

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 Correo: yesidgomezcastillo@yahoo.com.mx

Asesor: Ing. Ramsés Martínez

Fecha: 10 de Julio de 2008

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.

Palabras Claves –limitación visual, ceguera, ultrasonido, comunicación USB.

I. INTRODUCCIÓN

A través de los tiempos, las personas con limitación visual se han movilizado 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” [1], es decir entre unos \$2.362.000 hasta unos \$ 7.086.000 pesos aproximadamente¹, por tal motivo, la mayoría 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.

II. CONTENIDO

a. Marco teórico

A continuación se dan bases teóricas del proyecto en general, se tiene en cuenta la población a la que va dirigida, la definición de términos como: limitación visual, bastón, ultrasonido, USB, entre otros los cuales hacen referencia del desarrollo del proyecto.

El término **LIMITACIÓN VISUAL** se refiere, tanto a la **CEGUERA** como a la **BAJA VISIÓN**. **Ceguera**: “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” [2].

En la **figura 1** se ve un bastón plegable el cual permite a la persona limitada visual independencia en sus movimientos, en la actualidad existen múltiples bastones, estos difieren de características como peso, forma, tamaño entros.



Figura 1: Bastón plegable [INCI2003].

Para el desarrollo del proyecto se trabaja con las ondas sonoras en el rango del ultrasonido, estas son ondas mecánicas que necesitan de un medio material para transmitirse, como lo es el aire.

La propagación del ultrasonido [3] contiene 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.

Para el desarrollo de este proyecto se usa un microcontrolador de la familia *Microchip*, mas exactamente el PIC18F2550, el cual contiene el modulo de comunicación *USB*,

El Universal Serial Bus (*USB*) [4] es un estándar diseñado para conectar dispositivos, a través de un bus serie. 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.

Adicionalmente *Microchip* provee el *Firmware*[5] en su [página](#) [5], el cual 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.

El *Firmware* realiza la emulación del puerto RS-232 sobre *USB* [5]. La interfaz serial *RS-232* actualmente no es un puerto común localizado en una la PC. 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 2**, el método más

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

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.

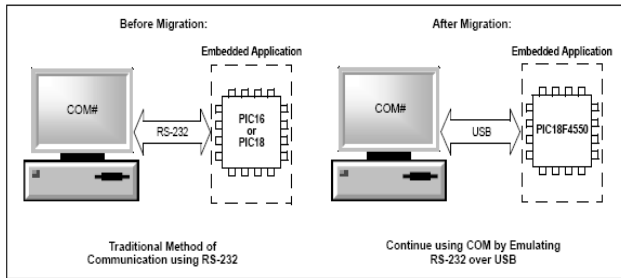


Figura 2: Equivalencia de comunicaciones seriales funcionales [5].

Dentro del *Firmware* se encuentra la especificación *CDC* (*Communication Device Class*) la cual 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.

b. Descripción del problema

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 costo y que brinde una mayor movilidad evitando posibles obstáculos en una ruta determinada, permitiendo que se creen una imagen del medio a su alrededor.

c. DESARROLLO

En el desarrollo del proyecto, se implementaron varios circuitos y software, con el fin de cumplir con el propósito general del proyecto. A continuación se describe cada una de las etapas de los circuitos y software desarrollados y su funcionalidad dentro del mismo.

d. DESARROLLO DE CIRCUITOS

Circuito de alimentación

El propósito del desarrollo de este circuito, es permitir que el dispositivo pueda ser llevado por el usuario durante cierto tiempo, adicionalmente que este tenga la capacidad de volverlo a utilizar después de terminada la carga de baterías, con un circuito que permite la recarga de las mismas. A continuación se describe cada uno de estos circuitos.

Circuito de alimentación completo

Como se ve en la **Figura 3**, el circuito contiene una serie de componentes electrónicos los cuales permiten el funcionamiento correcto de la alimentación del circuito en general y de la carga de baterías. Adicionalmente 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. En segundo lugar se ha añadido regulador de voltaje (*LM7805*), el cual reduce el voltaje de 9V a 5V indispensable para el funcionamiento del microcontrolador y sensor.

