEÓRICO	5
4.1 ANTECEDENTES	5
4.2 LIMITACIÓN VISUAL EN COLOMBIA	5
4.2.1 ¿Qué es limitación visual? [INCI2007]	5
4.2.2 Orientación y movilidad [INCI2003]	7
4.3 TEORÍA DE LAS ONDAS.....	11
4.3.1 Movimiento ondulatorio.....	12
4.3.2 Tipos de ondas.....	12
4.3.3 Ondas sonoras.	14
4.3.4 Características ondulatorias.....	15
4.3.5 Ondas planas y esféricas.....	16
4.3.6 Propagación rectilínea	17
4.3.7 Fenómenos ondulatorios.....	17
4.3.8 Principio de superposición	19
4.3.9 Efecto Doppler	19
4.4 EL ULTRASONIDO.....	20
4.4.1 Historia del ultrasonido [UVAT2006].....	20
4.4.2 Generadores de ultrasonido [RECU1995].....	21
4.4.3 Propagación de ultrasonidos [RECU1995].....	21
4.4.4 Detectores de ultrasonido	22
4.4.5 Aplicaciones del ultrasonido	24
4.5 USB BUS SERIE UNIVERSAL [PABL2007].....	27
4.5.1 Topología	28
4.5.2 Funcionamiento	28
4.5.3 Tipos de transferencia	29
4.5.4 Señalización y conectores	30
4.5.5 Potencia.....	31
4.5.6 Clases de dispositivos.....	32
4.6 EL MICROCONTROLADOR.....	33
4.6.1 PIC18F2550	34
4.6.2 Firmware [MICR2007].....	36
4.6.3 Emulación del puerto RS-232 sobre USB [MICR2007]	40

4.7	SOFTWARE.....	42
4.7.1	Scilab.....	42
4.7.2	Mplab v7.5 y C18 Compiler.....	43
4.7.3	CircuitMaker2000.....	43
4.7.4	Proteus. [PROT2007].....	44
4.8	ESTADO DEL ARTE.....	45
5.	DESARROLLO.....	46
5.1	SISTEMA DE CONTROL.....	46
5.1.1	Firmware.....	46
5.2	DESARROLLO DE CIRCUITOS.....	47
5.2.1	Circuito de alimentación.....	47
5.2.2	Circuito de control.....	50
5.2.3	Sensores.....	51
5.2.4	Circuito de respuesta al usuario.....	52
5.3	DESARROLLO DEL SOFTWARE.....	53
5.3.1	Software del microcontrolador.....	53
5.3.2	Software del administrador.....	61
6.	PRUEBAS Y RESULTADOS.....	65
6.1	EQUIPOS.....	65
6.1.1	Equipo 1.....	65
6.1.2	Equipo 2.....	65
6.2	PRUEBAS DE CONEXIÓN.....	66
6.2.1	Características de la prueba de conexión.....	66
6.2.2	Resultados de la prueba de conexión.....	66
6.3	PRUEBA DE TRANSMISIÓN DE DATOS DESDE Y HACIA EL PC.....	67
6.3.1	Características de la prueba de transmisión.....	67
6.3.2	Resultados de las pruebas de transmisión.....	67
6.4	PRUEBA DE CARGA Y DESCARGA DE LA BATERÍA.....	68
6.4.1	Características de la prueba de carga y descarga de la batería.....	68
6.4.2	Resultados de las prueba de carga y descarga de la batería.....	68
6.5	PRUEBA DE TIEMPOS DEL SRF05 EN MODO 1.....	69
6.6	PRUEBAS DE MEDICIÓN DE DISTANCIA.....	69
6.6.1	Características de la prueba de medición de distancia.....	69
6.6.2	Resultados de la prueba de medición de distancia.....	70
6.7	PRUEBAS DEL PROTOTIPO.....	72
6.7.1	Personas que participaron.....	72
6.7.2	Prueba número 1.....	73
6.7.3	Prueba número 2.....	74
6.7.4	Prueba número 3.....	75
6.7.5	Resultados de las pruebas realizadas en el INCI.....	76

7.	CONCLUSIONES	78
8.	RECOMENDACIONES.....	80
9.	TRABAJO FUTURO.....	81
10.	GLOSARIO	82
11.	BIBLIOGRAFÍA.....	83
11.1	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
11.2	REFERENCIAS DE INTERNET.....	83
11.3	REFERENCIAS AUDIOVISUALES.....	85
12.	ANEXOS	

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1: Personas registradas con discapacidad visual, según estrato [DANE2006]</i>	<i>3</i>
<i>Figura 2: Bastón plegable [INCI2003].....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 3: Clasificación de las ondas según la dirección de desplazamiento [ENCA2005].</i>	<i>12</i>
<i>Figura 4: Rayo refractado que atraviesa 3 medios diferentes [ENCA2005].....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 5: Generador ultrasónico. Esquema general. [UVAT2006]</i>	<i>21</i>
<i>Figura 6: Detectores electrónicos [SUPE2007].....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 7: Ecografía de ovarios [DUND2006].....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 8: Ecografía tridimensional [DUND2006]</i>	<i>25</i>
<i>Figura 9: Tipos de conectores USB [USBO2007].....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 10: Medidas de los conectores USB [USBO2007].</i>	<i>31</i>
<i>Figura 11: Diagrama de pines PIC18F2550 [MICR2007].....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 12: Ubicación del Firmware.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 13: Equivalencia de comunicaciones seriales funcionales [MICR2007].</i>	<i>40</i>
<i>Figura 14: Regulador de corriente cargador de baterías [NATI2007].</i>	<i>48</i>
<i>Figura 15: Circuito de alimentación completo.</i>	<i>50</i>
<i>Figura 16: Circuito de polarización.</i>	<i>51</i>
<i>Figura 17: Circuito de respuesta al usuario con motor.</i>	<i>52</i>
<i>Figura 18: Diagrama de bloques del circuito de control sin conexión USB.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 19: Diagrama de tiempos SRF05 en modo 1 [DEVA2008].....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 20: Diagrama de bloque del circuito de control con conexión USB.....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 21: Diagrama de bloque del software del administrador.</i>	<i>62</i>
<i>Figura 22: Interfaz gráfica del administrador del dispositivo.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 23: vista de la distancia en Scilab de un objeto a 54 cm.</i>	<i>64</i>
<i>Figura 24: Obstáculos (botella plástica con agua, muñeco de peluche)</i>	<i>70</i>
<i>Figura 25: Prototipo tipo pistola.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 26: Prototipo ajustable al bastón, Circuito Interno y con bastón.</i>	<i>76</i>
<i>Figura 27: Prueba en la calle, Walter Azula, Héctor Mafla</i>	<i>76</i>

LISTA DE FÓRMULAS

	Pág.
<i>Ecuación 1: Forma general de velocidad para las ondas mecánicas [SERW1999].</i>	15
<i>Ecuación 2: Corriente de salida del LM317 [NATI2007].</i>	48

LISTA DE TABLAS

Pág.

<i>Tabla 1: Distribución por sexo de discapacitados visuales según edad [DANE2006]</i>	2
<i>Tabla 2: Velocidad del sonido en diversos medios [SERW1999]</i>	16
<i>Tabla 3: Tipos de ondas, movimiento y aplicación. [RECU1995]</i>	22
<i>Tabla 4: Tipos de velocidades en la comunicación [USBO2007]</i>	27
<i>Tabla 5: Pines de un cable USB [PABL2007].</i>	31
<i>Tabla 6: Clases de dispositivos USB [USBO2007].</i>	33
<i>Tabla 7: Resumen de las funciones USB UART [MICR2007].</i>	41
<i>Tabla 8: Selección del cristal y condensadores [MICR2007].</i>	51
<i>Tabla 9: Posibles datos de reprogramación para el dispositivo.</i>	57
<i>Tabla 10: Resultados de las pruebas de conexión.</i>	66
<i>Tabla 11: Resultados de la prueba de transmisión.</i>	67
<i>Tabla 12: Tiempo de duración de batería de acuerdo al tiempo de carga.</i>	68
<i>Tabla 13: Resultados con obstáculo 1, hoja tamaño carta</i>	70
<i>Tabla 14: Resultados con obstáculo 2, botella plástica con agua.</i>	71
<i>Tabla 15: Resultados con obstáculo 3, muñeco de peluche.</i>	71

LISTA DE ANEXOS

Anexo A: Descripción general del módulo SRF05.

Anexo B: Características generales del PIC18F2550.

Anexo C: Manual de instalación.

Anexo D: Manual de usuario.

Anexo E: Preguntas y respuestas de las pruebas realizadas en el INCI.

Anexo F: Carta de aprobación del prototipo por parte del INCI.

Anexo G: Costos de implementación del prototipo.

1. RESUMEN

El prototipo implementado para este proyecto, consiste en añadirle a un bastón común, un sistema electrónico que permita dar aviso a una persona con limitación visual, de posibles obstáculos que se encuentren frente a él. Para tal fin, se plantean una serie de circuitos como son: circuito de alimentación, control, comunicación, y de respuesta al usuario, que unidos logran cumplir con este propósito.

El circuito de alimentación consta de una batería recargable y un sistema para la recarga de la misma, la batería suministra la corriente necesaria para el funcionamiento correcto del dispositivo.

El circuito de control se encarga de: Activar el sensor de distancia que opera con ultrasonido, el cual envía al circuito de control, el tiempo que tarda la onda ultrasónica en ir y volver. Pasar el tiempo a una medida métrica (distancia en centímetros), para posteriormente activar el circuito de respuesta al usuario, el cual se encarga de transmitir una pequeña vibración al usuario del dispositivo que depende de la distancia a la cual se detecte el obstáculo.

El prototipo también es capaz de establecer una comunicación con cualquier PC, a través del puerto *USB*. Por medio de una interfaz gráfica se realiza la comunicación entre el PC y el prototipo, a través de la interfaz gráfica se pueden realizar diferentes funciones como lo son: visualización de la distancia a la cual se encuentra un determinado obstáculo, cambios en la programación del dispositivo (distancia máxima que mide el dispositivo, entre 60 cm. y 250 cm.), verificación de la programación del dispositivo (distancia máxima que mide el dispositivo)

Finalmente, se puede mostrar la funcionalidad del prototipo, con las diferentes pruebas y resultados obtenidos, en especial con las pruebas realizadas en el INCI, dado que estas pruebas recogen los aportes en opiniones, que presentaron algunas personas que participaron de las pruebas el proyecto, sentando de esta manera el prototipo a las necesidades reales de las personas con discapacidad visual.

2. INTRODUCCIÓN

A través de los tiempos, las personas con limitación visual se han movilizadas con ayuda de un lazarillo, acompañante o por el tradicional bastón blanco. Algunos de los dispositivos electrónicos creados para tal fin, han permitido que la movilidad sea mayor, pero los costos de estos dispositivos pueden ir desde los “762 Euros hasta los 2.286 Euros” [FONA2006], es decir entre unos \$2.362.000 hasta unos \$ 7.086.000 pesos aproximadamente¹, por tal motivo, un alto porcentaje de los limitados visuales en Colombia, no pueden acceder a esta tecnología. Para tal efecto como estudiante de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones y con la asesoría del INCI, se desarrollará este proyecto.

Como se ve en la Tabla 1, “La población con discapacidad visual registrada hasta ahora, presenta mayor número de hombres; 19.245 (50,5%) contra 18.885 mujeres (49,5%), pero hay diferencias según los rangos de edad; en los grupos de edad hasta los 44 años es mayor la proporción de hombres, a partir de 45 años es mayor la cantidad de mujeres con discapacidad visual”. [INCI2007].

Edades (Años)	Mujer		Hombre		Total	%
0 a 5	476	47,1%	534	52,9%	1.010	2,6%
06 a 13	1.928	47,6%	2.124	52,4%	4.052	10,6%
14 a 20	1.135	45,8%	1.342	54,2%	2.477	6,5%
21 a 30	1.083	45,0%	1.323	55,0%	2.406	6,3%
31 a 44	2.154	49,0%	2.246	51,0%	4.400	11,5%
45 a 59	3.471	50,9%	3.343	49,1%	6.814	17,9%
60 y mas	8.638	50,9%	8.333	49,1%	16.971	44,5%
Total	18.885	49,5%	19.245	50,5%	38.130	100,0%

Tabla 1: Distribución por sexo de discapacitados visuales según edad [DANE2006]

En la Figura 1 se puede observar que “El 49.8% de la población registrada (18.995 personas) habita en el estrato 1, el 33.7% en el estrato 2, 8.4% en el estrato 3 y en los estratos 4, 5 y 6 habita solo el 0.7% de la población registrada (270 personas)”. [INCI2007].

¹ Estos valores corresponden a una tasa de cambio de 3000 pesos por Euro.

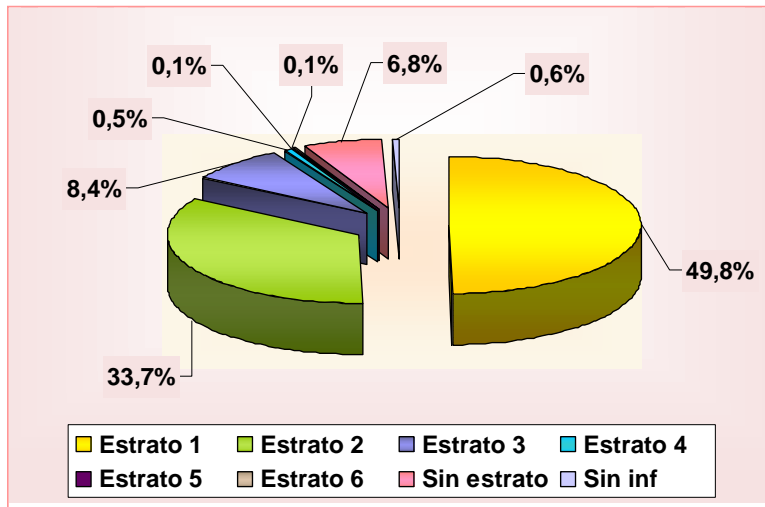


Figura 1: Personas registradas con discapacidad visual, según estrato [DANE2006]

Según las estadísticas anteriores, las personas con discapacidad visual de bajos recursos, es decir: los que se encuentran en los estratos 1 y 2, que conforman un 83.5% de discapacitados visuales registrados, no pueden acceder a esta tecnología, por los costos que ello implica, por tal motivo se realizará este proyecto, que tiene como finalidad elaborar un bastón electrónico de bajo costo¹ y que brinde una mayor movilidad evitando posibles obstáculos en una ruta determinada, permitiendo que se creen una imagen del medio a su alrededor.

¹ Ver Anexo G: Costos de implementación del prototipo.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un prototipo de bastón sensorial electrónico para personas con discapacidad visual.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Escoger un sistema de control adecuado para la implementación del bastón electrónico.
- Determinar el tipo de sensores adecuados para el desarrollo del proyecto.
- Determinar que Interfaz es la adecuada, para que la persona que utilice el dispositivo sepa a que distancia se encuentra un determinado obstáculo, además que interactué de una manera amigable con el beneficiario.
- Determinar que tipo de ergonomía del bastón se ajusta más a las necesidades de los discapacitados y que condiciones debe cumplir.
- Realizar dentro del mismo un sistema para la recarga de baterías.
- Implementar una interfaz de comunicación “*USB*” con el computador para permitir el ajuste de parámetros del sistema electrónico.
- Crear una interfaz gráfica que permita el entendimiento y funcionamiento del sistema del prototipo, con el administrador.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 ANTECEDENTES

A través de los años las personas con discapacidad visual, se movilizan llevando consigo un bastón, perro guía o un acompañante, que los guía a través de los diferentes sitios donde desean moverse, el bastón a través de los años ha tenido cambios en su forma, peso, material entre otras características, pero constituye un elemento básico que estas personas tienen, para palpar el medio a su alrededor.

Como se mencionó anteriormente, en el mercado actual existen algunos dispositivos electrónicos que permiten a las personas con discapacidad visual, moverse más rápido, casi todos ellos utilizan como tecnología de sondeo el ultrasonido, otros utilizan láser para una mayor precisión, pero entre más preciso es el dispositivo, los costos se elevan más, alcanzando valores que personas con discapacidad visual de estratos bajos no pueden pagar.

4.2 LIMITACIÓN VISUAL EN COLOMBIA

4.2.1 ¿Qué es limitación visual? [INCI2007]

El término **LIMITACIÓN VISUAL** se refiere, tanto a la **CEGUERA** como a la **BAJA VISIÓN**.

4.2.1.1 Ceguera

Se define así: “Falta de visión. Desde un punto de vista oftalmológica se llama ceguera, en sentido estricto, a la ausencia total de percepción visual, incluyendo la percepción luminosa”.

Existen varias clases de ceguera:

- La central.
- La diurna.
- La histérica.
- La nocturna.
- La ceguera al color.

4.2.1.1.1 Ceguera central

Se dice de toda ceguera en la que se descarta patología ocular y en la que se sitúen las lesiones orgánicas en el córtex visual a nivel de los lóbulos occipitales. Sus causas más frecuentes son de origen isquémico o tumoral.

4.2.1.1.2 Ceguera diurna

Mala visión en ambientes muy luminosos. Se da acompañada de fotofobia en las acromatopsías y de síndrome de disfunción de conos. También ocurre en opacidades corneales o cristalínianas centrales, por causa de la miosis diurna que empeora la visión.

4.2.1.1.3 Ceguera histérica

Pérdida de visión sin causa orgánica o neurológica que la justifique. El diagnóstico diferencial con las cegueras corticales, que a veces son similares, se hace por el estudio de los potenciales evocados visuales que son normales en este tipo de ceguera.

4.2.1.1.4 Ceguera nocturna

Mala visión en ambientes poco iluminados. Se da en enfermedades que afectan al sistema retiniano, en degeneraciones como la retinopatía pigmentaria y también en estados carenciales con déficit de vitamina A.

4.2.1.1.5 Ceguera al color

Anomalía congénita, por lo general transmitida según la forma autosómica recesiva, caracterizada por la falta de percepción de los colores. Sólo se perciben tonalidades blancas, negras y grises. Hay una reducción grande del número de conos retinianos y existen otros conos anormales en su estructura y funcionamiento.

4.2.1.1.6 ¿Qué es la ceguera legal?

El ciego legal en Colombia está definido en el artículo No. 6 del Decreto No. 2156 de noviembre de 1972, de la siguiente manera:

- a. Ausencia total de la vista.
- b. Agudeza visual no superior a 1/10 ó 20/200 en el mejor ojo, después de su corrección.
- c. Limitación en el campo visual hasta un ángulo no mayor de 20 grados.

Esta clasificación la utilizaron muchos pacientes simuladores y es aplicable para inhabilitar laboralmente a un trabajador.

4.2.1.2 Baja visión

Una persona con visión baja es aquella con una incapacidad de la función visual aún después de tratamiento y/o corrección refractiva común, con agudeza visual en el mejor ojo de 6/18 a percepción de la luz (PL) o campo visual menor de 10 grados desde el punto de fijación, pero que use o que sea potencialmente capaz de usar la visión para planificación y ejecución de tareas. (OMS, 1992).

4.2.2 Orientación y movilidad [INCI2003]

El área de orientación y movilidad es una de las más importantes dentro de la rehabilitación funcional de una persona limitada visual, pues es a través de ésta

que el limitado llega a ser independiente en sus movimientos y puede lograr una integración en el medio que se desenvuelve.

4.2.2.1 ¿Qué es orientación?

Se define orientación como el proceso por el cual el limitado visual utiliza los sentidos restantes para establecer su propia posición en relación con los objetos que le rodean. Este proceso se aprende, es mental, intelectual y perceptivo.

4.2.2.2 ¿Qué es movilidad?

Por movilidad se entiende la capacidad que tiene una persona para desplazarse de un lugar a otro. Cuando la persona aprende a moverse se produce un sentido de independencia y a la vez logra una integración social y familiar.

4.2.2.2.1 Habilidades que se requieren para moverse

Paralelamente al manejo del bastón se debe realizar un entrenamiento para el desarrollo de algunas habilidades que a continuación se describen:

- Hacer uso de los sentidos restantes.
- Desarrollar la habilidad para la ubicación de puntos cardinales.
- Aprender a tomar una dirección de un punto a otro.
- Recorrido mecanizado.

