

SISTEMA DE ASISTENCIA Y GUÍA PARA PERSONAS INVIDENTES

MELISSA ANDREA PERALTA MOSQUERA

JOSÉ VICENTE URMENDIZ TERREROS

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE AUTOMÁTICA Y ELECTRÓNICA
PROGRAMA INGENIERÍA BIOMÉDICA
SANTIAGO DE CALI
2014**

SISTEMA DE ASISTENCIA Y GUÍA PARA PERSONAS INVIDENTES

MELISSA ANDREA PERALTA MOSQUERA

JOSÉ VICENTE URMENDIZ TERREROS

**Proyecto de Grado para optar al título de
Ingeniera Biomédica**

**Director
DIEGO FERNANDO ALMARIO ÁLVAREZ
Ingeniero Electricista
Magister en Automática**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE AUTOMÁTICA Y ELECTRÓNICA
PROGRAMA INGENIERÍA BIOMÉDICA
SANTIAGO DE CALI
2014**

Nota de Aceptación:
Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al título de Ingeniera Biomédica.

JUAN CAMILO ACOSTA

Jurado

ANDRÉS FELIPE NAVAS

Jurado

Santiago de Cali, 08 de agosto de 2014

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradecemos a nuestros padres, por su amor incondicional, por toda la ayuda y el apoyo recibido. Guillermo Molinares, Lilian Terreros, Leticia Mosquera y Carlos Peralta... A ustedes les debemos en gran parte el estar hoy culminando nuestra etapa de formación profesional. Fueron el impulso principal que nos motivó a llegar hasta este punto. Desde el corazón les agradecemos inmensamente la oportunidad que nos brindaron de formarnos como profesionales. A Guillermo Urmendiz, aunque no esté presente en medio de nosotros de forma física, también contribuyó en los resultados que se ponderados en este proyecto.

A los docentes que aportaron con nuestra formación profesional. En especial al director del proyecto Diego Almario por su dedicación y colaboración que permitió el desarrollo y culminación de este trabajo de grado, ya los directores de programa Jesús Alfonso López y Paola Andrea Neuta, por su cordialidad, disposición y colaboración durante toda la etapa de formación académica.

A María Paula Betancourt y Adriana Gutiérrez, estudiantes de la Universidad Autónoma de Occidente, y a los miembros de la fundación de y para limitados visuales ASOLIV, quienes nos colaboraron muy amablemente en las etapas de investigación preliminares del desarrollo del proyecto.

A nuestros amigos, quienes nos aportaron mucho con el cariño, paciencia y ayuda que recibimos de ustedes en todas las etapas de nuestro proceso formativo. En especial a Felipe Saldarriaga, Álvaro Caicedo, Linda Pérez y Ángela Domínguez. Gracias por todo.

CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	15
INTRODUCCIÓN	16
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	177
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	17
2. JUSTIFICACIÓN	188
3. OBJETIVOS	199
3.1 OBJETIVO GENERAL	19
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
4. MARCO DE REFERENCIA	20
4.1 ANTECEDENTES	20
4.1.1 ARGUS.	20
4.1.2 Prototipo sónico de ayuda a la ceguera.	2121
4.1.3 Smart Vision Prototype.	2222
4.1.4 Ultracane	23
4.1.5 Sistema detector de obstáculos portátil.	24
4.2 MARCO TEÓRICO	25

4.2.1 Discapacidad visual.	25
4.2.1.1 Ceguera.	26
4.2.2 Orientación y Movilidad.	266
4.2.3 Técnicas de orientación y movilidad para invidentes.	26
4.2.4 Herramientas de navegación para invidentes.	27
4.2.4.1 Bastón.	27
4.2.4.2 Perro guía.	288
4.2.4.3 Ayudas electrónicas.	288
4.2.5 Tecnologías relacionadas con la orientación y movilidad.	28
4.2.5.1 Sistemas de localización y posicionamiento.	28
4.2.5.2 Sensores.	30
4.2.5.3 Aplicaciones para dispositivos móviles.	30
5. METODOLOGÍA	32
5.1 Planeación del producto.	32
5.2 Desarrollo del concepto.	32
5.3 Diseño a nivel sistema.	33
5.4 Diseño de detalles.	33
5.5 Pruebas y refinamiento.	33
6. DESARROLLO DEL PROYECTO	34
6.1 PLANEACIÓN DEL PRODUCTO.	34
6.1.1 Descripción del producto.	34

6.1.2 Oportunidad del dispositivo.	34
6.1.3 Restricciones.	34
6.1.4 Objetivos generales.	35
6.1.5 Usuarios principales.	35
6.1.6 Suposiciones.	35
6.1.7 Participantes.	35
6.2 IDENTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES.	36
6.2.1 Determinación de las necesidades.	36
6.3 ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO.	444
6.3.1 Lista de métricas.	45
6.3.2 Valores objetivo ideales y marginalmente aceptables	49
6.4 GENERACIÓN DEL CONCEPTO.	50
6.4.1 Aclarar el problema.	50
6.4.2 Búsqueda interna - externa.	52
6.4.3 Exploración sistemática.	59
6.5 SELECCIÓN DEL CONCEPTO.	61
6.6 ARQUITECTURA DEL PRODUCTO.	63
6.6.1 Esquema del producto.	64
6.6.2 Disposición geométrica aproximada del dispositivo.	64
6.7 DISEÑO INDUSTRIAL.	65
6.7.1 Necesidades ergonómicas.	66
6.7.2 Necesidades estéticas.	66
6.8 CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPOS.	67