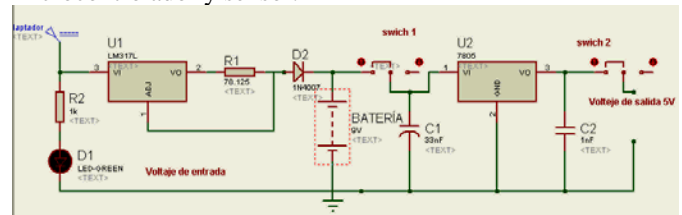


Figura 3: Circuito de alimentación completo.

Dentro del diseño se añadió un *swich* (*swich2*) a la salida del *LM7805* con el fin de darle un encendido y/o apagado general.

Circuito de control

El propósito general de este circuito, es controlar los procesos de los otros circuitos y/o periféricos que se conectan al mismo, adicionalmente realizar la comunicación entre el dispositivo y el PC.

En la **Figura 4** se ve el circuito de polarización del microcontrolador completo.

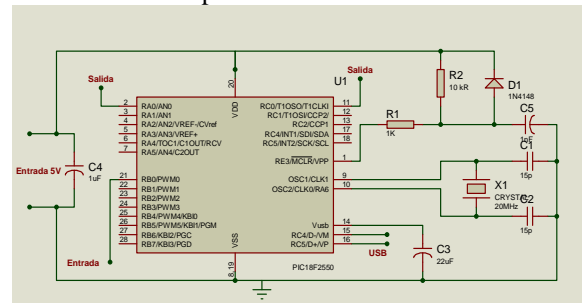


Figura 4: Circuito de polarización.

Sensores

La función del sensor es medir la distancia a la que se encuentra un determinado obstáculo, para el desarrollo del proyecto se escogió el 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).

Circuito de respuesta al usuario

Este circuito tiene como finalidad otorgar al usuario una respuesta a través de vibración, de la distancia a la cual se encuentra un obstáculo.

El circuito de la **Figura 5**, tiene el siguiente funcionamiento: dependiendo de la distancia, si hay o no un obstáculo (ver *Archivo motor.c*), 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.

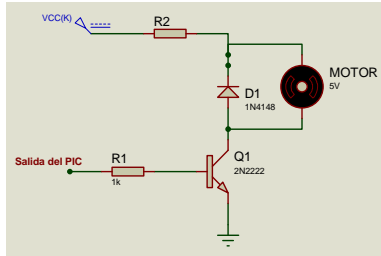


Figura 5: Circuito de respuesta al usuario con motor.

e. DESARROLLO DEL SOFTWARE

El software se desarrollo en dos partes una primera correspondiente al software del microcontrolador y una segunda correspondiente al software del administrador, estas dos unidas son las encargadas de realizar la comunicación entre el dispositivo y el PC.

Software del microcontrolador

El software del microcontrolador es el encargado de controlar los distintos procesos del dispositivo sea con el uso normal (el usuario final y bastón) o cuando este se encuentra en conexión con el PC (para ajustes o pruebas con el administrador).

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.

Funcionalidad del circuito sin conexión USB

Como se puede observar en la **Figura 6**, 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:

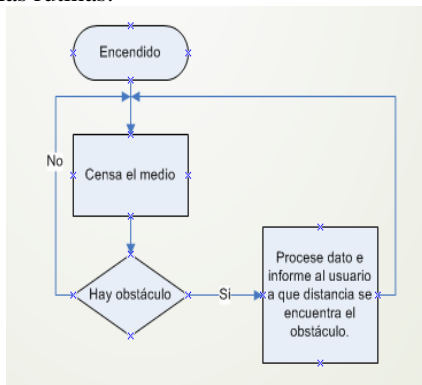


Figura 6: Diagrama de bloques del circuito de control sin conexión USB.

La rutina *leer_eprom()*, se encarga de leer la primera posición de la memoria EEPROM del microcontrolador, este valor corresponde al máximo de distancia que el dispositivo puede enviar al PC o como respuesta al circuito de respuesta al usuario.

La rutina *on_sensor()*, tiene como finalidad darle el pulso de inicio del sensor SRF05, el cual debe tener una duración mínima de 10 microsegundos.