4.2.2.2.2 Técnicas de pre-bastón

Estas técnicas consisten en brindar a los limitados visuales algunas técnicas que faciliten la orientación y desenvolvimiento en lugares cerrados.

1. *Técnica de rastreo*: le permite a la persona limitada visual determinar espacios, reconocerlos y ubicarse en un sitio determinado.

2. *Técnica de encuadre*: permite tomar un punto de partida para marcar una dirección hacia el objetivo en línea recta.
3. *Técnica diagonal*: permite la protección del cuerpo, en caso de que la persona dentro de su desplazamiento se tropiece con objetos localizados a la altura de la cintura.
4. *Técnica de cubrirse*: permite la protección de la cara contra los objetos que se encuentran a la altura de ésta.
5. *Técnica de alinearse*: permite seguir una dirección con apoyo de un objeto (mesa, silla etc.) para llegar a un punto determinado.
6. *Técnica para recoger objetos*: facilita a la persona limitada visual la búsqueda de objetos que se caigan.
7. *Técnica para el uso de la silla*: facilita a la persona limitada visual la ubicación de una silla.
8. *Técnica de guía vidente*: facilita a la persona limitada visual un desplazamiento seguro sin el uso del bastón.

4.2.2.3 El bastón

El bastón permite a la persona limitada visual independencia en sus movimientos.

4.2.2.3.1 Características del bastón

Existen muchas clases de bastones que pueden ser utilizados por una persona con discapacidad visual para desplazarse en los diferentes sitios. Los dos tipos de bastones más utilizados son:

El bastón plegable compuesto por 5 o más cañas unidas por un elástico que permite tener el bastón abierto o doblarlo y guardarlo en un bolsillo o bolso, este se recomienda para caminar por zona urbanas, en la Figura 2 se observa un bastón plegable.

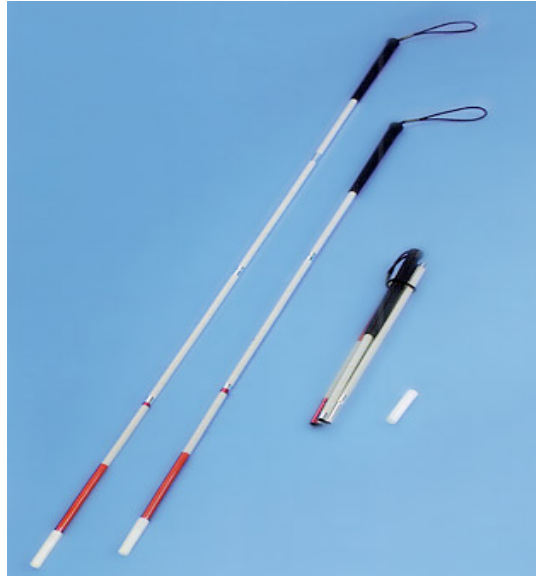


Figura 2: Bastón plegable [INCI2003].

El bastón rígido se recomienda para caminar por zonas rurales (campo abierto montañas, etc.) dado que es mejor utilizar un bastón fuerte y fijo que permita no solo obtener información del suelo sino que también le pueda servir de apoyo, cuando lo necesite.

Para escoger el bastón más apropiado deberá cumplir los siguientes requisitos:

1. El tamaño del bastón es importante para garantizar la seguridad y comodidad de la persona que lo usa. Para calcular el tamaño del bastón se calcula de acuerdo a la altura de la persona, se debe tomar la medida desde el piso hasta la apófisis del esternón (parte saliente del hueso, mas o menos en el centro del pecho).
2. Que sea liviano y fácil de manipular.

4.2.2.3.2 ¿Para qué se usa el bastón?

El bastón tiene varias funciones:

1. La fundamental es proporcionar protección a la persona limitada visual.

2. Que sirve como informador dado que se convierte en una prolongación de la mano.
3. indicador, dado que las personas que están alrededor se informan de la presencia de una persona con discapacidad visual.

4.2.2.3.3 Técnicas para el uso del bastón

El bastón puede manejarse con las dos manos o con una mano, cuando el limitado visual lo sostiene éste debe alcanzar por lo menos un metro delante de él. A continuación se describen una serie de técnicas para el manejo del bastón:

1. *Técnica de Hoover*: Creada por Richard Hoover, para uso general en espacio abierto, el bastón debe moverse realizando un semicírculo de derecha a izquierda, la punta del bastón debe tocar el piso en los dos extremos del semicírculo.
2. *Técnica de desplazamiento*: esta técnica permite a la persona limitada visual desplazarse por sitios cerrados, el bastón deberá ir colocado en posición diagonal con la punta en el borde que esta entre la pared y el suelo.
3. *Técnica de toque*: permite dar mayor seguridad en el desplazamiento estando en terrenos montañosos o disparejos, consiste en tomar el bastón por el mango en forma de agarre.
4. *Técnica para subir y bajar escaleras*: permite que la persona con discapacidad visual pueda subir y bajar escaleras sin ayuda.

4.3 TEORÍA DE LAS ONDAS

La teoría física de las ondas es uno de los fundamentos teóricos del proyecto, a continuación se dará una breve descripción de cada concepto, profundizando en los temas correspondientes a esta implementación.

4.3.1 Movimiento ondulatorio

“Proceso por el que se propaga energía de un lugar a otro sin transferencia de materia, mediante ondas mecánicas o electromagnéticas. En cualquier punto de la trayectoria de propagación se produce un desplazamiento periódico, u oscilación, alrededor de una posición de equilibrio”. [ENCA2005].

Como un ejemplo, al tocar una cuerda de guitarra, ésta tiene un movimiento característico llamado movimiento ondulatorio, que consiste básicamente en variaciones del movimiento la cuerda.

4.3.2 Tipos de ondas

Existen dos maneras de clasificar las ondas, dependiendo de la dirección en que las partículas se desplazan (ondas longitudinales y transversales), o dependiendo del medio que utilizan para desplazarse (ondas Mecánicas y ondas Electromagnéticas).

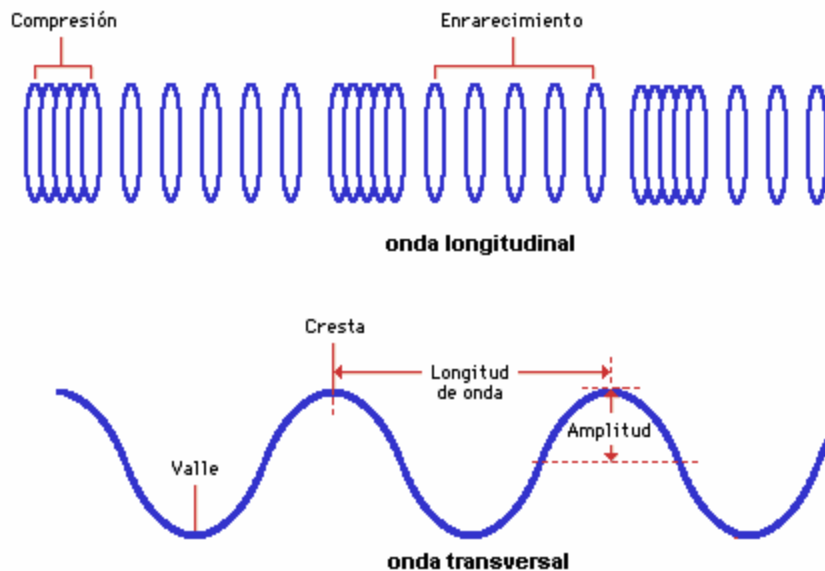


Figura 3: Clasificación de las ondas según la dirección de desplazamiento [ENCA2005].

4.3.2.1 Ondas longitudinales

Las ondas longitudinales, se dan cuando la vibración es paralela a la dirección de propagación de la onda, como se observa en la Figura 3. Como un ejemplo, cuando las personas hablan, las ondas sonoras se dirigen hacia el frente¹. “Una onda longitudinal siempre es mecánica y se debe a las sucesivas compresiones (estados de máxima densidad y presión) y enrarecimientos (estados de mínima densidad y presión) del medio. Las ondas sonoras son un ejemplo típico de esta forma de movimiento ondulatorio”. [ENCA2005].

4.3.2.2 Ondas transversales

En las ondas transversales, las vibraciones son perpendiculares a la dirección de propagación de la onda, esto quiere decir que a diferencia de las ondas longitudinales, estas se propagan en todos los sentidos con una intensidad igual, como un ejemplo, si se ve una antena de radiodifusión, y con un radio de mano, se comienza a girar alrededor de la antena, se dan cuenta que la intensidad de la señal es la misma, no importa en que dirección se esté de la antena.

“Las ondas transversales pueden ser mecánicas, como las ondas que se propagan a lo largo de una cuerda tensa cuando se produce una perturbación en uno de sus extremos (ver Figura 3), o electromagnéticas, como la luz, los rayos X o las ondas de radio. En esos casos, las direcciones de los campos eléctrico y magnético son perpendiculares a la dirección de propagación”. [ENCA2005].

4.3.2.3 Ondas mecánicas

Las ondas mecánicas necesitan de un medio material para transmitirse, como lo es el aire, como un ejemplo, en el momento que la cuerda de la guitarra vibra, hace vibrar las moléculas de aire produciendo un sonido. Para el desarrollo del proyecto se trabaja con las ondas sonoras en el rango del ultrasonido.

¹ Por efecto de propagación de las ondas, la mayor intensidad de las mismas estará frente al emisor, mientras que la menor intensidad se encontrara detrás del emisor.

4.3.2.4 Ondas electromagnéticas

Las ondas electromagnéticas no necesitan de ningún medio material para propagarse, estas se propagan a través de todo el espectro electromagnético. Un ejemplo claro de estas, son las ondas de radio, televisión, rayos X, la luz, infrarrojo entre otras.

4.3.3 Ondas sonoras.

“Cuando las ondas viajan, las partículas del medio vibran para producir cambios de densidad y presión a lo largo de la dirección de movimiento de la onda. Estos cambios originan una serie de altos y bajos llamados condensaciones y rarefacciones, hay tres categorías de ondas mecánicas que abarcan diferentes intervalos de frecuencia, y son las ondas audibles, las ondas infrasónicas y las ondas ultrasónicas”. [SERW1999]

4.3.3.1 Las ondas audibles

Las ondas audibles, como su nombre lo indica, corresponde al tipo de ondas que se pueden oír. “Conocidas como ondas sonoras son las que están dentro del intervalo de sensibilidad del oído humano, por lo común de 20Hz a 20 kHz. Pueden generarse de diferente manera ya sea con instrumentos musicales, cuerdas bucales humanas y altavoces” [SERW1999]. Habrá algunas que el oído, por la evolución que ha tenido a través del tiempo, no se puedan oír, se tendría que educar al oído, de tal manera que se escuchasen los sonidos que se encuentran fuera de su alcance o rango.

4.3.3.2 Las ondas infrasónicas

Este tipo de ondas se encuentra por debajo de las ondas audibles, es decir que su vibración es menor, lo cual hace que nuestro oído no las pueda escuchar¹. “Son las que tienen frecuencias debajo de las audibles, como ejemplo las ondas producidas por un terremoto”. [SERW1999]

¹ Algunos animales escuchan sonidos a una baja frecuencia, es el caso de las serpientes, que perciben vibraciones a través del suelo o de cualquier objeto con el que estén en contacto.

4.3.3.3 Las ondas ultrasónicas

“Son aquellas cuya frecuencia esta por arriba del intervalo audible 20kHz. Se pueden generar al inducir vibraciones en un cristal de cuarzo con un campo eléctrico alterno aplicado”. [SERW1999]. Para este proyecto, se trabajó con este tipo de ondas, básicamente se encuentran por encima de las ondas audibles, esto significa que la vibración es mucho mayor, o la vibración de partículas es tan grande que el oído humano no las puede escuchar.

4.3.4 Características ondulatorias

Hace referencia a las características que tienen las ondas, como lo es su velocidad, frecuencia, longitud, amplitud entre otras, a continuación se dará una breve descripción de cada concepto.

4.3.4.1 Generalidades de la velocidad de las ondas

“La velocidad depende de una propiedad elástica del medio y de una propiedad inercial del medio. De hecho, la velocidad de todas las ondas mecánicas se obtiene de una expresión de la forma general (ver Ecuación 1), a continuación se ve en la Tabla 2 la velocidad del sonido en diversos medios”. [SERW1999].

$$v = \sqrt{\frac{\text{Propiedad elástica}}{\text{propiedad inercial}}}$$

Ecuación 1: Forma general de velocidad para las ondas mecánicas [SERW1999].

La velocidad en el caso del sonido, también depende de la altitud, debido a que la presión atmosférica es mayor a mayor altitud, esto hace que la velocidad del sonido sea menor, a medida que se sube en altitud.

Tabla 1 Velocidad del sonido en diversos medios	
Medio	v(m/s)
Aire(0° C)	331
Aire(20° C)	343
Hidrogeno(0° C)	1286
Oxigeno(0° C)	317
Helio(0° C)	972
líquidos a 25° C	
agua	1493
alcohol metílico	1143
Agua de mar	1533
Sólidos	
aluminio	5100
Cobre	3560
Hierro	5130
Plomo	1322
Hule vulcanizado	54

Tabla 2: Velocidad del sonido en diversos medios [SERW1999]

4.3.4.2 Frecuencia y longitud de onda

La frecuencia de una onda es el número de vibraciones por segundo que tiene una onda, como un ejemplo si se coloca una regla en una mesa, esta se hace vibrar y se cuentan el número de veces que esta sube en un segundo, esta será la frecuencia a la cual la regla esta vibrando. “La mayor parte de las ondas son periódicas y la frecuencia de dichas ondas es la tasa de cambio a la cual la perturbación se repite a sí misma, entre tanto la longitud de onda es la distancia mínima entre dos puntos cualesquiera sobre una onda que se comportan idénticamente” [SERW1999]

4.3.5 Ondas planas y esféricas

En las ondas planas la amplitud del movimiento se ejerce sobre un plano perpendicular a la dirección de propagación de la onda, esta es una característica del las ondas ultrasónicas. “Si un cuerpo esférico oscila de manera que su radio varíe senoidalmente con el tiempo, se produce una onda sonora esférica. La onda

se mueve hacia afuera desde la fuente a velocidad constante si el medio es uniforme”. [SERW1999].

4.3.6 Propagación rectilínea

En la propagación rectilínea, el movimiento de la onda se transmite en línea recta, esto hace que la energía no pueda desplazarse por discontinuidades abruptas, esto es característico de las ondas ultrasónicas¹ debido a su corta longitud de onda, esta propiedad hace que el empleo de estas sea para localizar pequeños objetos, un haz de ultrasonido se propaga a través de un material con muy poca divergencia.

4.3.7 Fenómenos ondulatorios

Estos fenómenos constituyen una parte importante para el desarrollo del proyecto, básicamente establecen, los diferentes cambios que tienen las ondas, sea por pasar de un medio a otro, por el choque de estas con un obstáculo, el movimiento de las mismas². A continuación se da una breve descripción de cada fenómeno que puede incurrir en el desarrollo del proyecto.

4.3.7.1 Reflexión y transmisión de ondas

La reflexión, como su nombre lo indica, consiste en reflejarse o devolverse, en éste caso, las ondas que envía un emisor al chocar con un obstáculo o una serie de obstáculos se devuelven al lugar de origen, como ejemplo, en algunos lugares cerrados como bodegas grandes y desocupadas, cuando se grita se escucha un eco³, este eco no es mas que ondas sonoras que rebotan en las paredes y se devuelven a los oídos con un tiempo de retraso, dependiendo del sitio donde se encuentren, con este efecto de la acústica se trabajó el proyecto, dado que con el rebote o reflexión de las ondas sonoras, se puede determinar a qué distancia se encuentra un objeto, teniendo en cuenta que la velocidad del sonido en el aire es de 343m/s (ver Tabla 2)⁴.

¹ Aunque no es exclusivo del ultrasonido, dado que se presenta también en las ondas audibles.

² Se hace referencia cuando la fuente o el emisor se encuentran en movimiento.

³ Este sonido es el mismo que hemos emitido, pero con una menor intensidad, ya que no todas las ondas rebotan o se reflejan por el mismo camino.

⁴ Esta velocidad también depende de la presión atmosférica y/o temperatura del aire.

“Propiedad del movimiento ondulatorio por la que una onda retorna al propio medio de propagación tras incidir sobre una superficie. Cuando una forma de energía como la luz o el sonido se transmite por un medio y llega a un medio diferente, lo normal es que parte de la energía penetre en el segundo medio y parte sea reflejada. Los ángulos que forman los rayos incidente y reflejado con la normal se denominan respectivamente ángulo de incidencia y ángulo de reflexión. Las superficies rugosas reflejan en muchas direcciones, y en este caso se habla de reflexión difusa”. [ENCA2005].

4.3.7.2 Refracción

Com se ve en la Figura 4, la refracción sucede siempre que una onda pasa de un medio a otro, aunque este efecto se puede visualizar mejor con la luz, por ejemplo, cuando se pasa la luz de una linterna en un tanque de agua, se observa como cambia de dirección el rayo de luz. Con las ondas sonoras también sucede lo mismo.

“si una onda incide desde el aire a una superficie de vidrio, experimentalmente se observa que la onda transmitida se propaga en una dirección distinta de la onda incidente, es decir se desvía o refracta” [LEAS1999].

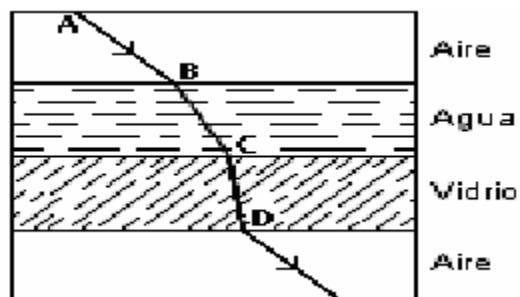


Figura 4: Rayo refractado que atraviesa 3 medios diferentes [ENCA2005]

4.3.7.3 Difracción

La difracción consiste en que una onda se puede desviar de su propagación en línea recta, cuando se encuentra con un borde, se dice que la difracción no es otro

fenómeno físico sino que es un tipo especial de interferencia. “La difracción describe el comportamiento de los frentes de onda cuando encuentran obstáculos y se propagan rebasándolos” [LEAS1999].

4.3.7.4 *Dispersión*

“Fenómeno de separación de las ondas de distinta frecuencia al atravesar un material. Todos los medios materiales son más o menos dispersivos, y la dispersión afecta a todas las ondas;” [ENCA2005]. Un ejemplo claro de dispersión, se puede observar cuando se pasa un rayo de luz¹ blanca por un prisma, la luz se descompone en diferentes colores, debido a que está compuesta de diferentes longitudes de onda, produciendo lo que se conoce como espectro de luz o dispersión de la luz.

4.3.8 *Principio de superposición*

“El principio de superposición establece que cuando dos o más ondas se mueven a través de un medio, la función de onda resultante es igual a la suma algebraica de las funciones de onda individuales. Las ondas que obedecen a este principio se dicen que son lineales. Cuando dos ondas se combinan en el espacio, interfieren y producen una onda resultante. La interferencia puede ser constructiva (cuando los desplazamientos individuales están en la misma dirección) o destructiva (cuando los desplazamientos están en direcciones opuestas)” [SERW1999]. Un ejemplo claro, se puede analizar cuando se escuchan dos sonidos al mismo tiempo², las ondas que llegan a los oídos es la suma de los dos sonidos³.

4.3.9 *Efecto Doppler*

“El efecto Doppler se da cuando hay un movimiento relativo entre la fuente y el observador. Cuando la fuente de ondas y el observador se mueven uno hacia el otro, la frecuencia que escucha el observador es más alta que la frecuencia de la fuente. Cuando la fuente y el observador se alejan uno del otro, la frecuencia

¹ La luz también se considera como una onda.

² Se toma como ejemplo dos fuentes diferentes, las cuales pueden ser la radio y una persona que este hablando en el momento que se escucha la radio.

³ El oído tiene la capacidad de filtrar una de las fuentes, es decir que se puede escuchar una fuente con una mayor intensidad.

escuchada por el observador es mas baja que la frecuencia de la fuente [SERW1999].

Un ejemplo claro es el sonido de una ambulancia, cuando se viaja por carretera o se está en una de las vías, pueden escuchar que cuando la ambulancia se acerca hacia el observador, el sonido se hace mas agudo, o pareciera que es mas rápido, caso contrario es cuando la ambulancia se aleja del observador, dado que el sonido se escucha menos agudo.

4.4 EL ULTRASONIDO

4.4.1 Historia del ultrasonido [UVAT2006]

En el año 1883, Galton investigó los límites de la audición humana, fijando la frecuencia máxima a la que podía oír una persona. Llegó a la conclusión de que los sonidos con frecuencias inaudibles por el ser humano, presentaban fenómenos de propagación similares al resto de las ondas sonoras, aunque con una absorción mucho mayor por parte del aire. A partir de entonces, se empezó a investigar en temas relacionados con la generación de ultrasonidos:

- Los hermanos Curie descubrieron la piezoelectricidad en 1880. Fueron Lippmann y Voigt en la década de los 80 del siglo XIX quienes experimentaron con el llamado efecto piezoeléctrico¹ inverso, aplicable realmente a la generación de ultrasonidos.
- A lo largo del siglo XX, se han producido grandes avances en el estudio de los ultrasonidos, especialmente en lo relacionado con aplicaciones: acústica subacuática, medicina, industria, etc. Concretamente, Langevin lo empleó durante la primera guerra mundial para sondeos subacuáticos, realizando un sencillo procesado de las ondas y sus ecos. Richardson y Fessenden, en la década de los años 1910 idearon un método para localizar icebergs,

¹ Efecto piezoeléctrico, fenómeno físico por el cual aparece una diferencia de potencial eléctrico entre las caras de un cristal cuando éste se somete a una presión mecánica. El efecto funciona también a la inversa: cuando se aplica un campo eléctrico a ciertas caras de una formación cristalina, ésta experimenta distorsiones mecánicas. Pierre Curie y su hermano Jacques descubrieron este fenómeno en el cuarzo y la sal de Rochelle en 1880 y lo denominaron 'efecto piezoeléctrico'[ENCA2005].

con un procedimiento similar al utilizado hoy en día (método de impulsos). Mulhauser y Firestone, entre 1933 y 1942 aplicaron los ultrasonidos a la industria y a la inspección de materiales.

4.4.2 Generadores de ultrasonido [RECU1995]

En la Figura 5 se ve el esquema general de un generador de ultrasonido, la idea básica para generar ultrasonidos es bastante simple. Los generadores o transductores son unos aparatos que constan de un elemento, llamado primario o transformador, que está en contacto con el medio y que transforma una señal eléctrica, magnética o mecánica en una onda ultrasónica. La señal generada (eléctrica, magnética, mecánica), es proporcionada por el elemento secundario.

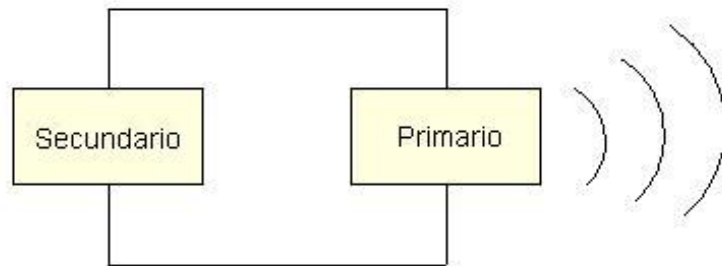


Figura 5: Generador ultrasónico. Esquema general. [UVAT2006]

Las ondas producidas, hacen vibrar el medio, lo cual es coherente con el concepto de onda sonora (onda de presión). Los generadores se diseñan con el objetivo de radiar la mayor cantidad de potencia acústica posible.

4.4.3 Propagación de ultrasonidos [RECU1995]

La propagación del ultrasonido depende, en gran medida, del medio, cada medio tiene una impedancia distinta, lo cual hace variar la velocidad de propagación entre otras variables. En la Tabla 3 se observan los tipos de ondas, movimientos de las partículas y aplicaciones.

Tipo de onda	Gas	Líquido	Sólido	Movimiento de partícula	Aplicación
Longitudinal (sonido)	Sí	Sí	Sí	Compresión y relajación a lo largo del eje de propagación	Pruebas, mediciones,...
Transversal	No	Muy poco	Sí	Desplazamiento perpendicular al eje de propagación	Pruebas, soldadura, resonancia,...
Superficie	No	No	Sí	Elíptico con alta atenuación por debajo de la superficie	Pruebas de superficie para partes con difícil acceso.

Tabla 3: Tipos de ondas, movimiento y aplicación. [RECU1995]

Los fenómenos ondulatorios típicos, tales como la reflexión, refracción y difracción tienen lugar, en ondas ultrasónicas, de manera análoga a otros tipos de ondas. En general, este tipo de ondas se pueden considerar como planas, con propagación rectilínea, debido al valor pequeño de su longitud de onda. La energía, por tanto, no puede desplazarse a través de discontinuidades.

4.4.4 Detectores de ultrasonido

Estos sistemas son importantes puesto que es necesario medir un campo ultrasónico¹ para conocer sus características. A continuación se presentan los distintos tipos de detectores que existen en el mercado.

4.4.4.1 Detectores mecánicos [UVAT2006]

El funcionamiento de estos detectores es sencillo, consiste básicamente en que cuando una onda ultrasónica choca sobre un disco, este girará un disco midiendo así la energía de la onda que ha llegado hasta él.

¹ Se puede medir tanto intensidad o amplitud.

4.4.4.2 Detectores eléctricos [UVAT2006]

La propiedad general que se utiliza aquí es la siguiente: La resistencia de un hilo fino calentado eléctricamente es proporcional a la velocidad del aire que pasa alrededor de él. Dicho esto, el funcionamiento de este tipo de detectores es inmediato, la onda ultrasónica proporcionará diferentes velocidades en el aire, que se traducirán en variaciones en la resistencia del hilo.

4.4.4.3 Detectores electrónicos [UVAT2006]

Dentro de este grupo existen dispositivos muy útiles: los micrófonos. Los transductores piezoeléctricos son ampliamente utilizados aunque presentan ciertos inconvenientes, como son un estrecho margen de frecuencias a procesar y una gran sensibilidad al ruido electromagnético. Estos métodos son de los más exactos a la hora de medir las características de un ultrasonido en un fluido.



Figura 6: Detectores electrónicos [SUPE2007].

4.4.4.4 Detectores calorimétricos [UVAT2006]

Como su nombre lo indica, el funcionamiento de estos consiste en que cuando una onda ultrasónica llega al detector, este se calienta produciendo un cambio de temperatura. Este cambio de temperatura se puede relacionar con la energía de la onda.

4.4.4.5 Detectores ópticos

Estos a diferencia de los detectores electrónicos, son pocos sensibles al ruido y presentan un ancho de banda mayor. “Cuando la onda ultrasónica incide sobre una superficie, se produce un leve desplazamiento de la misma. La clave está en focalizar un rayo láser de referencia sobre la superficie del material de estudio. Los movimientos que produce el ultrasonido afectan a la fase de la luz reflejada. El desplazamiento de fase produce, a su vez, un desplazamiento de frecuencia. El conocimiento de esto permite un estudio del ultrasonido”. [UVAT2006]

4.4.5 Aplicaciones del ultrasonido

El ultrasonido tiene múltiples aplicaciones, en medicina y biología, guía y sondeo, tratamiento de productos alimenticios, aplicaciones físicas, aplicaciones químicas, y por último aplicaciones técnicas.

4.4.5.1 Guía y sondeo

Este aspecto o aplicación del ultrasonido es donde se desarrolla el proyecto, actualmente los equipos de sondeo se desarrollan más en los sistemas de sonar para submarinos o para barcos pesqueros, en cuanto a los submarinos se desarrollan para poder detectar barcos y submarinos enemigos, o para la detección de obstáculos en el fondo del lecho marino en donde la visibilidad es nula o muy escasa, en el caso de los barcos pesqueros, la aplicación del ultrasonido se desarrolla para detectar posibles bancos de peces en el océano, con el fin de que los barcos pesqueros arrojen sus redes en un lugar del mar donde haya peces.

Esta es una de las mayores aplicaciones junto con la medicina, y están relacionadas con los sensores para guiado y sondeo.

4.4.5.2 Medicina y biología

Todos alguna vez en la vida han oído hablar de la ecografía, este es uno de los campos donde más ha avanzado la medicina junto con la tecnología.

Básicamente lo que hacen es: “inyectar ultrasonidos a través de la piel en el organismo del paciente (baja intensidad, en torno a unos pocos miliwatios). Estos se reflejan a medida que vayan pasando de unos medios a otros y los ecos son procesados para mostrarlos finalmente por pantalla. La gel que aplican sobre la piel antes de producir los ultrasonidos, no es más que un material que sirve a modo de acoplo de impedancias para evitar la reflexión excesiva del ultrasonido en la propia superficie de la piel”. [DUND2006]

A continuación en la Figura 7 y Figura 8, se ven algunas ecografías a modo de ilustración:



Figura 7: Ecografía de ovarios [DUND2006]



Figura 8: Ecografía tridimensional [DUND2006]

Actualmente, como se puede ver en la Figura 8, existen ecografías en 3 dimensiones, lo cual hace que los médicos y las madres tengan una mejor visión de cómo va el desarrollo del feto dentro del vientre materno, también la detección de posibles malformaciones del mismo.

“Los ultrasonidos también poseen propiedades terapéuticas. Científicos de universidades británicas sugieren que la energía de estas ondas se pueda usar para que aumente la cantidad de medicamento que puede entrar en las células. La

base está en que los ultrasonidos crean poros en las membranas celulares que regulan de algún modo la entrada de fármacos en la célula. Otras investigaciones se centran en el control del flujo sanguíneo cerebral, lo cual es de gran ayuda a los médicos para prevenir crisis en este órgano”. [DUND2006].

4.4.5.3 Tratamiento de productos alimenticios

Consiste básicamente en destruir los microorganismos que dañan los alimentos destruyéndole su membrana celular, pero sin dañar los alimentos, esta técnica no es válida para cualquier producto puesto que algunos conducen muy bien los ultrasonidos y otros no, esta técnica todavía se encuentran en investigación.

4.4.5.4 Aplicaciones físicas

Las aplicaciones físicas de los ultrasonidos se centran, esencialmente en la medida de las propiedades elásticas y las condiciones de propagación en los sólidos. La idea aquí es, el estudio de la propagación de un ultrasonido en el material. Otras aplicaciones se centran en el estudio de explosiones, determinación de las propiedades físicas de líquidos y gases, localización de baches de aire (fundamental para la navegación aérea), etc.

4.4.5.5 Aplicaciones químicas

Los ultrasonidos también tienen aplicaciones en el campo de la Química. “Su principal función aquí es la de activar ciertos compuestos con el fin de acelerar las reacciones químicas en los procesos de fabricación de materiales organometálicos¹. En los últimos años, se ha creado una nueva rama de la Química: la Sonoquímica², con un futuro interesante”. [UANL2006].

¹ los materiales organometálicos son basados fundamentalmente en fósforos y fluorocarbonos que emiten luz de diferentes colores cuando son estimulados por una corriente eléctrica

² técnica para purificar, entre otras, las aguas del Lago Gral. Belgrano Argentina. Con aplicación del ultrasonido, provee una excelente forma de energía para modificar las reacciones químicas, y es mucho más eficiente que las normalmente usadas, como la temperatura y la luz

4.4.5.6 Aplicaciones técnicas

La utilización de los ultrasonidos en la industria es variada, se puede encontrar detectores de defectos en piezas metálicas, medición de espesor de las mismas, apertura automática de puertas, etc. Quizá una de las aplicaciones más importantes en este sentido sea la soldadura de plásticos por ultrasonidos. [UVAT2006].

4.5 USB BUS SERIE UNIVERSAL [PABL2007]

El Universal Serial Bus (*USB*) es un estándar diseñado para conectar dispositivos, a través de un bus serie. Fue originalmente pensado para conectar dispositivos a computadoras, eliminando la necesidad de conectar tarjetas PCI (o similares), como así también conectar y desconectar los dispositivos sin tener que reiniciar la PC. Sin embargo, hoy en día también se utiliza en consolas de juegos e incluso en algunos equipos de audio y video.

Existen tres versiones del protocolo (1.0, 1.1 y 2.0). A diferencia de las anteriores, la última versión (2.0) soporta tasas de transferencia de altas velocidades, comparables (o incluso superiores) a la de un disco duro o almacenamiento magnético, lo cual ha permitido ampliar el uso del *USB* para aplicaciones de video y almacenamiento (discos duros externos). Una de las razones por la cual se le atribuye su gran popularidad, es que todas las versiones del protocolo son compatibles hacia atrás. Es decir, que cualquier dispositivo 2.0 puede ser conectado a un dispositivo 1.0, aunque funcionará a una velocidad más lenta.

Como se ve en la Tabla 4, existen tres tipos de velocidades en la comunicación. Estas son:

Tipo	Velocidad
Baja velocidad (low speed)	183 Kbytes/s (1.5Mbit/s)
Velocidad completa (full speed)	1.4 Mbytes/s (12Mbit/s)
Alta velocidad (high speed)	57 Mbytes/s (480 Mbit/s)

Tabla 4: Tipos de velocidades en la comunicación [USBO2007].

4.5.1 Topología

El *USB* tiene un diseño asimétrico, que consiste de un host controlador conectado a múltiples dispositivos conectados en *daisy-chain*¹. Al *USB* se conectan varios dispositivos a un host controlador a través de unas cadenas de hubs. Los hubs (al igual que en redes) son dispositivos que permiten, a partir de un único punto de conexión, poder conectar varios dispositivos, es decir, disponer de varios puntos de conexión. De esta forma se crea una especie de estructura de árbol. El estándar admite hasta 5 niveles de ramificación por host controlador con un límite absoluto de 127 dispositivos conectados al mismo bus (incluyendo los hubs). Siempre existe un hub principal (conocido como el hub raíz) que está conectado directo al host controlador.

Un mismo dispositivo *USB* puede cumplir varias funciones. Por ejemplo, un mouse puede ser también lector de tarjetas, y de esa forma es como dos dispositivos conectados al bus *USB*. Por lo tanto es muy común hablar de funciones en lugar de dispositivos.

4.5.2 Funcionamiento

Los dispositivos tienen asociados unos canales lógicos unidireccionales (llamados *pipes*) que conectan al host controlador con una entidad lógica en el dispositivo llamada *endpoint*. Los datos son enviados en paquetes de largo variable (potencia de 2). Típicamente estos paquetes son de 64, 128 o más bytes.

Estos *endpoints* son numerados del 0 al 15 en cada dirección, por lo cual un dispositivo puede tener hasta 32 *endpoints* (16 de entrada y 16 de salida). La dirección se considera siempre desde el punto de vista del host controlador. Así un *endpoint* de salida será un canal que transmite datos desde el host controlador al dispositivo. Un *endpoint* solo puede tener una única dirección. El *endpoint* 0 (en ambas direcciones) está reservado para el control del bus.

Cuando un dispositivo es conectado al bus *USB*, el host controlador le asigna una dirección única de 7 bit (llamado proceso de enumeración) que es utilizada luego

¹ Una daisy chain es una forma especial de conectar una serie de dispositivos a una computadora ó, más precisamente, un método para propagar señales a lo largo de un bus. Este método es una línea bus que está interconectada con unidades, de modo de que una señal pase de una unidad a la siguiente de modo serial. Este método daisy chain para conectar dispositivos establece un esquema de prioridades incorporado, donde la unidad que se encuentre más cerca de la CPU posee la primer (ó más alta) prioridad de interrupción.

en la comunicación para identificar el dispositivo (o, en particular, la función). Luego, el host controlador consulta continuamente a los dispositivos para ver si tiene algo para mandar, de manera que ningún dispositivo puede enviar datos sin la solicitud previa explícita del host controlador.

Para acceder a un *endpoint* se utiliza una configuración jerárquica de la siguiente manera: un dispositivo/función conectado al bus tiene un único descriptor de dispositivo, quien a su vez tiene uno (o varios) descriptores de configuración. Estos últimos guardan generalmente el estado del dispositivo (Ej.: activo, suspendida, ahorro de energía, etc.). Cada descriptor de configuración tiene uno (o más) descriptores de interfaz, y éstos a su vez tienen una configuración por defecto (aunque puede tener otras). Y éstos últimos finalmente son los que contienen los *endpoint*, que a su vez pueden ser reutilizados entre varias interfaces (y distintas configuraciones).

Como puede verse, la comunicación *USB* es bastante compleja y extremadamente más complicada que una simple comunicación serie.

4.5.3 Tipos de transferencia

Los canales también se dividen en cuatro categorías según el tipo de transmisión:

- *Transferencias de control*: Usado para comandos (y respuestas) cortos y simples. Es el tipo de transferencia usada por el pipe 0.
- *Transferencias isócronas*: Proveen un ancho de banda asegurado pero con posibles pérdidas de datos. Usado típicamente para audio y video en tiempo real.
- *Transferencias interruptivas*: Para dispositivos que necesitan una respuesta rápida (poca latencia), por ejemplo, mouse y otros dispositivos de interacción humana.
- *Transferencias masivas*: Para transferencias grandes y esporádicas utilizando todo el ancho de banda disponible, pero sin garantías de velocidad o latencia. Por ejemplo, transferencias de archivos.

En realidad las transferencias interrumpidas no son tales que los dispositivos no pueden enviar datos sin recibir autorización del host controlador. Por lo tanto, las transferencias interrumpidas le dan más prioridad al sondeo del host controlador.

4.5.4 Señalización y conectores

Las señales *USB* son transmitidas en un par trenzado (cuyos hilos son denominados D+ y D-) utilizando señalización diferencial half-duplex minimizando el ruido electromagnético en tramos largos. El diseño eléctrico permite un largo máximo de 5 metros (sin precisar un repetidor intermedio).

Como se puede ver en Figura 9, existen dos tipos de conectores: Estándar y mini. Los estándares son los que típicamente se encuentran en un computador y vienen en dos tipos: A y B. El tipo A es el que es chato y se encuentra del lado del host controlador, mientras que el tipo B es el cuadrado y se encuentra del lado del dispositivo. Todos los cables son machos, mientras que los enchufes (sean en la computadora o los dispositivos) son hembra. No existen intercambiadores de género puesto que las conexiones cíclicas no están permitidas en un bus *USB*. Los conectores mini siguen la misma política que el estándar, pero son utilizados para dispositivos pequeños como Palm y celulares.

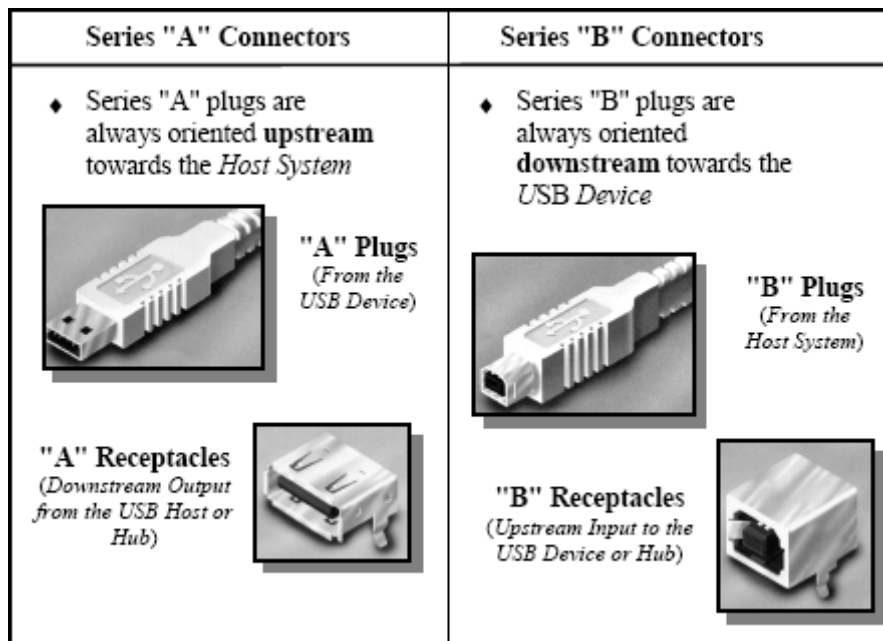


Figura 9: Tipos de conectores *USB* [USBO2007].

En la Figura 10, se muestran las medidas que deben tener estos conectores.