El **archivo cualfue.h** contiene dos rutinas. La primera 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 de este momento 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.

El **Archivo motor.c** realiza la siguiente función: 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 más lejos la vibración será menor.

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 7**, a continuación se describen las rutinas que corresponden a la función que hace el circuito cuando se encuentra conectado al PC, se debe tener en cuenta que se ha ejecutado el programa en Scilab *baston.sci*.

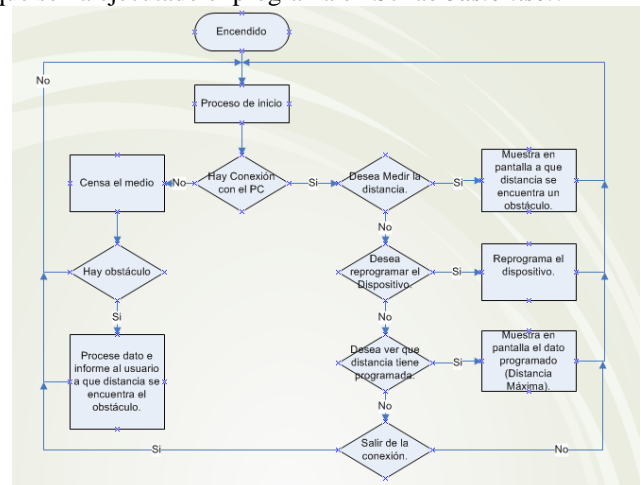


Figura 7: Diagrama de bloque del circuito de control con conexión USB.

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 programa desarrollado en Scilab la letra "q", 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.

La rutina *distan()*, se ejecuta al enviar la letra "n", desde *Scilab*, 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", si

el usuario ha reprogramado el dispositivo, el valor debe coincidir con el programado.

La rutina *escribir_eprom()*;, se ejecuta al enviar la letra “P”¹ 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 corresponde a la distancia máxima, que el usuario del dispositivo desea que este mida (entre 60 y 250 cm) , los cuales son valores fijos.

Software del administrador

Dentro del software de usuario se encuentran varias herramientas, que deben cumplir de acuerdo a lo señalado en la *Figura 7*, que es lo correspondiente al comportamiento del circuito cuando se encuentra conectado al PC por el *USB*.

A continuación se describen los diferentes archivos contenedores del mismo.

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 administrador, incluyendo la apertura y cierre del puerto *USB*, también incluye los diferentes menús, botones, cajas de texto. Igualmente este archivo contiene la configuración del puerto *USB*.

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 8* se muestra el resultado de un obstáculo a 54 cm.

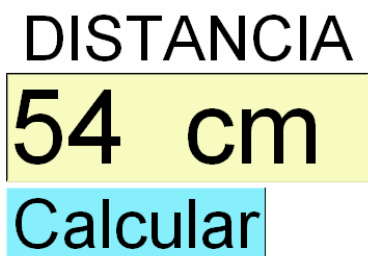


Figura 8: vista de la distancia en Scilab de un objeto a 540 cm.

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.

f. Pruebas y Resultados PRUEBAS DE CONEXIÓN

Se realizan 100 pruebas de conexión y desconexión del prototipo, se toman como conexiones correctas, aquellas que en el momento de conectar el prototipo al PC, es reconocido por el *sistema operativo (Windows XP)* 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)*, o adicionalmente son reconocidas pero no tiene un correcto funcionamiento y/o presenta incompatibilidad o conflicto con otro *hardware* o *sistema operativo*.

Conexión N°	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
% de aciertos	90 %	80 %	90 %	90 %	90 %	90 %	90 %	100 %	90 %	90 %

Tabla 1: resultados pruebas de conexión.

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, el otro 5% presentó errores cuando el dispositivo se encontraba conectado y transmitiendo datos desde y hacia el PC.

PRUEBA DE TRANSMISIÓN DE DATOS DESDE Y HACIA EL PC

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

Transmisión N°	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
% de transmisiones correctas	100 %	100 %	90 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Tabla 2: Resultados pruebas de transmisión.