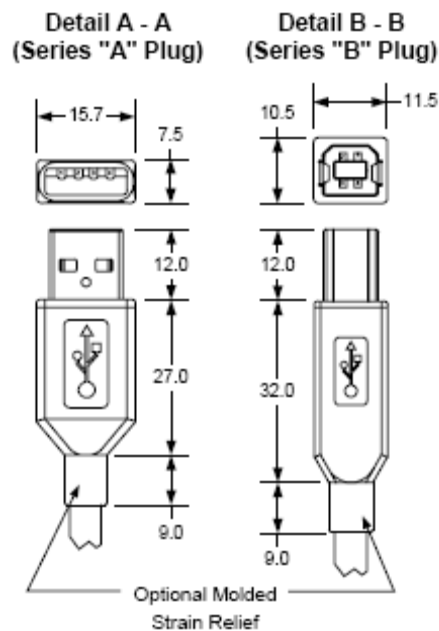


Figura 10: Medidas de los conectores USB [USBO2007].

En la Tabla 5, se muestran los pines y color de un cable *USB*:

PIN	Color	Función.
1	Rojo	BUS (4.4 - 5.25V)
2	Blanco	D-
3	Verde	D+
4	Negro	Tierra
5	En corto con Pin 4 en conector Mini-A, utilizado para <i>USB On-The-Go</i>	

Tabla 5: Pines de un cable USB [PABL2007].

4.5.5 Potencia

El bus *USB* suministra 5V DC regulados por cada uno de sus puertos, entre los pines 1 y 4. Por lo tanto, dispositivos de bajo consumo de potencia (que de otra forma vendría con una fuente de alimentación) puede obtener de allí la corriente necesaria para el funcionamiento. El límite de corriente suministrada es de 500mA por cada puerto. Además, el estándar exige no más de 5.25V en ningún caso, ni menos de 4.375V en el peor caso. Típicamente el voltaje se mantiene en los 5V.

Algunos hubs se alimentan directamente del bus *USB*, en cuyo caso la corriente total de todos los dispositivos conectados a él no puede superar los 500mA. Sin embargo, la especificación permite solo un nivel de hub alimentado por el bus, de forma que no es posible conectar un hub sin alimentación a otro hub sin alimentación. Los hubs con alimentación propia no tienen esta restricción y generalmente son necesarios para conectar dispositivos de alto consumo como impresoras o discos duros.

Cuando un dispositivo es conectado le reporta al host controlador cuanta potencia va a consumir. De esta manera el host controlador lleva un registro de los requisitos de cada puerto y generalmente cuando un dispositivo se excede generalmente se apaga, cortándole el suministro de corriente, de forma de no afectar al resto de los dispositivos. El estándar exige que los dispositivos se conecten en un modo de bajo consumo (100 mA máximo) y luego le comuniquen al host controlador cuanta corriente precisan, para luego cambiar a un modo de alto consumo (si el host se lo permite).

Los dispositivos que superen los límites de consumo deben utilizar su propia fuente de poder.

Los dispositivos que no cumplan con los requisitos de potencia y consuman más corriente de la negociada con el host pueden dejar de funcionar sin previo aviso, en algunos casos, dejar todo el bus infuncional.

4.5.6 Clases de dispositivos

Los dispositivos que se conectan pueden tener sus propios *drivers* personalizados. Sin embargo, existe lo que se llaman clases de dispositivos que son pequeños estándar para distintos tipos de dispositivos y especifican como deben compartirse los dispositivos en términos de los descriptores de interfaz y de dispositivo, *endpoints*, etc. Esto permite que todos los dispositivos sean fácilmente intercambiables y/o sustituibles puesto que hablan el "mismo idioma". Por su parte, los sistemas operativos solos tienen que implementar *drivers* genéricos para todas las clases conocidas de dispositivos lo cual alivia el alto costo de desarrollar y mantener un *driver* particular para cada producto y modelo.

En conclusión, las clases de dispositivos son una estandarización de funcionalidades a un nivel superior al del BUS y que utiliza a éste último como medio de comunicación e intercambio de datos.

Tanto los descriptores de dispositivos como los descriptores de interfaz tienen un byte que identifica la clase. En el primer caso, todo el dispositivo/función pertenece a la misma clase, mientras que en el segundo un mismo dispositivo puede tener diferentes clases, cada una asociada a su descriptor de interfaz.

Dado que el identificador de la clase es un byte, existe un máximo de 253 clases diferentes (0x00 y 0xFF están reservados). Los códigos de las clases son asignados por el *USB Implementers Forum*, en la Tabla 6 se presenta una lista de los más comunes.

Código	Clase
0X00	Reservado. Usado en el descriptor de dispositivo para indicar que la clase está identificada en él (o los) descriptores de interfaz
0x01	Dispositivo de audio. Por ejemplo; tarjetas de sonidos
0X03	Dispositivo de interfaz humana (HID). Por ejemplo: mouses, teclados, joystick
0X07	Impresoras
0X08	Dispositivo de almacenamiento masivo. Por ejemplo: discos duros, lectores de memoria, cámaras digitales, reproductores MP3
0X09	Hubs
0X0A	Dispositivo de comunicación (CDC por sus siglas en inglés). Por ejemplo: módems, tarjetas de red.
0X0E	Dispositivo de video. Por ejemplo: webcams
0XE0	Controladores inalámbricos. Por ejemplo: adaptadores Bluetooth
0XFF	Reservado. Usado para indicar que el dispositivo tiene un <i>driver</i> personalizado propio que no pertenece a ninguna clase

Tabla 6: Clases de dispositivos USB [USBO2007].

4.6 EI MICROCONTROLADOR

El microcontrolador es un dispositivo o circuito integrado programable con el cual se pueden controlar diferentes procesos. Actualmente en el mercado existen diferentes tipos de microcontroladores, así como diferentes tipos de fabricantes. Entre los fabricantes más conocidos se encuentran: (*Atmel, Hitachi, Holtek, Intel,*

National Semiconductor, Microchip, Motorola, NEC, ST, Texas Instruments, Zilog).

Se podría decir que el microcontrolador es un pequeño computador, en su memoria reside un programa que hace una función determinada, sus líneas de entrada y salida soportan diferentes conexiones, además de esto estas líneas pueden servir para implementar distintos tipos de conexión con otros dispositivos como lo puede ser un computador, estas conexiones dependen de las características del microcontrolador, entre las mas importantes se tiene RS-232, RS-485, serial, paralelo, I2C, *USB*.

Algunos de los recursos más importantes del microcontrolador se tienen:

- Temporizadores (*Timers*).
- Perro guardián (*Watchdog*).
- Protección frente a fallo de alimentación (*Brown-out*).
- Estado de bajo consumo.
- Conversores AD y/o DA.
- Modulador de anchura de pulsos PWM.
- Comparadores analógicos.
- Puertos de E/S digital y/o análogo.
- Puertos de comunicación: serie, *USB*, I2C.

Para este caso se utiliza un microcontrolador de la familia *Microchip*, los cuales son muy populares y de bajo costo.

4.6.1 PIC18F2550

Para el desarrollo de este proyecto se usa un microcontrolador de la familia *Microchip*, mas exactamente el PIC18F2550, como se ve en la Figura 11, este consta de 28 pines, entre los cuales se destaca los pines de comunicación *USB*, pines 15 y 16, los cuales van conectados directamente al PC, sin necesidad del uso de otro dispositivo, este también contiene tres puertos, los cuales se pueden configurar como entrada y/o salida digital o entrada análoga.

28-Pin PDIP, SOIC

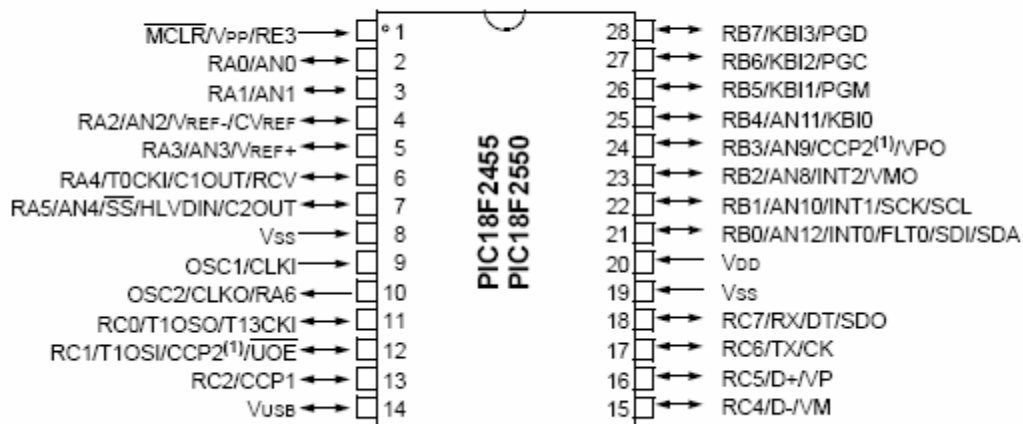


Figura 11: Diagrama de pines PIC18F2550 [MICR2007]

Algunas de las características más importantes de este microcontrolador se describen a continuación:

Soporta cristales de varias frecuencias como entrada y tiene pos-escala, de esta manera el micro trabaja a una frecuencia interna de 48 Mhz, independientemente del oscilador que se le conecte, para esto debe configurarse a través de los bits de configuración, con los cuales se le dice que cristal se le ha conectado, es un requisito para poder transmitir a full-speed por el puerto *USB*, el microcontrolador transmite a full-speed (1.5 Mbytes/seg) por *USB* y es compatible con el estándar *USB 2.0*.

En cuanto a memoria, posee 32Kb de flash para el almacenamiento del programa, 2Kb de SRAM (memoria volátil), y 256 bytes de EEPROM (memoria no-volátil) para almacenamiento permanente de datos como configuraciones y demás, las instrucciones son de 1 ciclo de reloj con la excepción de algunas que ocupan dos, tres y hasta cuatro ciclos de reloj, dependiendo de la instrucción.

Otra característica interesante que posee son timers, interrupciones externas e internas por timers con dos niveles de prioridad y disparadas tanto por nivel como por flanco, un comparador analógico con un generador de voltaje de referencias de 16 niveles, por último, el PIC también cuenta con un conversor análogo digital de 10-bit.

4.6.2 Firmware [MICR2007]

El *Firmware* que otorga *Microchip* en su [página \(http://www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=SS_GET_PAGE&nodeId=2124¶m=en022625\)](http://www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=SS_GET_PAGE&nodeId=2124¶m=en022625) [MICR2007], tiene una estructura básica, con los archivos de código necesarios, para el funcionamiento del protocolo *USB* y una parte para que el diseñador coloque su propio código. Aquí mismo también se encuentran las herramientas necesarias y útiles como información para el desarrollo del proyecto y/o proyectos a futuro.

Como se ve en Figura 12, este consta de varias carpetas, entre las cuales se destaca la carpeta **Cdc** la cual contiene el código necesario para el desarrollo de este proyecto, así como de ejemplos para los usuarios a futuro, también contiene el *driver* necesario para la instalación del dispositivo.

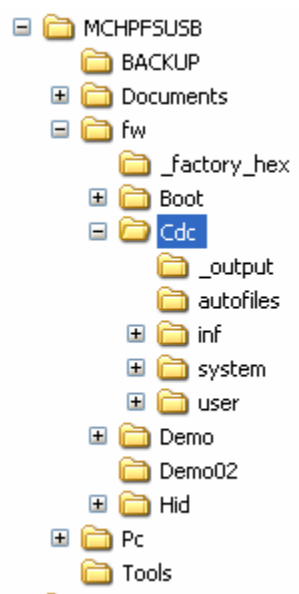


Figura 12: Ubicación del Firmware

El *Firmware* está escrito tanto en *C* y *Assembler*, lo cual se explicará más adelante dado su complejidad. A continuación se da una breve descripción de algunos de los archivos y subdirectorios que contiene este *Firmware*.

Archivos:

- **CleanUp.bat**: Limpia la carpeta de salida (*_output*) y cada una de las compilaciones anteriores del código.
- **Io_cfg.h**: Se encuentra el mapeado de pines del microcontrolador.
- **MCHPUSB.mcp**: Archivo del proyecto usado por MPLAB.

- **MCHPUSB.mcw**: Archivo de área de trabajo usado por *MPLAB*.

Subdirectorios

- **_output**: Este contiene los archivos de salida del proyecto compilado.
- **Autofiles**: Contiene la configuración global del *USB* y sus descriptores.
- **Inf**: Contiene el *driver* para la instalación del dispositivo del proyecto o proyectos a futuro.
- **System**: Contiene el *Firmware* del *USB*.
- **User**: Contiene gran parte del proyecto y en el se pueden poner archivos de proyectos a futuro.

4.6.2.1 Estructura lógica del Firmware

4.6.2.1.1 Directorio autofiles

Dentro de este directorio se encuentran tres archivos de vital importancia para el funcionamiento correcto del *USB*.

4.6.2.1.1.1 Archivo USBcfg.h

Archivo de la configuración global del *USB*. Dentro de sus características más importantes se tienen que:

- Define el número de identificación (*MUID = Microchip USB Class ID*).
- Define el tamaño del buffer para el *endpiont 0 (EP0_BUFF_ X)* donde X puede tomar el valor de 8, 16, 32, 64. por defecto se deja en 8.

4.6.2.1.1.2 Archivos USBdsc.c y USBdsc.h

Archivo descriptor y de cabecera del *USB*, dentro del archivo **USBdsc.c** se encuentra el *Vendor ID (0x04D8)* y el *Product ID (0x000A)*, estos deben coincidir con los del *driver mchpcdc.inf* para que cuando se conecte el dispositivo

Windows sepa cual es el *driver* que se le debe asignar para su correcto funcionamiento.

4.6.2.1.2 Directorio inf

Este contiene el archivo contenedor del *driver* para la instalación del dispositivo.

4.6.2.1.2.1 Archivo mchpcdc.inf

Dentro del archivo **mchpcdc.inf** se encuentran el *Vendor ID* y el *Product ID*, en la siguiente línea de comando se ven:

```
25    %DESCRIPTION%=DriverInstall, USB\VID_04D8&PID_000A.
```

Cabe aclarar que estos dos valores no es recomendable modificarlos y se deben dejar tal y como están, dado que si son cambiados pueden crear conflictos con otros dispositivos que se pueden conectar por *USB* (ver Tabla 6) y en caso de ser cambiados, se deben modificar en los dos archivos contenedores del mismo.

4.6.2.1.3 Directorio system

Este contiene muchas de las funciones del núcleo del *USB*. A continuación se da una breve descripción de cada uno de ellos:

4.6.2.1.3.1 Archivo USBdrv.c

El archivo **USBdrv.c** proporciona los servicios de bajo nivel para el protocolo *USB*, además maneja las diferentes interrupciones de hardware, dentro de él se encuentran diferentes funciones entre las cuales se destacan:

- *USBCheckBusStatus*: esta es llamada una sola vez por la rutina *main()* y es utilizado para saber si el dispositivo se encuentra conectado por *USB* en

caso contrario se deshabilita y solo es habilitado cuando se resetea el microcontrolador o se apaga y se prende de nuevo el microcontrolador, por este motivo es de vital importancia que cuando se conecte el dispositivo este se encuentre apagado y utilice la energía que le da el *USB*.

- *USBDriverService*: esta es llamada cuando un evento *USB* ha ocurrido, es decir cuando hay envío de datos del PC al dispositivo o viceversa.
- *USBSuspend*: tiene dos funciones primero suspende el módulo *USB* y luego habilita una interrupción de actividad del bus *USB*, con el fin de dar ahorro de energía en caso de poner a dormir el dispositivo cuando no esta en uso.
- *USBWakeFromSuspend*: esta hace el proceso inverso a la anterior, y es llamada cuando la función anterior ha sido llamada.

4.6.2.1.3.2 Archivo *USBmmap.c*

El archivo ***USBmmap.c*** contiene el manejador de la memoria *USB*, además de esto permite en tiempo de compilador reservar memoria para los *endpoints USB*.

4.6.2.1.3.3 Archivo *USBctrltrf.c*

El archivo ***USBctrltrf.c*** maneja la transferencia de control y ofrece servicio a todas las clases *USB* que necesitan manejar la petición *USB*.

4.6.2.1.3.4 Archivo *USB9.c*

El archivo ***USB9.c*** maneja todas las peticiones *USB* de acuerdo a las especificaciones *USB*.

4.6.2.1.3.5 Archivo *cdc.c*

El archivo **cdc.c** es de vital importancia por que en él se configura la velocidad a la que se desea que se transmitan o reciban datos desde y hacia el microcontrolador.

4.6.2.1.3.6 Archivo *user.c*

Dentro del archivo **user.c** se encuentra gran parte del código creado para el usuario, además allí el usuario puede crear su propio código, rutinas o llamados.

4.6.3 Emulación del puerto RS-232 sobre USB [MICR2007]

La interfaz serial *RS-232* actualmente no es un puerto común localizado en una la PC, Esto es un problema porque muchas aplicaciones usan la interfaz *RS-232* para comunicarse con sistemas externos, como PC y otros dispositivos. Una solución es emigrar la aplicación a la interfaz Bus Serial Universal (*USB*). Hay muchas formas diferentes para convertir una interfase *RS-232* a *USB*. Como se ve en Figura 13, el método más simple es emular a *RS-232* sobre el bus *USB*. Una ventaja de este método es la aplicación de la PC verá la conexión *USB* como una conexión *RS-232 COM* y así, no requerirá cambios para el software existente. Otra ventaja de este método, es que utiliza un *driver* incluido con *Microsoft Windows 98SE* y posteriores versiones, haciendo el desarrollo del *driver* innecesario.

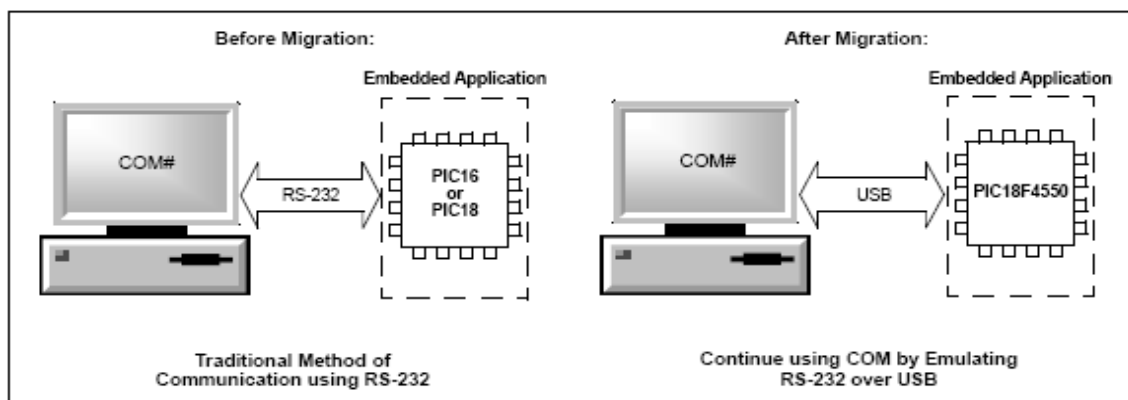


Figura 13: Equivalencia de comunicaciones seriales funcionales [MICR2007].

4.6.3.1 USB especificación CDC

La especificación *CDC (Communication Device Class)* define muchos modelos de comunicación, incluyendo emulación serial. Todas las referencias para la especificación *CDC* por la presente refieren a la versión 1.1. El *driver* de *Microsoft Windows*, **USBser.sys**, se conforma para esta especificación. Por consiguiente, el dispositivo señalado también debe ser diseñado para alinearse con esta especificación para utilizar este *driver* de *Windows* existente.

La especificación *CDC* describe un modelo abstracto de control para la emulación serial sobre *USB*. En resumen, dos interfaces *USB* son requeridas. La primera es la interfaz de Clase de Comunicación, utilizando una entrada (*IN*) interrupción *endpoint*, esta interfaz sirve para notificar al host *USB* del *RS-232* actual que el estatus de conexión del *USB RS-232* emuló un dispositivo. El segundo es la interfaz de Clase de Datos, utilizando una dimensión de salida (*OUT*) *endpoint* y una dimensión de entrada (*IN*) *endpoint*. Esta interfaz sirve para transferir bytes de datos en bruto que normalmente se transfirieron sobre la interfaz verdadera *RS-232*

4.6.3.2 USB funciones UART

En la Tabla 7 se muestra un resumen de las funciones *USB UART*.

Función.	Descripción.
<i>putsUSBUSART</i>	Escribe un <i>String</i> terminado nulo de la memoria de programa al <i>USB</i> .
<i>putsUSBUSART</i>	Escribe un <i>String</i> terminado nulo de la memoria de datos al <i>USB</i> .
<i>mUSBUSARTTxRom</i>	Escribe una cadena de caracteres de longitud conocida a la memoria de programa al <i>USB</i> .
<i>mUSBUSARTTxRam</i>	Escribe una cadena de caracteres de longitud conocida a la memoria de datos al <i>USB</i> .
<i>mUSBUSARTIsTxTrfReady</i>	Esta listo el dispositivo para recibir una nueva cadena de <i>String</i> del <i>USB</i> ?
<i>getsUSBUSART</i>	Lee una cadena de caracteres del <i>USB</i> .
<i>mCDCGetRxLength</i>	Lee la longitud de la última cadena del <i>USB</i> .

Tabla 7: Resumen de las funciones *USB UART* [MICR2007].

4.7 SOFTWARE

A continuación se da una breve descripción del software utilizado en el desarrollo de este proyecto.

4.7.1 Scilab

Scilab es desarrollado por INRIA (*Institut Nationale de Recherche en Informatique et en Automatique*) y el ENPC (*Ecole Nationale des Ponts et Chaussées*) de Francia. Se puede descargar gratuitamente en su [página](http://www.scilab.org) (<http://www.scilab.org>) [SCIL2007], dado que es una herramienta libre. Fue desarrollado para aplicaciones de Sistemas de Control y Tratamiento de Señales, cálculo científico orientado a la computación numérica. Posee una extraordinaria versatilidad y capacidad para resolver problemas de matemática aplicada, física, ingeniería, *Scilab* está hecho en tres partes distintas: Un intérprete, librerías de funciones (*procedimientos Scilab*) y librerías con rutinas en *Fortran* y *C*. Una ventaja de *Scilab* es que utiliza la sintaxis de *Matlab*¹ para el manejo de matrices numéricas, además de poder utilizar objetos más complejos. Resumiendo se puede decir que *Scilab* es un paquete de software científico para el cálculo numérico con un entorno muy amigable para el usuario.

4.7.1.1 Archivo *Example.sce* [GDSS2007]

Este archivo adicional se puede descargar de la [página](http://www.gds-sw.de/goodies.html) (<http://www.gds-sw.de/goodies.html>) [GDSS2007], y viene junto con una librería **serial.dll**, este contiene las funciones necesarias para realizar una emulación del puerto *USB* a puerto *RS-232 (COM X)* el número máximo de puertos que se pueden abrir al instante con este archivo son 4 que corresponden desde *COM1-COM256*. Además se puede configurar la velocidad del puerto.

¹ Herramienta similar a *Scilab*, no es libre.

4.7.2 Mplab v7.5 y C18 Compiler

El *MPLAB* es un software que viene junto con un emulador y un programador de los múltiples que existen en el mercado, estos forman un conjunto de herramientas de desarrollo muy completo para el diseño con los microcontroladores PIC, desarrollados y fabricados por la empresa *Arizona Microchip Technology (AMT)*. El *MPLAB* incorpora todas las utilidades necesarias para la realización de cualquier proyecto. Para los que no dispongan de un emulador, el programa permite editar el archivo fuente en lenguaje ensamblador o en C de este proyecto, además de ensamblarlo y simularlo en pantalla, para ejecutarlo posteriormente en modo paso a paso y ver como cambiarían de forma real tanto sus registros internos, la memoria RAM y/o EEPROM, según se fueran ejecutando las instrucciones. Además el entorno que se utiliza es el mismo que si se estuviera utilizando un emulador.

MPLAB C18 C Compiler es un compilador que funciona con una PC y produce código que puede ser ejecutado por la familia del *PIC18XXXX de Microchip*. Como un ensamblador, el compilador *MPLAB C18* traduce las declaraciones que se comprende en humano a los unos y los ceros que el microcontrolador ejecuta. A diferencia de un ensamblador, el compilador no traduce una instrucción uno a uno de mnemotecnia¹ de la máquina al código de la máquina.

El compilador *MPLAB C18* y sus herramientas asociadas, puede ser invocado de la línea de comando para construir un archivo .HEX que se programa en el dispositivo del *PIC18XXXX*. *MPLAB C18* y sus otras herramientas también pueden ser invocados desde adentro de *MPLAB IDE*. La Interfaz Gráfica del Usuario *MPLAB* sirve de un ambiente solo para escribir, compilar y depurar código para aplicaciones incrustadas.

4.7.3 CircuitMaker2000

Básicamente es un software de simulación de proyectos y/o circuitos electrónicos, actualmente no existe una página oficial para su descarga, pero en Internet algunas páginas ofrecen el servicio de descarga gratuita de este software, adicionalmente se consigue en el mercado local.

¹ Procedimiento de asociación mental (en este caso la PC) para facilitar el recuerdo de algo.

4.7.4 Proteus. [PROT2007]

Proteus es un entorno integrado diseñado para la realización completa de proyectos de construcción de equipos electrónicos en todas sus etapas: diseño, simulación, depuración y construcción. La suite se compone de cuatro elementos, perfectamente integrados entre sí:

- **ISIS**, la herramienta para la elaboración avanzada de esquemas electrónicos, que incorpora una librería de más de 6.000 modelos de dispositivos digitales y analógicos.
- **ARES**, la herramienta para la elaboración de placas de circuito impreso con posicionador automático de elementos y generación automática de pistas, que permite el uso de hasta 16 capas. Con ARES el trabajo duro de la realización de placas electrónicas recae sobre el PC en lugar de sobre el diseñador.
- **PROSPICE**, la herramienta de simulación de circuitos según el estándar industrial SPICE3F5.
- **VSM**, la revolucionaria herramienta que permite incluir en la simulación de circuitos el comportamiento completo de los microcontroladores más conocidos del mercado. PROTEUS es capaz de leer los ficheros con el código ensamblado para los microprocesadores de las familias PIC, AVR, 8051, HC11, ARM/LPC200 y BASIC STAMP y simular perfectamente su comportamiento. Incluso puede ver su propio código interactuar en tiempo real con su propio hardware pudiendo usar modelos de periféricos animados tales como displays LED o LCD, teclados, terminales RS232, simuladores de protocolos I2C, etc. Proteus es capaz de trabajar con los principales compiladores y ensambladores del mercado.

Las principales características de Proteus son:

- Entorno de diseño gráfico de esquemas electrónicos (ISIS) extremadamente fácil de utilizar y dotado de poderosas herramientas para facilitar el trabajo del diseñador.
- Entorno de simulación prospice mixto entre el estándar SPICE3F5 y la tecnología exclusiva de Proteus de Modelación de Sistemas Virtuales (VSM).
- Entorno de diseño de placas de circuito impreso (ARES) de ultra-altas prestaciones con bases de datos de 32 bits, posicionador automático de

elementos y generación automática de pistas con tecnologías de autocorte y regeneración.

- Moderno y atractivo interface de usuario estandarizado a lo largo de todas las herramientas que componen el entorno PROTEUS.
- La mayor parte de los módulos que componen PROTEUS han sido escritos por el mismo equipo, garantizando al máximo nivel posible la compatibilidad e inter-operatividad de todas las herramientas que componen el entorno PROTEUS, asegurando su estabilidad al máximo.
- Ejecutable en los diferentes entornos *Windows: 98, Me, 2000, XP*.
- Herramienta de máximas prestaciones, basadas en los más de 15 años de continuo desarrollo y presencia en el mercado.

4.8 ESTADO DEL ARTE

Dentro de los registros bibliotecarios del INCI, solo se encontró una monografía que data del año 1991, ésta fue presentada por estudiantes de la universidad Distrital Francisco José de Caldas, con el nombre de “Radar protector para invidentes, a base de ultrasonido”, cabe aclarar que este dispositivo no llenó las expectativas de la época dado que el dispositivo no estaba diseñado para adaptarlo al bastón, y se quedó como un proyecto mas.

También es posible que en otras universidades de Colombia se hubiesen desarrollado proyectos similares a este, pero el INCI en su base bibliotecaria no tiene ningún reporte acerca de estos desarrollos.

Actualmente en el mercado colombiano existen distintos tipos de dispositivos electrónicos que hacen o se asemejan al proyecto, pero los costos pueden ir desde unos \$2.362.000 pesos hasta los \$7.086.000¹ de pesos. Si bien el objetivo del proyecto no es competir en un mercado comercial (sino a nivel académico), es importante conocer el mercado de los mismos para saber hacia donde se va, y a que precio final se debería apuntar para tenerlo en cuenta a la hora de calcular costos y rentabilidad del mismo.

¹ Estos valores varían de acuerdo a la tasa de cambio del Euro para este caso se tomo Euro a 3000 pesos.

5. DESARROLLO

5.1 SISTEMA DE CONTROL

Para el sistema de control, se decidió por los microcontroladores de *Microchip*, se buscó, cual de las diferentes referencias de microcontroladores contaba con una interfaz de comunicación *USB*, se encontró, que dentro de la familia de los *18FXXXX* se hallaban los *PIC18F2455/2550/4455/4550*, los cuales incluían una interfaz de comunicación *USB*, además de esto, *Microchip* provee un *Firmware* adecuado para el desarrollo del proyecto. Por tal motivo, se decidió por el *PIC18F2550*, el cual se adecua perfectamente al desarrollo del proyecto.

Después de haber encontrado que microcontrolador se adecuaba más al proyecto, se procedió a realizar el montaje correspondiente (ver 5.2.2 Circuito de control).

5.1.1 Firmware

En el desarrollo de este proyecto, se utilizó un *Firmware* que otorga *Microchip* en su [página](#) [MICR2007], este *Firmware* contiene la especificación de las clases de dispositivos de comunicación CDC (*Comunication Device Class*) [MICR2007] (ver 4.5.6 Clases de dispositivos), la cual define varias formas de comunicación, entre las cuales se encuentra la emulación serial, con la cual finalmente se trabajó. También contiene el *driver* necesario para realizar la identificación del dispositivo ante el sistema operativo.

Después de haber descargado el *Firmware*, se procedió a ver los archivos contenedores del *Firmware*, se ubicó el área de trabajo para poder desarrollar el proyecto, posteriormente se comenzó a desarrollar el software necesario para el adecuado funcionamiento del proyecto (ver 5.3.1 Software del microcontrolador).

5.1.1.1 Driver

El archivo `mchpcdc.inf` que se encuentra contenido dentro del *Firmware*, en la carpeta `MCHPFSUSB\fw\Cdc\inf\win2k_winxp`, se le ha modificado las líneas

finales del mismo, a continuación se muestran las modificaciones que se le hicieron al archivo correspondiente.

```
58  [Strings]
59  MCHP="Microchip Technology Inc."
60  MFGNAME="Yesid Gomez Castillo"
61  DESCRIPTION="PIC18F2550 USB"
62  SERVICE="USB RS-232 Emulation Driver"
```

Este dispositivo como todos los que se conectan por el puerto *USB*, necesita de un *driver* que lo identifica ante el sistema operativo, la explicación para la instalación del *driver* se encuentra en el anexo correspondiente (ver Anexo C: Manual de Instalación).

5.2 DESARROLLO DE CIRCUITOS

En el desarrollo del proyecto, se implementaron varios circuitos, entre los cuales se tienen: Circuito de alimentación, circuito de control, circuito de respuesta al usuario. A continuación se describe cada una de las etapas de los circuitos desarrollados y su funcionalidad dentro del mismo.

5.2.1 Circuito de alimentación

En el diseño del circuito de alimentación, se trabajó en dos partes, una primera correspondiente al circuito para la recarga de baterías, y una segunda denominada circuito de alimentación completo. A continuación se describe cada uno de estos circuitos.

5.2.1.1 Circuito para la recarga de baterías

Para el desarrollo del circuito, se basó en una nota de aplicación de *National Semiconductor* sobre el *LM317* [NATI2007], la cual describe un circuito estándar

para la recarga de baterías, que consta de una fuente de alimentación, un regulador $LM317^1$ y una resistencia como se ve en la Figura 14.

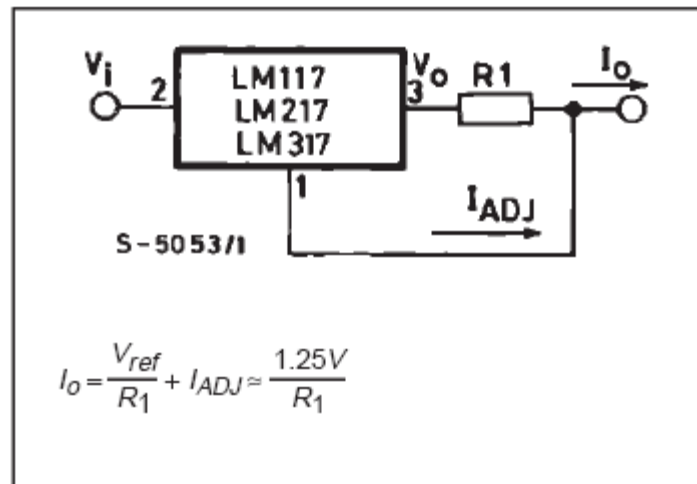


Figura 14: Regulador de corriente cargador de baterías [NATI2007].

A continuación se describe el funcionamiento del circuito.

5.2.1.1.1 Funcionamiento del LM317

El funcionamiento de éste diseño consta del regulador ($LM317$) que trata de mantener entre los pines COM (1) y OUT (3) una tensión de 1,25 V. Se sabe por referencia del fabricante que la corriente de salida esta dada por la Ecuación 2:

$$I_{out} = 1.25 / R_1$$

Ecuación 2: Corriente de salida del LM317 [NATI2007].

5.2.1.1.2 Elementos utilizados

Los elementos que se han utilizado para este diseño son:

¹ El LM317 es un regulador de tensión variable positivo de tres terminales y con un rango de salida de 1.25 voltios hasta 37 voltios.

- Un adaptador de 12V DC.
- Un regulador LM317.
- Una batería de 9 voltios, con una corriente nominal de 250 mAh.
- Un trimer o una resistencia.

5.2.1.1.3 Diseño

Para el diseño del circuito de carga, se tuvo en cuenta los siguientes factores: En primer lugar, la capacidad de carga de la batería 25 mA o 1/10 de la capacidad nominal, y en segundo lugar el tiempo de carga de la misma el cual debe ser de 8 horas¹ o mas.

Con base en la Ecuación 2, se despeja la resistencia $R1$ de la ecuación $R1=1.25/I_{out}$, como I_{out} debe ser de 25mA, el resultado de $R1$ es de 50Ω , como no existe resistencias de 50Ω se usa un trimer, reóstato o una resistencia cercana a los 50Ω , con la cual se respeta tanto la capacidad nominal de la batería así como el tiempo de carga de la misma, con este diseño el circuito puede estar conectado al adaptador por 8 horas o más sin que se sobrecargue la batería.

La potencia disipada en la resistencia esta dada por la fórmula $P = (1.25V * I_{out})W$. Para una resistencia de 50Ω la potencia disipada es de $1,25 V * 16 mA = 31.25 mW$, esto quiere decir que con una resistencia de $250 mW$ o $500 mW$ es suficiente.

5.2.1.2 Circuito de alimentación completo

Como se ve en la Figura 15, al circuito de la Figura 14 se le han añadido componentes adicionales, a continuación se describe que se le ha añadido y que función cumple dentro del mismo.

En primer lugar se le ha añadido un *led* verde $D1$ con una resistencia en serie $R2$, el *led* se enciende en el momento que se ha conectado el cargador o adaptador con lo cual se indica que el dispositivo se encuentra en estado de carga. En segundo lugar se ha añadido regulador de voltaje ($LM7805$) [TRAN2008], el cual

¹ Aunque se pueden cargar baterías en menor tiempo, no es recomendable ya que se puede incurrir en el error de sobrecargarlas lo cual disminuiría la vida útil de las mismas.

reduce el voltaje de 9V a 5V indispensable para el funcionamiento del microcontrolador y sensor.

Además se añade un *swich* (*swich1*), este *swich* se ha dispuesto en este punto por la siguiente razón: La persona que llevará el prototipo de bastón electrónico, no siempre necesitará que el dispositivo se encuentre en estado de encendido general, así que el usuario del dispositivo activará el *swich* cuando desee censar el medio a su alrededor, esto ahorrará consumo de energía de la batería, dado que permite al portador del dispositivo activarlo cuando lo desee.

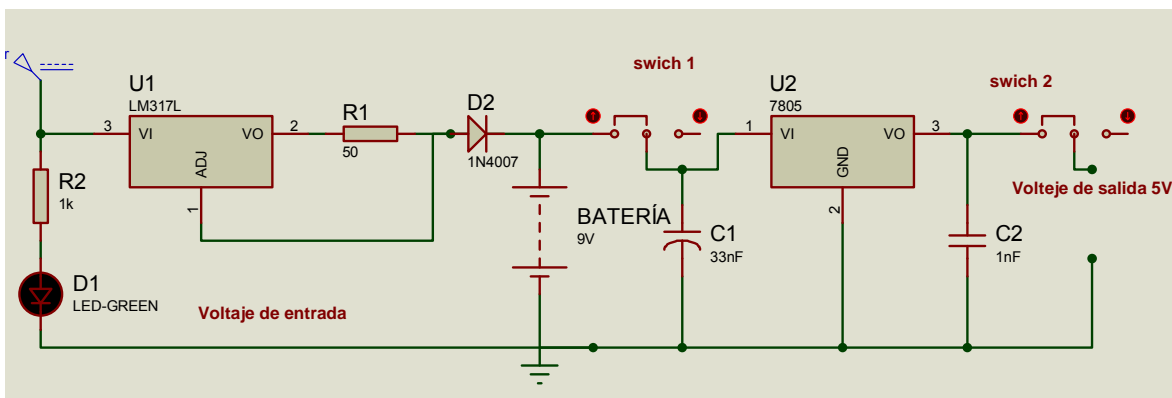


Figura 15: Circuito de alimentación completo.

Dentro del diseño se añadió un *swich* (*swich2*) a la salida del LM7805 con el fin de darle un encendido y/o apagado general, este se debe poner en OFF cuando se va a conectar el dispositivo al PC (ver razón en 4.6.2.1.3.2 Archivo *USBmmap.c*).

5.2.2 Circuito de control

Para el desarrollo del circuito de control se usó el microcontrolador PIC18F2550 el cual tiene el módulo de comunicación *USB*.

A continuación se muestra en la Tabla 8, el valor de los condensadores que *Microchip* recomienda utilizar en caso se usar uno de los cristales que se especifican en la tabla, se ha escogido un cristal de 20 MHz, el cual requiere dos condensadores de 15pF cada uno. Al final se muestra en la Figura 16 el circuito de polarización del microcontrolador completo.

Osc Type	Crystal Freq	Typical Capacitor Values	
		C1	C2
XT	4 MHz	27 pF	27 pF
HS	4 MHz	27 pF	27 pF
	8 MHz	22 pF	22 pF
	20 MHz	15 pF	15 pF

Tabla 8: Selección del cristal y condensadores [MICR2007].

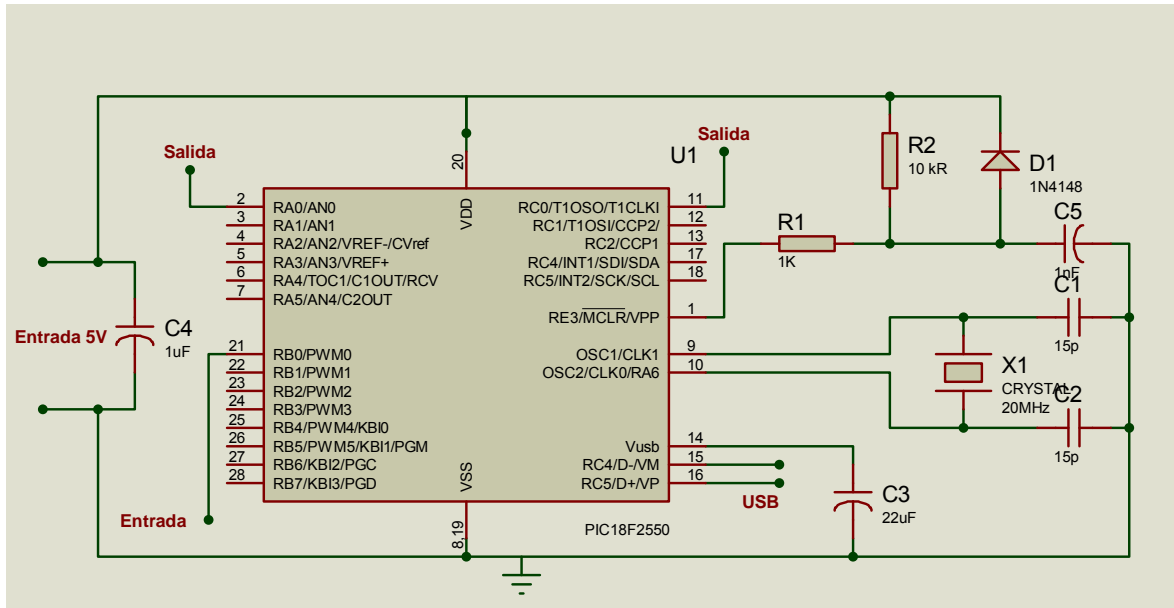


Figura 16: Circuito de polarización.