Esta prueba fue una de las más satisfactorias de todas, dado que las diferentes pruebas de transmisión y recepción de datos

¹ 80 en decimal o 50 en hexadecimal.

que se hicieron, resultaron en un 99% confiable, y solo el 1% resultó erróneo.

PRUEBA DE CARGA Y DESCARGA DE LA BATERÍA

Se cargó la batería durante un determinado tiempo y luego de esto se encendía el dispositivo, al cual se le pone un obstáculo a 10 cm (máximo consumo), posteriormente se esperaba hasta que el dispositivo se apagase por falta de corriente.

En la **Tabla 3** 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 3: Tiempo de duración de batería de acuerdo al tiempo de carga.

PRUEBAS DE MEDICIÓN DE DISTANCIA

Se hicieron 15 pruebas de tres objetos colocados a distancias aleatorias en el rango correspondiente en la **figura 9** se ven 2 de los obstáculos propuestos. De acuerdo a la **tabla 5**, P1 corresponde a hoja tamaño carta, P2 corresponde a botella con agua, P3 corresponde a muñeco de peluche.



Figura 9: Obstáculos (botella plástica con agua, muñeco de peluche)

Distancia	P1	P2	P3
1-10 cm.	100%	100%	100%
10-20 cm.	100%	100%	100%
20-30 cm.	100%	100%	100%
30-40 cm.	100%	100%	100%
40-50 cm.	100%	100%	100%
50-60 cm.	100%	100%	100%
60-70 cm.	100%	100%	100%
70-80 cm.	100%	100%	100%
80-90 cm.	100%	100%	80%
90-100 cm.	100%	100%	65%

100-110 cm.	100%	95%	35%
110-120 cm.	95%	85%	15%
120-130 cm.	95%	85%	10%
130-140 cm.	90%	80%	5%
140-150 cm.	80%	75%	0%
150-160 cm.	80%	65%	0%
160-170 cm.	75%	60%	0%
170-180 cm.	60%	50%	0%
180-190 cm.	55%	45%	0%

Tabla 4: Resultados de la prueba de medición.

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

PRUEBAS DEL PROTOTIPO

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 a ser robado en caso de encontrarse en lugares poco seguros, adicionalmente para evitar el daño a causa del agua”.

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 10** se observa este primer prototipo.



Figura 10: Prototipo número 1.

Características de la prueba número 2

¹ No incluye el peso del bastón.

Se presenta un prototipo 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.

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 (mesas, sillas, personas inmóviles) y abierto (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 11** se observa el prototipo final ajustable, adicionalmente en la **Figura 12** se observa a Walter Azula, en una de las pruebas realizadas en la calle.



Figura 11: Prototipo ajustable al bastón, Circuito Interno y con bastón.



Figura 12: Prueba en la calle, Walter Azula, Héctor Mafla

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.
- 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 persona con discapacidad visual y adaptable al bastón, por un prototipo el cual deja el mango original de cada bastón y 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.

Adicionalmente este cambio produce algo favorable al proyecto, dado que baja el peso del prototipo, el cual pasó de 200 gramos a 180 gramos aproximadamente, otro cambio 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 normal.

g. 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 cuerdo a sus

¹ No incluye el peso del bastón.

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.

h. *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.

III REFERENCIAS

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

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

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

[4] <http://pablohoffman.com/cgi-bin/twiki/bin/view/OscUSB/DocCap03USB> traducción documento USB forum Visitada en Marzo del 2007.

[5] *Microchip* Technology (AMT) <http://www.Microchip.com> Visitada en Julio del 2007.

IV BIBLIOGRAFÍA



Yesid Gómez Castillo: Nació en Vélez Santander el 11 de julio de 1980. Hizo sus estudios de primaria en la escuela San Pablo, y secundaria en el Colegio Nacional Universitario de Vélez CUV. Después de terminada la secundaria administro su propio negocio durante tres años, posteriormente inicio estudios de ingeniería electrónica y de telecomunicaciones en el Fundación Universitaria San Martín, actualmente cursa 10 semestre y desarrolla como proyecto de grado, un prototipo de bastón sensorial para discapacitados visuales, asesorado por el INCI (Instituto Nacional Para Ciegos).