5.2.3 Sensores

El tipo de sensor que se ha escogido es el módulo SRF05 [DEVA2008]. Para más detalles acerca de este sensor (ver Anexo A: Descripción General del Módulo SRF05).

Este sensor es uno de los que mejor se adecua a la implementación del proyecto por varias razones:

- Es uno de los más económicos en el mercado actual.
- Su rango de medida es de 1.7 centímetros hasta 431 centímetros.
- Tiene dimensiones pequeñas.
- Bajo consumo (4 mA a 5 voltios).

Estas fueron las razones por las cuales se determinó que este sensor se adecuaba a esta implementación en particular.

5.2.4 Circuito de respuesta al usuario

Para el desarrollo del circuito de respuesta, se probó la respuesta que tenía un parlante versus un motor¹ en cuanto a la vibración que otorgaban al bastón, se escogió el motor por las siguientes razones:

- El motor presenta una mayor vibración que el parlante.
- El motor presenta un menor tamaño que el parlante.
- El motor presenta un mayor consumo que el parlante.

Por estas razones se implementó un motor que de acuerdo a la Figura 17, obtiene el siguiente funcionamiento: dependiendo de la distancia, si hay o no un obstáculo (ver Archivos motor.c y motor.h), este vibrará de acuerdo a la distancia a la que se encuentre el objeto (entre más cerca se encuentre el obstáculo vibrará con mayor intensidad). Dando así aviso a la persona que lleva el dispositivo de un objeto en la dirección indicada.

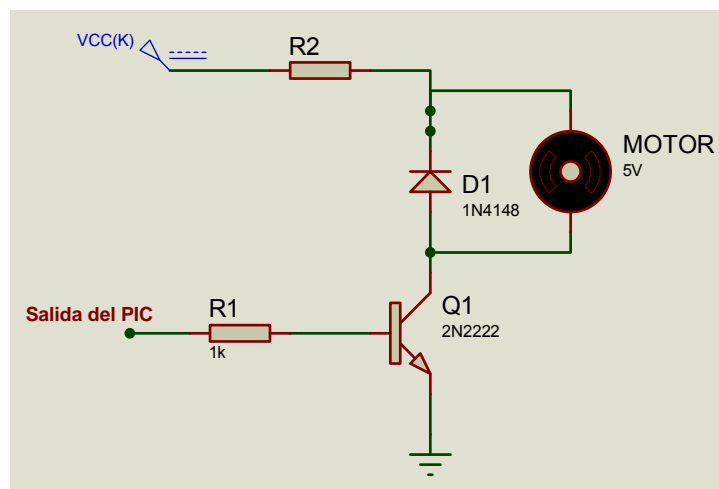


Figura 17: Circuito de respuesta al usuario con motor.

¹ Se implementó un motor de celular (para modelos Nokia), con un consumo de 30 mA de acuerdo a la configuración de la figura 17, el parlante presentó un consumo de 16 mA.

5.3 DESARROLLO DEL SOFTWARE

Las herramientas de software escogidas y utilizadas en el proyecto son:

- Mplab v7.5 junto con C18 Compiler.
- Scilab.

Todo el software del proyecto se encuentra en el *cd* de entrega final de la monografía. A continuación se dará una descripción de cada una de los archivos contenedores del proyecto, así como de las distintas modificaciones que se le hicieron a los archivos contenedores del *Firmware*, indicando su aporte y aplicación en el mismo.

5.3.1 Software del microcontrolador

Después de haber descargado el *Firmware* y haberlo instalado en el computador, junto con el *driver* (ver 5.1.1.1 Driver y/o ANEXO C: Manual De Instalación.) que se mencionó anteriormente, se procedió a tener el primer acercamiento a esta nueva forma de programar¹. Lo primero que se hizo, fue conocer cuales eran los archivos que se necesitaban para una correcta compilación, (ver 4.6.2.1 Estructura lógica del Firmware). A continuación se describe las modificaciones que se hacen a los diferentes archivos contenedores del proyecto.

5.3.1.1 Archivo *main.c*

Antes de empezar se debe saber que bits se desean configurar dentro del PIC, dentro de esta configuración se tiene en cuenta la Figura 16: Circuito de polarización. Para el correcto funcionamiento del dispositivo. A continuación se muestran los bits que se configuraron:

```
46  #pragma config WDT = OFF
    Watchdog deshabilitado.
```

¹ Nuevo porque se venía programando micros con desarrollos en assembler, ahora se combinaba assembler junto con programación en C.

- 47 `#pragma config PWRT = ON`
Encendido por un timer.
- 48 `#pragma config PLLDIV = 5`
Preescala PLL dividido por 5, oscilador de 20MHz externo.
- 49 `#pragma config USBDIV = 2`
Fuente del reloj *USB* viene del PLL 96 MHz dividido en 2
- 50 `#pragma config FOSC = HSPLL_HS`
El oscilador HS, PLL habilitado, HS utilizado por *USB*
- 51 `#pragma config CPUDIV = OSC1_PLL2`
Reloj del sistema CPU Postscaler: [OSC1/OSC2 Src: /1][96 MHz PLL Src: /2]
- 52 `#pragma config VREGEN = ON`
USB voltaje regulador habilitado
- 53 `#pragma config MCLRE = ON`
MCLR pin enabled; RE3 input pin habilitado.
- 54 `#pragma config LVP = ON`
Single-Supply ICSP habilitado.
- 55 `#pragma config PBADEN = OFF`
PORTB<4:0> pins are configured as digital I/O on Reset

Después de tener los bits configurados se procede a configurar los distintos puertos del microcontrolador tanto de entrada digital y/o salida digital, éste llamado se encuentra en el archivo **main.c** con la rutina *UserInit()*, éste llamado se hace solo una vez, la rutina se encuentra completa en el archivo **User.c** (para mas detalles ver 5.3.1.4.1 Configuración de puertos).

5.3.1.2 Archivo **cdc.c**

Al archivo **cdc.c**, solo se le modificó la velocidad de transmisión de datos, esta velocidad debe coincidir con la velocidad que se maneja dentro del programa creado en Scilab (ver 5.3.2.1.1 Archivo Baston.sci). A continuación se muestra la velocidad de transmisión escogida:

```
172 line_coding.dwDTERate._dword = 921600; // baud rate
```

5.3.1.3 Archivo *USBdsc.c*

Al archivo *USBdsc.c*, sólo se le modificó las cadenas del descriptor, las cuales aparecen dentro del <administrador de dispositivos>¹, a continuación se muestran las modificaciones que se le hicieron.

```
250 rom struct{byte bLength;byte bDscType;word string[21];}sd001={
251 sizeof(sd001),DSC_STR,
252 'Y','e','s','t','d',' ','G','o','m','e','z',' ',
253 'C','a','s','t','i','l','l','o','.'};
254
255 rom struct{byte bLength;byte bDscType;word string[28];}sd002={
256 sizeof(sd002),DSC_STR,
257 'P','r','o','t','o','t','i','p','o',' ','B','a','s','t','o','n',' ',
258 'E','l','e','c','t','r','o','n','i','c','o'};
```

5.3.1.4 Archivos *user.c* y *user.h*

Dentro del archivo *user.c*, se encuentra gran parte del código creado para el control y correcto funcionamiento del dispositivo así como de los distintos llamados a rutinas y a otros archivos contenedores del proyecto. A continuación se dará una breve explicación de cada una de las rutinas empleadas para el proyecto, cabe aclarar que no se pondrá el código de cada rutina debido a lo extenso del mismo.

5.3.1.4.1 Configuración de puertos

La rutina correspondiente para la configuración de puertos es llamada desde el archivo *main.c*. A continuación se muestra el contenido de esta rutina.

¹ El administrador de dispositivos le proporciona información acerca de cómo está instalado y configurado el hardware del prototipo bastón electrónico y como interactúa con los programas del equipo. Con el administrador de dispositivos, se puede actualizar los controladores de dispositivos del prototipo instalado en el equipo, modificar configuraciones de hardware y solucionar problemas

```

112 void UserInit(void)
113 {
114     TRISA = 0X00; //0X00 configuración PORTA como SALIDA
115     TRISB = 0XFF; //0XFF configuración PORTB como ENTRADA
116     TRISC = 0X00; //0X00 configuración PORTA como SALIDA
117 }//end UserInit

```

Como se puede ver, se ha puesto el Puerto B como entrada digital y los puertos A y C como salida digital, se ha hecho esto de acuerdo con el diseño que se presenta en el Circuito de control

5.3.1.4.2 Funcionalidad del circuito sin conexión USB

Como se puede observar en la Figura 18, se describe la funcionalidad del prototipo cuando no se encuentra conectado al puerto *USB*, para este desarrollo se hace un proceso más complejo, que se divide en tres pasos, se describirá sólo lo que hacen las rutinas:

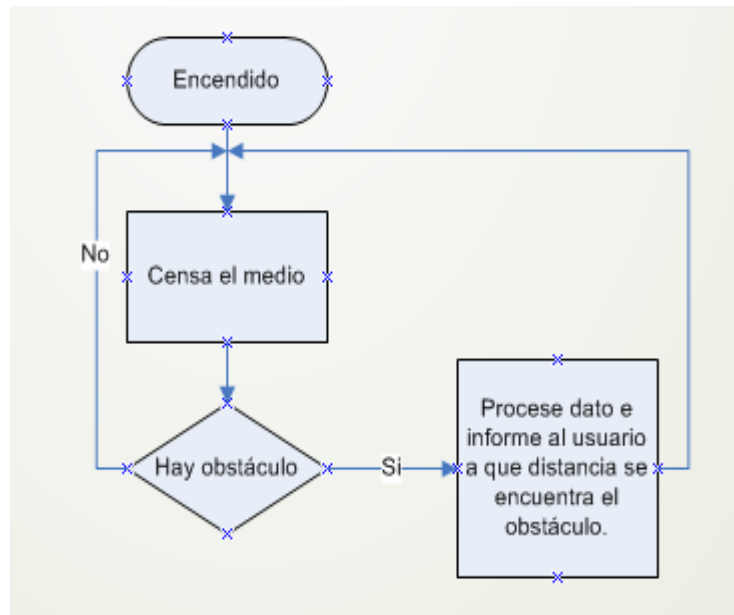


Figura 18: Diagrama de bloques del circuito de control sin conexión USB.

5.3.1.4.2.1 Rutina leer_eprom();

La rutina *leer_eprom()*, se encarga de leer la primera posición de la memoria EEPROM del microcontrolador, al valor de esta posición es asignado a una variable, con el fin de determinar cual es el valor máximo de distancia que el dispositivo puede enviar al PC o como respuesta al circuito de respuesta al usuario, si el valor de la distancia supera este valor el dispositivo no hace nada.

En el diseño de este proyecto, se ha determinado que por defecto, el dispositivo mida una distancia máxima de 150 cm, pero el usuario de este dispositivo podrá ejecutar el software de usuario y variar este valor desde los 60 cm hasta un máximo de 250 cm. En la Tabla 9 se muestran los distintos valores que se pueden reprogramar en el microcontrolador desde el software de usuario.

Dato de la EEPROM	3C	46	50	5A	64	6E	78	82	8C	96 y/o FF	A0	AA	B4	BE	C8	D2	DC	E6	F0	FA
Distancia Máxima en cm.	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250

Tabla 9: Posibles datos de reprogramación para el dispositivo.

5.3.1.4.2.2 Rutina on_sensor();

La rutina *on_sensor()*, tiene como finalidad darle el pulso de inicio del sensor SRF05, el cual esta consignado dentro de las especificaciones del fabricante, como se puede ver en la Figura 19, el cual dice que el pulso como mínimo debe tener una duración de 10 microsegundos, para este caso se propuso una duración del pulso de 11 microsegundos. La salida de este pulso se da por el pin del puerto A (RA0) del microcontrolador.

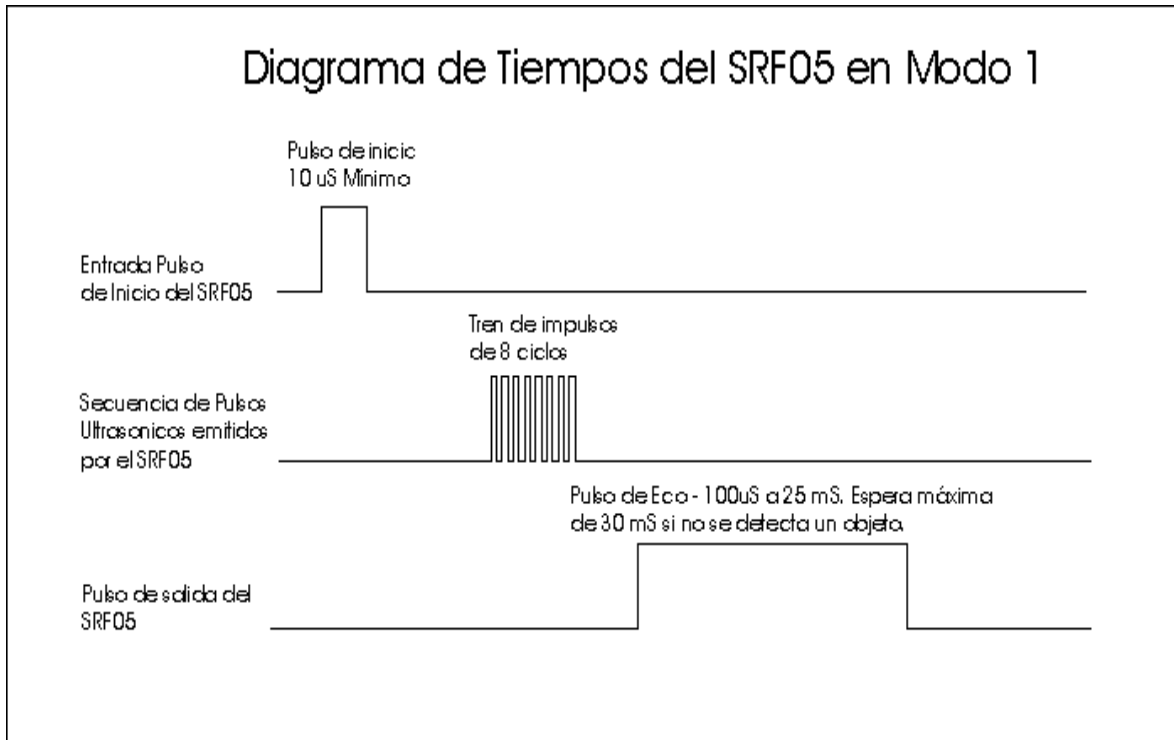


Figura 19: Diagrama de tiempos SRF05 en modo 1 [DEVA2008].

5.3.1.5 Archivos *cualfue.c* y *cualfue.h*

La rutina *cual_fue()*; que se encuentra dentro del archivo **cualfue.c**, es llamada desde el archivo **user.c**.

Como se puede ver en la Figura 19, existe un tiempo de espera desde que termina el pulso de inicio hasta que el sensor otorga una respuesta, por pruebas realizadas en el laboratorio (ver 6.5 PRUEBA DE TIEMPOS DEL SRF05 EN MODO 1), el valor que se tomó es de 700 us.

El archivo **cualfue.c** contiene dos rutinas.

La primer rutina se hace con el fin de saber cuando el sensor empieza a medir, es decir, que el pulso de salida del sensor se pone en 1 lógico, a partir del momento en que la salida del sensor se ha puesto en 1, empieza la segunda rutina, esta calcula el tiempo que dura el ancho del pulso de la salida del sensor, por especificación del fabricante del sensor, cada 58uS mide 1 cm. este valor de tiempo posteriormente se pasa a centímetros.

Dentro de las especificaciones del fabricante del sensor, este alcanza una distancia máxima de 431 cm. Por defecto se programó para que la distancia máxima medida fuese de 150 cm. En el caso que el prototipo encuentre un obstáculo desde la distancia máxima programada hasta la distancia máxima otorgada por el sensor, el valor obtenido no se tendrá en cuenta por el microcontrolador, el microcontrolador esperará un tiempo hasta que el sensor deje de medir y se pueda iniciar de nuevo una nueva medición.

5.3.1.6 Archivos *motor.c* y *motor.h*

La rutina *motor()*; que se encuentra dentro del archivo **motor.c**, es llamada desde el archivo **user.c**.

Esta depende de la distancia a la cual se encuentra el obstáculo, y lo que hace es lo siguiente: se le transmite una frecuencia al circuito de respuesta al usuario, el motor vibrará dependiendo de la distancia a la que se encuentre el obstáculo, es decir entre mas cerca se encuentre el obstáculo la vibración será mayor, pero si el obstáculo se encuentra mas lejos la vibración será menor.

5.3.1.6.1 Funcionalidad del circuito con conexión USB

El circuito, se debe comportar de la misma manera que cuando se encuentra desconectado al PC, pero con la diferencia que éste debe desarrollar otras funciones las cuales se pueden ver en la Figura 20, éste se diseña de tal forma que sea transparente para el usuario, a continuación se describen las rutinas que corresponden a la función que hace el circuito cuando se encuentra conectado al PC, cabe aclarar que no se describen las rutinas y/o archivos expuestos anteriormente, además se debe tener en cuenta que se ha ejecutado el programa en Scilab **baston.sci** o se ha abierto el puerto correspondiente desde *<HyperTerminal>*¹.

¹ HyperTerminal le permite conectar con otros equipos, sitios Telnet de Internet, servicios de boletines electrónicos, servicios en línea y equipos host con un módem o un cable de conexión directa.

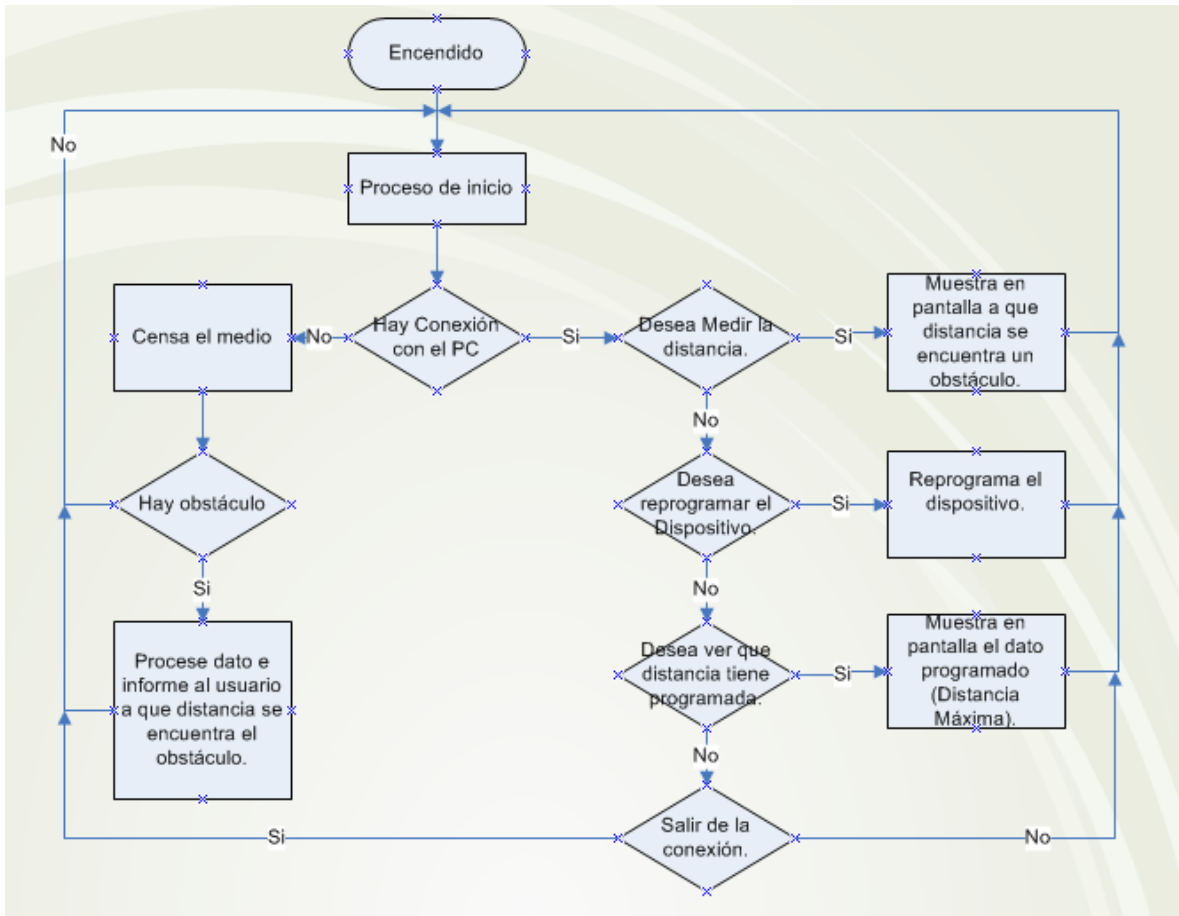


Figura 20: Diagrama de bloque del circuito de control con conexión USB.

5.3.1.6.1.1 Rutina prueba();

La rutina *prueba()*; se hace para enviar datos del circuito a la PC, la cual posteriormente mostrará el dato en pantalla, la rutina se ejecuta cuando es enviado desde el teclado¹ (a través de *HyperTerminal*) o desde el programa desarrollado en Scilab (ver 5.3.2.1.2 Archivo BotonCalcular.sci) la letra “q”², hacia el dispositivo por el puerto *USB*, cuando el microcontrolador recibe éste dato, ejecuta la tarea de enviar hacia el PC el dato correspondiente a la distancia, que posteriormente se observará en pantalla.

5.3.1.6.1.2 Rutina distan().

¹ En caso de realizar la conexión por el HyperTerminal de Windows,

² 113 en decimal o 71 en hexadecimal.

La rutina *distan()*, se ejecuta al enviar la letra “n”¹, desde *Scilab* y/o *HyperTerminal*, su función es enviar el dato que se encuentra en la primera posición de la memoria EEPROM del microcontrolador hacia el PC, por defecto el valor es “FF”², si el usuario ha reprogramado el dispositivo, el valor debe coincidir con el programado, para más detalles ver Tabla 9.

5.3.1.6.1.3 Rutina *escribir_eprom()*;

La rutina *escribir_eprom()*;, se ejecuta al enviar la letra “P”³ desde *Scilab*, lo que hace es reescribir el valor que se encuentra en la primera posición de la memoria EEPROM del microcontrolador, el dato que el usuario introduce a través del software de usuario (ver 5.3.2.1.3 Archivo *BotonProgramar.sci* y/o 5.3.2.1.1 Archivo *Baston.sci*) corresponde a la distancia máxima, que el usuario del dispositivo desea que este mida, los datos dependen de la Tabla 9, los cuales son valores fijos.

5.3.2 Software del administrador

Dentro del software del administrador se encuentran varias herramientas, que deben cumplir de acuerdo a lo señalado en la Figura 20, que es lo correspondiente al comportamiento del circuito cuando se encuentra conectado al PC por el *USB*, en la Figura 21, se muestra con mas detalle lo que hace el software del administrador. Antes de todo cabe aclarar que éste se diseñó en *Scilab* 4.1, además de esto se descargó de la página <http://www.gds-sw.de/goodies.html> [GDSS2007] una herramienta que permite emular el puerto *USB* como un puerto serie RS-232 (ver 4.7.1.1 Archivo *Example.sce* [GDSS2007]). Para el correcto funcionamiento y compilación del mismo (ver Anexo D: Manual de usuario). El software final se encontrará a disposición en el *cd* de entrega final de esta monografía.

¹ 110 en decimal o 6E en hexadecimal.

² Valor hexadecimal, equivalente a 255 en decimal.

³ 80 en decimal o 50 en hexadecimal.

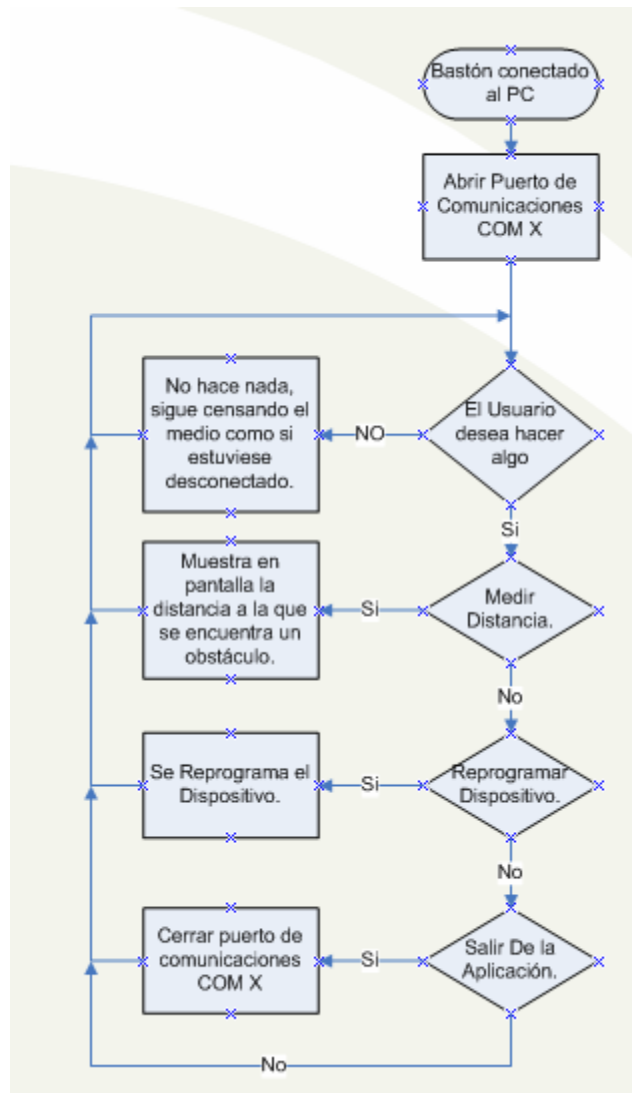


Figura 21: Diagrama de bloque del software del administrador.

A continuación se describen los diferentes archivos contenedores del mismo.

5.3.2.1.1 Archivo *Baston.sci*

El archivo ***Baston.sci*** es el cerebro de la aplicación, en él se hacen los diferentes llamados de las diferentes rutinas que tiene el software del usuario, incluyendo la apertura y cierre del puerto **USB**, también incluye los diferentes menús, botones, cajas de texto y texto de la interfaz gráfica. Igualmente este archivo contiene la

configuración del puerto *USB*, en la Figura 22 se muestra la interfaz gráfica del proyecto que usará el administrador final del mismo.

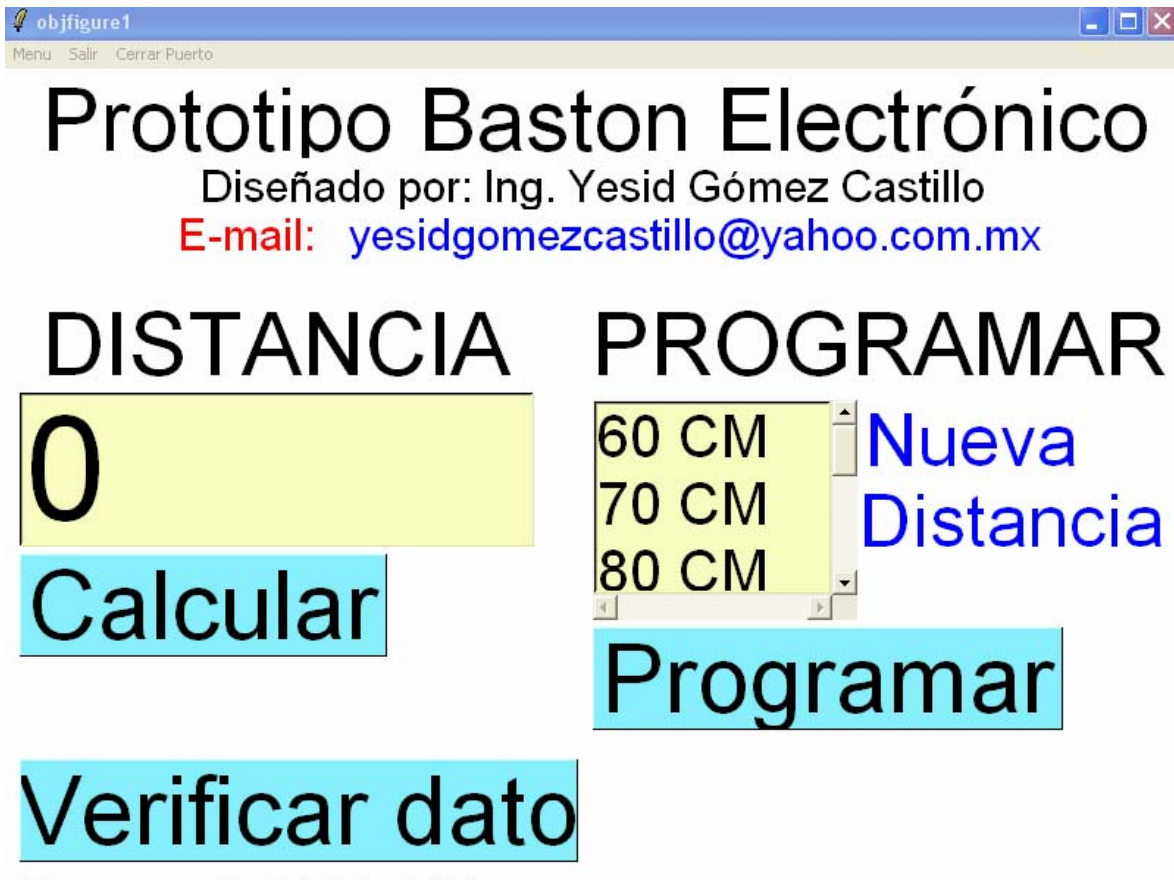


Figura 22: Interfaz gráfica del administrador del dispositivo.

Esta herramienta está diseñada para dos cosas principalmente:

En primer lugar, para comprobar el correcto funcionamiento del dispositivo, es decir: En el momento que el dispositivo se encuentra conectado al PC, calcula la distancia a la que se encuentra un determinado objeto. En segundo lugar: la reprogramación del dispositivo, a continuación se describen las dos rutinas correspondientes a los dos casos.

5.3.2.1.2 Archivo *BotonCalcular.sci*

El archivo **BotonCalcular.sci** realiza la siguiente acción: ejecuta un ciclo de 50 veces, durante este ciclo se envía al microcontrolador la letra “q” el

microcontrolador responde enviándole al PC, el dato de la distancia a la cual se encuentra el obstáculo o enviando un “NO cm” cuando la distancia de un obstáculo es mayor a la programada en el dispositivo. Como se ve en la Figura 23 se muestra el resultado de un obstáculo a 54 cm.

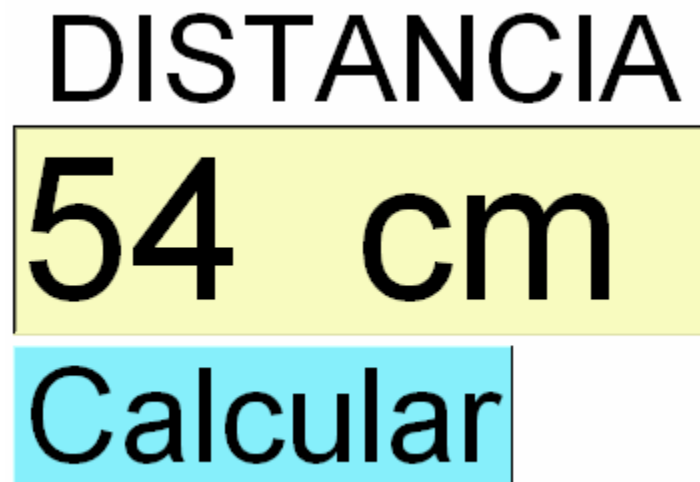


Figura 23: vista de la distancia en Scilab de un objeto a 54 cm.

5.3.2.1.3 Archivo BotonProgramar.sci

El archivo **BotonProgramar.sci** contiene una rutina que a diferencia de las anteriores, envía dos datos desde la PC hasta el dispositivo, el primero corresponde a la rutina que debe realizar el PIC, que es la rutina *escribir_eprom()*, el segundo dato corresponde al dato que se va a grabar en la memoria EEPROM del microcontrolador.

6. PRUEBAS Y RESULTADOS

6.1 EQUIPOS

A continuación se muestra una lista de equipos donde se hicieron las pruebas de comunicación y de compatibilidad del prototipo.

6.1.1 Equipo 1

Sistema

Microsoft Windows XP Professional Version 2002 Service Pack 1

Equipo:

Procesador: *AMD athlon™ XP 2600+* (a 1.54GHz y a 1.92 GHz)

Board: *KT6 Delta*

Ram: *512 de Ram*

6.1.2 Equipo 2

Sistema

Microsoft Windows XP Professional Version 2002 Service Pack 2

Equipo:

Procesador: *Intel(R) Celeron(R) CPU a 2.4 GHz*

Board: *HP d220*

Ram: *128 de Ram*

Dentro de estos equipos se desarrollaron las diferentes pruebas, tanto de conexión, transmisión y de recepción de datos.

6.2 PRUEBAS DE CONEXIÓN

6.2.1 Características de la prueba de conexión

Se realizan 100 pruebas de conexión y desconexión del prototipo con los equipos 1 y 2, se toman como conexiones correctas, aquellas que en el momento de conectar el prototipo al PC, es reconocido por el *sistema operativo (Windows XP)* a través del <Administrador de dispositivos> como un puerto de comunicación (COM) el cual tiene un correcto funcionamiento y no presenta incompatibilidad o conflicto con otro *hardware* o *sistema operativo*. Se toman como conexiones erróneas, aquellas que en el momento de conectar el prototipo al PC, no son reconocidas por el *sistema operativo (Windows XP)* a través del <Administrador de dispositivos> como un puerto de comunicación (COM), o adicionalmente son reconocidas pero no tiene un correcto funcionamiento y/o presenta incompatibilidad o conflicto con otro *hardware* o *sistema operativo*.

6.2.2 Resultados de la prueba de conexión

Conexión Nº	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0
2	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1
3	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Porcentaje de aciertos	90%	80%	90%	90%	90%	90%	90%	100%	90%	90%

Tabla 10: Resultados de las pruebas de conexión.

Como se ve en la Tabla 10, se obtuvo como resultado que el 90% de las conexiones que se hicieron del dispositivo fueron correctas y no presentaba

incompatibilidad del sistema, solo el 10% de las conexiones resultaba errónea, dentro de este 10% el 5% presentó errores en la primera conexión (es decir cuando se conecta el dispositivo al PC por primera vez), el otro 5% presentó errores cuando el dispositivo se encontraba conectado y transmitiendo datos desde y hacia el PC.

6.3 PRUEBA DE TRANSMISIÓN DE DATOS DESDE Y HACIA EL PC

6.3.1 Características de la prueba de transmisión

Se realizan 100 pruebas de transmisión de datos desde y hacia el PC.

6.3.2 Resultados de las pruebas de transmisión

Transmisión Nº	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Porcentaje de transmisiones correctas	100%	100%	90%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tabla 11: Resultados de la prueba de transmisión.

Como se ve en la Tabla 11, esta prueba fue una de las más satisfactorias de todas, dado que las diferentes pruebas de transmisión y recepción de datos que se hicieron, resultaron en un 99% confiable, y solo el 1% resultó erróneo.

6.4 PRUEBA DE CARGA Y DESCARGA DE LA BATERÍA

6.4.1 Características de la prueba de carga y descarga de la batería

Se realizaron las siguientes pruebas: se cargó la batería durante un determinado tiempo y luego de esto se encendía el dispositivo (sin conexión *USB*), al cual se le pone un obstáculo a 10 cm (máximo consumo del prototipo), posteriormente se esperaba hasta que el dispositivo se apagase por falta de corriente. A continuación se muestra en la Tabla 12 la duración de la batería.

6.4.2 Resultados de las prueba de carga y descarga de la batería

En la Tabla 12 se muestra el tiempo de duración de la batería bajo las mismas condiciones de descarga.

Tiempo de carga	Obstáculo a 10 cm.
1/2 Hora	20 min. aprox.
1 Hora	50 min. aprox.
2 Horas	100 min. Aprox.
3 Horas	130 min. Aprox.
4 Horas	150 min. Aprox.
5 Horas	150 min. Aprox.
6 Horas	160 min. Aprox.
7 Horas	170 min. Aprox.
8 Horas	180 min. Aprox.
9 Horas	180 min. Aprox.
10 Horas	180 min. Aprox.

Tabla 12: Tiempo de duración de batería de acuerdo al tiempo de carga.

Como se puede ver en la Tabla 12, en el caso de la batería utilizada, su duración máxima es de 180 minutos en el caso del consumo máximo de corriente (65 mA y 70 mA), lo cual es realmente satisfactorio dado que no siempre el consumo de corriente del dispositivo es el mismo (este varía entre los 30 mA y los 70 mA dependiendo de la distancia a la que se encuentre o no un obstáculo), además el usuario del dispositivo, durante un día común, el promedio de uso del bastón es

de 1 hora y media (90 minutos)¹, esto significa que en promedio una persona con discapacidad visual podrá utilizar el dispositivo con carga completa por cerca de tres días².

6.5 PRUEBA DE TIEMPOS DEL SRF05 EN MODO 1

El desarrollo de esta prueba se realiza con el fin de determinar cual es el tiempo de espera, que el sensor SRF05 tiene desde el momento de terminado el pulso de inicio (ver 5.3.1.4.2.2 Rutina `on_sensor();`), hasta el momento en que este empieza a realizar la medición³, dado que el fabricante no otorga esta información para este modo. Después de realizar las diferentes pruebas con objetos colocados a 10 cm, 50 cm, 100 cm, 150 cm, 200 cm, 250 cm, el tiempo varió entre los 690 uS y los 710us, se toma el valor de 700 uS que corresponde al modo 2 de funcionamiento del sensor.

6.6 PRUEBAS DE MEDICIÓN DE DISTANCIA

6.6.1 Características de la prueba de medición de distancia

Se hacen pruebas con las siguientes características:

- Ambiente natural (con ruido natural música)
- Obstáculo 1 plano (hoja tamaño carta)
- Obstáculo 2 cilíndrico (botella plástica con agua)
- Obstáculo 3 irregular (muñeco de peluche).
- Se utiliza los equipos 1y 2 para la transmisión y recepción de datos.

¹ Este dato es obtenido de acuerdo a información otorgada por tres de las personas que participaron de las pruebas, cabe aclarar que no es un dato general, adicionalmente el INCI no tiene información del promedio diario del uso del bastón.

² Este tiempo varía dependiendo del uso que la persona con discapacidad visual haga del dispositivo.

³ Dado que el sensor tiene un tiempo de espera para realizar la medición, después del pulso de inicio.



Figura 24: Obstáculos (botella plástica con agua, muñeco de peluche)

Se hicieron 20 pruebas de tres objetos colocados a distancias aleatorias en el rango correspondiente.

6.6.2 Resultados de la prueba de medición de distancia

A continuación en las tablas 13,14 y 15 se muestran los resultados de las pruebas realizadas de medición de distancia.

Resultados con Obstáculo 1 hoja tamaño carta																					
Distancia	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	% de aciertos
1-10 cm.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00%
10-20 cm.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00%
20-30 cm.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00%
30-40 cm.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00%
40-50 cm.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00%
50-60 cm.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00%
60-70 cm.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00%
70-80 cm.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00%
80-90 cm.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00%
90-100 cm.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00%
100-110 cm.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00%
110-120 cm.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	95,00%
120-130 cm.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	95,00%
130-140 cm.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	90,00%
140-150 cm.	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	80,00%
150-160 cm.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	80,00%
160-170 cm.	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	75,00%
170-180 cm.	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	60,00%
180-190 cm.	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	55,00%

Tabla 13: Resultados con obstáculo 1, hoja tamaño carta

Resultados con Obstáculo 2 botella plástica con agua																					
Distancia	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	% de aciertos
1-10 cm.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00%
10-20 cm.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00%
20-30 cm.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00%
30-40 cm.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00%
40-50 cm.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00%
50-60 cm.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00%
60-70 cm.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00%
70-80 cm.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00%
80-90 cm.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00%
90-100 cm.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00%
100-110 cm.	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	95,00%
110-120 cm.	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	85,00%
120-130 cm.	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	85,00%
130-140 cm.	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	80,00%
140-150 cm.	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	75,00%
150-160 cm.	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	65,00%
160-170 cm.	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	60,00%
170-180 cm.	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	50,00%
180-190 cm.	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	45,00%

Tabla 14: Resultados con obstáculo 2, botella plástica con agua.

Resultados con Obstáculo 3 muñeco de peluche																					
Distancia	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	% de aciertos
1-10 cm.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00%
10-20 cm.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00%
20-30 cm.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00%
30-40 cm.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00%
40-50 cm.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00%
50-60 cm.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00%
60-70 cm.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00%
70-80 cm.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100,00%
80-90 cm.	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	80,00%
90-100 cm.	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	65,00%
100-110 cm.	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	35,00%
110-120 cm.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	15,00%
120-130 cm.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	10,00%
130-140 cm.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	5,00%
140-150 cm.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00%
150-160 cm.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00%
160-170 cm.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00%
170-180 cm.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00%
180-190 cm.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00%

Tabla 15: Resultados con obstáculo 3, muñeco de peluche.

Después de desarrolladas las pruebas se notó, que entre mas grande sea el obstáculo existe mas posibilidades que el prototipo lo detecte.

6.7 PRUEBAS DEL PROTOTIPO

6.7.1 Personas que participaron

A continuación se da una lista de las personas con discapacidad visual que participaron de las diferentes pruebas realizadas en el Instituto Nacional Para Ciegos INCI.

Marta Torres Núñez: Estudiante INCI.

Fernando Oyola: Estudiante INCI.

Germán Acosta: Estudiante INCI.

Santiago Rodríguez: Trabajador INCI, Área: Proyecto de atención educativa.

Martha Cecilia Cosío: Trabajadora Social, Área: Programa de rehabilitación basada en la comunidad.

Walter Rafael Azula Grajano: Trabajador INCI, Área: Generación y apropiación del conocimiento.

A estas personas se le hicieron una serie de preguntas después de terminada las pruebas, las preguntas y respuestas se encuentran en el *Anexo E: Preguntas y Respuestas de las pruebas realizadas en el INCI*. Adicionalmente dentro del CD de entrega final se adicionarán algunas de las entrevistas en archivos de audio.

A continuación, se dan una serie de planteamientos y/o sugerencias, de las personas con discapacidad visual que participaron en las diferentes pruebas con el fin de dar al prototipo cumplimiento a las necesidades reales de movilidad:

- *“que el prototipo sea adaptable a cualquier bastón, ya que manifiestan que tienen no solo un bastón sino que adicionalmente tienen en sus casas mas de un bastón”.*
- *“que el prototipo de aviso, en especial, de los objetos que se encuentren del tórax hacia arriba ya que presentan continuamente golpes en las partes superiores del cuerpo, dado que con el bastón común miden los objetos a nivel de piso y no los de un nivel superior”.*
- *“que el prototipo se pueda quitar del bastón, es decir que se pueda quitar fácilmente la parte electrónica, para que ellos tengan la seguridad de que*

no va ha ser robado en caso de encontrarse en lugares poco seguros, adicionalmente para evitar el daño a causa del agua”.

- *“que si se puede quitar el dispositivo del bastón este pudiese ser colgado al cuello para su uso en lugares cerrados y tener independencia del bastón y poder tener sus manos libres”.*

Adicionalmente algunas de las pruebas fueron acompañadas por el Ingeniero:

HÉCTOR ANDRÉS MAFLA TRUJILLO
Ingeniero de Sistemas
Proyecto Investigación
Programa de Generación y Apropiación de Conocimiento
Instituto Nacional para Ciegos

6.7.2 Prueba número 1

Se desarrolla una prueba con el prototipo de bastón electrónico, participan 3 personas con discapacidad visual.

Lugar: Instituto Nacional Para Ciegos INCI. Carrera 13 N° 34-91.

Fecha: 19 de Abril del 2008.

Hora Inicio: 2:00 PM.

Hora Fin: 4:00 PM.

6.7.2.1 Características de la prueba número 1

Se presenta un prototipo de bastón electrónico, con un mango tipo pistola y un peso aproximado 200 gramos¹, el cual se acciona por medio de un interruptor, a este prototipo las personas con discapacidad visual manipulan, estas personas toman características esenciales como su peso, forma, tamaño, ergonomía, en la Figura 25 se observa este primer prototipo.

¹ No incluye el peso del bastón.



Figura 25: Prototipo tipo pistola.

6.7.3 Prueba número 2

Se desarrolla una prueba con el prototipo de bastón electrónico, participan 2 personas con discapacidad visual.

Lugar: Instituto Nacional Para Ciegos INCI. Carrera 13 N° 34-91.

Fecha: 25 de Abril del 2008.

Hora Inicio: 3:00 PM.

Hora Fin: 4:00 PM.

6.7.3.1 Características de la prueba número 2

Se presenta un prototipo de bastón electrónico, con mango tipo pistola, el cual se acciona por medio de un interruptor, el sensor tiene un ángulo de inclinación que apunta al piso, se realizan pruebas de movilidad en un recinto cerrado con diferentes obstáculos a nivel de rodillas (sillas, mesas), y nivel general como

paredes. Adicionalmente se hacen pruebas sobre la sensibilidad del sensor, y sobre la respuesta del usuario a la vibración del motor.

6.7.4 Prueba número 3

Se desarrolla una prueba con el prototipo de bastón electrónico, participan 3 personas con discapacidad visual.

Lugar: Instituto Nacional Para Ciegos INCI. Carrera 13 N° 34-91.

Fecha: 14 de Mayo del 2008.

Hora Inicio: 10:00 AM.

Hora Fin: 12:30 PM.

6.7.4.1 Características de la prueba número 3

Se presenta un prototipo de bastón electrónico, caja adherida al bastón con un peso aproximado de 180 gramos¹, la cual se acciona por medio de un interruptor, el sensor tiene un ángulo de inclinación variable (la persona con limitación visual puede cambiar el ángulo de inclinación del sensor), se realizan pruebas de movilidad en un recinto cerrado (Obstáculos: mesas, sillas, personas inmóviles) y abierto (Obstáculos: personas movilizándose, bolardos, postes, canecas de basura, árboles). Adicionalmente se hacen pruebas sobre la sensibilidad del sensor, y sobre la respuesta del usuario a la vibración del motor.

En la Figura 26 se observa el prototipo final ajustable, adicionalmente en la Figura 27 se observa a Walter Azula, en una de las pruebas realizadas en la calle.

¹ No incluye el peso del bastón.

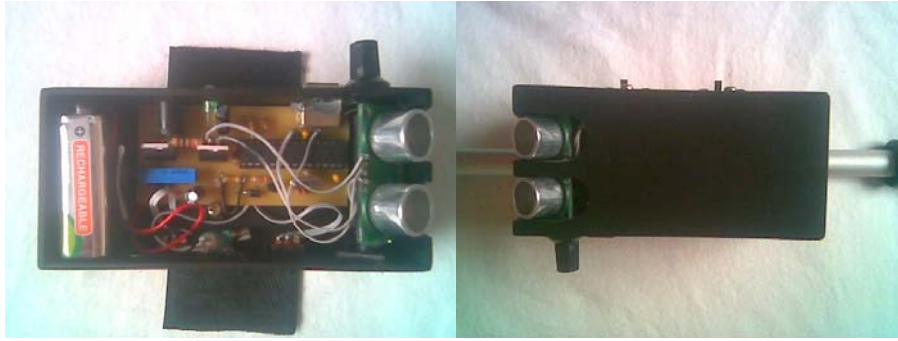


Figura 26: Prototipo ajustable al bastón, Circuito Interno y con bastón.



Figura 27: Prueba en la calle, Walter Azula, Héctor Mafla

6.7.5 Resultados de las pruebas realizadas en el INCI

Después de terminadas las pruebas se consideran como satisfactorias, dado que se conoció de las personas a quienes van dirigido este proyecto, sus necesidades de movilidad, independencia, la dificultad que tienen con ciertos tipos de obstáculos,

Adicionalmente, las personas que participaron de las pruebas participaron en los ajustes, la ergonomía, la forma entre otros aspectos del proyecto. De todas estas pruebas resultó lo siguiente:

- Les gustó mucho, la idea de motor vibrador, no les gusto la idea de tener sonido como alerta, sea por parlante o audífono, dado que estas personas utilizan el sentido auditivo en algunos lugares para guiarse.
- Les gustó mucho, el sistema de recarga de baterías.
- Les gustó mucho, la adaptabilidad a cualquier bastón, dado que poseen entre uno y tres bastones.
- Les gustó mucho, el cambio de parámetros de distancia máxima, dado que este cambio se ajusta a las necesidades de cada persona.
- Les gustó mucho, el cambio direccional que se le hace al sensor, para adecuarlo al gusto de cada individuo.

Finalmente, dado el cambio que se hace al prototipo en su parte ergonómica, la cual pasa de ser un prototipo con un mango adaptable a la mano de cada persona¹ con discapacidad visual y adaptable al bastón, por un prototipo que se adapta al bastón dejando el mango original de cada bastón, este cambio añade al bastón una caja la cual contiene el dentro los elementos electrónicos del prototipo. Este cambio se hizo debido a la necesidad que tienen las personas con discapacidad visual de tener el dispositivo en el bastón que ellos desean, dado que todos los bastones no son iguales, no se podía implementar un mango general, esta fue la razón fundamental para realizar dicho cambio.

Una de las ventajas al realizar este cambio es que baja el peso del prototipo, el cual pasó de 200 gramos a 180 gramos aproximadamente², otra ventaja es que interactúa de manera agradable con los bastones plegables y no plegables, en caso de los bastones plegables les permite que se plegue y se despegue de forma natural.

La caja se diseño de tal manera que en su interior se encontrasen todos los elementos electrónicos como se ve en la figura 26, de manera espaciada, además de ser pequeña y de bajo peso.

¹ Algunas personas que participaron de las pruebas manifestaron inconformidad con el mango tipo pistola decían que: “*Parece que estamos agarrando un arma*” esta fue una de las razones para realizar dicho cambio.

² No incluye el peso del bastón.

7. CONCLUSIONES

- Al realizar las pruebas del prototipo con personas que tienen discapacidad visual, se logró establecer y realizar objetivos que no se encontraban planteados en un principio, estos fueron:
 - ✓ Ajustar el prototipo para que el ángulo de incidencia del sensor fuese a la altura del tórax y cabeza, ya que estas personas eran más susceptibles a tener golpes con obstáculos al nivel del tórax y cabeza.
 - ✓ El diseñar un prototipo que cumpliera con la necesidad de ser llevado con bastón para lugares abiertos como calles, campo entre otros, y sin bastón lugares cerrados como edificios, casas.
 - ✓ Ajustar el prototipo para que se ajustara a los distintos bastones que posee cada persona con limitación visual.
- El haber implementado dentro del bastón el sistema de comunicación por USB y un software de administrador del dispositivo, le da a la persona con discapacidad visual la ventaja de calibrar el dispositivo de acuerdo a sus necesidades, ya que no todos los que realizaron las pruebas querían que la distancia máxima del dispositivo fuese la misma.
- Debido a los bajos costos de los materiales electrónicos utilizados, es posible que: las personas con discapacidad visual de bajos recursos puedan adquirir este prototipo.
- En un mundo real (ciudades, pueblos), las condiciones de los diferentes obstáculos son en su mayoría de carácter plano (paredes, andenes, puertas, vehículos), otra parte de carácter cilíndrico (postes, bolardos, árboles), y una última parte de carácter rugoso (animales y personas), de acuerdo a los resultados se puede considerar el diseño como satisfactorio, dado que en un alto porcentaje detecta los obstáculos de mayor envergadura a cierta distancia, permitiendo de esta manera, dar aviso anticipado del mismo a las personas con discapacidad visual, a quienes finalmente va dirigido este proyecto.

- El determinar el tipo de baterías recargable, teniendo en cuenta una alta corriente nominal, incrementa de manera considerable la estabilidad y durabilidad del dispositivo en encendido, logrando de esta manera que no sea necesario recargar las baterías a corto plazo.

8. RECOMENDACIONES

Para el desarrollo de proyectos similares a este se deben tener aspectos importantes como lo son:

- La participación en las pruebas de las personas a quien va dirigido el proyecto, en este caso personas con discapacidad visual.
- Tener en cuenta las sugerencias que hagan las personas con discapacidad visual, dado que es posible que se tenga una perspectiva diferente del proyecto y la necesidad real sea otra.

Los aspectos más importantes a tener en cuenta a nivel electrónico son:

- La correcta programación microcontrolador.
- Tener a la mano un programador de microcontroladores.
- Hacer los cálculos de consumo de corriente del prototipo.

9. TRABAJO FUTURO

Como proyectos a futuro se podría implementar dentro del mismo un sistema de posicionamiento global que guíe a la persona con discapacidad visual por una ruta segura cuando desee ir de un lugar determinado a otro.

Otro proyecto a futuro podría ser la implementación de dentro del mismo de un sistema de comunicación que le indique a la persona por medio de Braille, o a través de audio (Voz) el lugar exacto de su ubicación sea dentro de un centro comercial o la misma ciudad.

10. GLOSARIO

Alimentación: medida de entrada al circuito expresada en voltaje y/o corriente que el prototipo necesita para su correcto funcionamiento.

Cavitación: Formación de burbujas de vapor o de gas en el seno de un líquido, causada por las variaciones que éste experimenta en su presión. || **2. Med.** Formación patológica de cavidades en un tejido u órgano. [ENCA2005]

Compresión: (Del lat. *compressio*, *-ōnis*). f. Acción y efecto de comprimir. || **2. Gram.** sinéresis. || **3. Mec.** Esfuerzo a que está sometido un cuerpo por la acción de dos fuerzas opuestas que tienden a disminuir su volumen. [ENCA2005]

Condensaciones: es el efecto de condensar o aumentar de intensidad o número. [ENCA2005].

Contenedores: Ubicación donde se encuentran los archivos relacionados al proyecto.

Cristal: Elemento electrónico encargado de brindar una frecuencia u oscilación fija al microcontrolador.

Endpoint: Transacción de control del punto de destino.

Lazarillo: m. Muchacho que guía y dirige a un ciego. || **2.** Persona o animal que guía o acompaña a otra necesitada de ayuda. [ENCA2005].

Periódico: adj. Que guarda período determinado. || **2.** Que se repite con frecuencia a intervalos determinados. . [ENCA2005]

Puerto: Conectores o lugares donde se conectan los diferentes periféricos del computador. || **2.** Conexiones de entrada o salida tanto interna como externa del computador.

Rarefacciones: es el efecto de hacer menos denso o disminuir la intensidad o número. [ENCA2005].

uS: Unidad de tiempo (Microsegundos).

11. BIBLIOGRAFÍA

11.1 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[COUG1999] Coughlin F.Robert, Driscoll F. Frederick, Traducción. Bautista Gutiérrez Raúl. Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales. Quinta Edición, Pearson. México 1999.

[INCI2003] López C Maria Cristina, Rehabilitación básica, Manual de apoyo para trabajo en rehabilitación funcional área: ORIENTACIÓN Y MOVILIDAD. INCI. Colombia 2003.

[LEAS1999] Lea M. Susan, Burke John Robert. Física. La naturaleza de las cosas. Vol. I: International Thomson Publeshing Company. Santiago, Chile. 1999

[RECU1995] Recuero López Manuel. Ingeniería Acústica. Editorial Paraninfo, Madrid España. 1995.

[SERW1999] Serway Raymond A.. Física. Tomo I: Mc Graw-hill. México. 1999.

[ZEMA2004] Zemansky W. Mark, Sears W. Francis, Young D. Hugo, Freedman Roger A.. Física Universitaria. Volumen I y II: Pearson Educación. México. 2004.

11.2 REFERENCIAS DE INTERNET

[DANE2006] Departamento de estadísticas nacionales. DANE. Colombia. 2006. <http://www.dane.gov.co> Visitada en Septiembre del 2006.

[DEVA2008] Data Sheet, Módulo de ultrasonido SRF05.

<http://www.msebilbao.com/notas/downloads/Medidor%20Ultrasonico%20SRF05.pdf>

[DUND2006] Universidad de Dundee. Universidad investigadora de las aplicaciones de los ultrasonidos en el campo de la medicina. Escocia. 2006
<http://www.dundee.ac.uk> Visitada en Septiembre del 2006.

[INCI2007] Instituto Nacional Para Ciegos. INCI. Colombia. 2007.
<http://www.inco.gov.co> Visitada en Septiembre del 2007.

[FONA2006] Fondo nacional de la discapacidad. Ministerio de Planificación. Noticia de actualidad internacional. Chile 2004.
<http://www.fonadis.cl/index.php?seccionfiltered=19&articulo=810> Visitada en Septiembre del 2006.

[GDSS2007] <http://www.gds-sw.de/goodies.html> Visitada en Marzo del 2007

[MICR2007] *Microchip* Technology (AMT) <http://www.Microchip.com>

Data Sheet PIC18F2550.

http://www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=SS_GET_PAGE&nodeId=1335&dDocName=en010280

Firmware, especificación CDC, Driver.

http://www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=SS_GET_PAGE&nodeId=2124¶m=en022625

Visitadas en Julio del 2007.

[NATI2007] *National Semiconductor* <http://www.national.com/mpf/LM/LM317.html>
Visitada en Julio del 2007

[PABL2007] <http://pablohoffman.com/cgi-bin/twiki/bin/view/OscUSB/DocCap03USB>
Visitada en Marzo del 2007.

[PROT2007] <http://www.ieeeproteus.com> Visitada en Julio del 2007.

[SCIL2007] *INRIA* (Institut Nationale de Recherche en Informatique et en Automatique) y el *ENPC* (Ecole Nationale des Ponts et Chaussées) de Francia. Empresas encargadas del desarrollo del software SCILAB para todo tipo de empresas a nivel francés, <http://www.scilab.org> Visitada en Marzo del 2007.

[SUPE2007] súper robótica tienda virtual, productos electrónicos <http://www.superrobotica.com/S320110.htm> Visitada en Julio del 2007

[TRAN2008] <http://www.tranzistoare.ro/datasheets3/fairchild/LM7805.pdf> Visitada en Julio del 2007

[UANL2006] Universidad Autónoma de Nuevo León. Completísimo estudio sobre la aplicación de los ultrasonidos en la química. México. 2006. http://www.uanl.mx/publicaciones/ingenierias/5/pdf/5_Boris_uso_del_ultrason.pdf: Visitada en Agosto del 2006.

[USBO2007] Organización compuesta por varias empresas del ramo de la computación y la electrónica, entre las que se encuentran Apple Computer, Hewlett-Packard, Microsoft e Intel. Encargadas del diseño del protocolo *USB* <http://www.USB.org/developers/docs/> Visitada en Marzo del 2007.

[UVAT2006] Vega Fidalgo Luís Miguel y Téllez Zorita David. Universidad de Valladolid (UVA). Documento realizado por profesores (de ingeniería de telecomunicaciones) de la universidad de Valladolid con el fin de dar apoyo a sus estudiantes: Título del documento "proyecto de la ingeniería de las ondas 1". España. 2006. http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_03_04/infra_y_ultra/index.htm Visitada en Septiembre del 2006

11.3 REFERENCIAS AUDIOVISUALES

[ENCA2005] *Microsoft Corporation*: enciclopedia de consulta. 2005.