6.8.1 Prototipo analítico del sistema de asistencia y guía asistida para invidentes.	81
6.9 ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DE MANUFACTURA.	86
6.10 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.	87
7. CONCLUSIONES	90
8. RECOMENDACIONES	9293
BIBLIOGRAFÍA	93
ANEXOS	98

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Resultados de la encuesta en la pregunta número 2.	38
Cuadro 2. Resultados de la encuesta en la pregunta número 3.	39
Cuadro 3. Resultados de la encuesta en la pregunta número 4.	39
Cuadro 4. Resultados de la encuesta en la pregunta número 8.	40
Cuadro 5. Resultados de la encuesta en la pregunta número 10.	40
Cuadro 6. Resultados de la encuesta en la pregunta número 11.	41
Cuadro 7. Resultados de la encuesta en la pregunta número 12.	41
Cuadro 8. Necesidades de los invidentes manifestadas e interpretadas.	43
Cuadro 9. Lista de métricas.	45
Cuadro 10. Simbolización de las relaciones en la matriz de calidad.	46
Cuadro 11. Valores ideales y aceptables de las especificaciones cauntitativas.	49
Cuadro 12. Matriz de selección de conceptos.	62
Cuadro 13. Especificaciones técnicas de sensores ultrasónicos.	70
Cuadro 14. Especificaciones técnicas del acelerómetro seleccionado.	73
Cuadro 15. Especificaciones técnicas del servomotor seleccionado.	74
Cuadro 16. Especificaciones descriptivas del motor seleccionado.	75
Cuadro 17. Comparación entre las características de las tarjetas Arudino.	76
Cuadro 18. Especificaciones técnicas del módulo Bluetooth.	78
Cuadro 19. Identificación del cableado distribuido en el bastón.	84

Cuadro 20. Costos de componentes estándar del prototipo.	86
Cuadro 21. Resultados experimentales de la prueba del sensor superior.	87
Cuadro 22. Resultados experimentales de la prueba del sensor intermedio.	88

LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 1. Cuestionario dirigido a personas con ceguera para determinar sus necesidades	35
----------------------------------------------------------------------------------------------	-----------

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Componentes del sistema ARGUS.	20
Figura 2. Prototipo sónico de ayuda a la ceguera en uso.	21
Figura 3. Smart Vision Prototype.	21
Figura 4. Ultracane y sus componentes.	23
Figura 5. Detector de obstáculos portátil.	24
Figura 6. Etapas del proceso estructurado de Diseño y Desarrollo de productos.	32
Figura 7. Matriz "Casa de la calidad".	47
Figura 8. Diagrama funcional de un sistema de asistencia y guía para personas invidentes.	51
Figura 9. Combinación de conceptos.	59
Figura 10. Diagrama esquemático del prototipo.	64
Figura 11. Descripción geométrica aproximada del dispositivo.	65
Figura 12. Composición del sistema de asistencia y guía para personas invidentes formulado en el proyecto.	67
Figura 13. Imagen del bastón blanco adquirido para el desarrollo del prototipo	68
Figura 14. Bola deslizante adaptada en el extremo inferior del bastón	69
Figura 15. Configuraciones de haz para los sensores LV-Maxsonar EZ series	71
Figura 16. Tarjeta Arduino Mega 2560.	77
Figura 17. Apariencia de la aplicación diseñada en sus entornos.	80

Figura 18. Modelo en 3D del bastón con sus componentes electrónicos.	82
Figura 19. Primer plano del bastón con sus dimensiones.	83
Figura 20. Segundo plano del bastón con sus dimensiones.	84
Figura 21. Distribución del cableado en el bastón.	85
Figura 22. Distribución de los obstáculos y puntos medidos para la prueba del sensor superior.	88
Figura 23. Distribución de los obstáculos y puntos medidos para la prueba del sensor intermedio.	89

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Manual de usuario.	98
Anexo B. Diagrama de flujo de la identificación de obstáculos.	108
Anexo C. Programación de la aplicación "modo invidente".	109
Anexo D. Programación de la aplicación "modo acudiente".	114

RESUMEN

Este proyecto propone el diseño de un prototipo funcional de un sistema de guía asistida para personas invidentes que facilite su desplazamiento de manera segura y confiable. El prototipo electrónico permitirá a las personas que carecen de visión desplazarse con relativa libertad, al tiempo que los guiará y alertará ante la presencia de objetos cercanos.

Para cumplir con las metas planteadas se empleó la metodología estructurada de diseño y desarrollo de productos, en la que se abarcan diferentes etapas y actividades que orientan el proyecto desde su conceptualización hasta su puesta en marcha y funcionamiento.

El resultado final del sistema se estableció como una adaptación del bastón tradicional usado comúnmente por las personas invidentes, instalándole un sistema de detección de obstáculos en tres niveles (inferior, frontal y superior), para facilitar su movilidad día a día. Además, se complementa con una aplicación para celulares que utiliza herramientas para facilitar la ubicación espacial del invidente.; también maneja un componente de redes sociales y las pone al servicio de él para la comunicación con sus parientes.

Palabras clave: Invidentes, diseño y desarrollo de productos, asistencia.

INTRODUCCIÓN

La orientación y navegación humana es una actividad estrechamente dependiente de la visión, por lo que la incapacidad para trasladarse con autonomía e independencia es una de las dificultades más comunes que afrontan las personas que carecen de este sentido en su vida cotidiana. Por este motivo, es común que esta población recurra a instrumentos y técnicas que sirvan de apoyo para complementar dichas actividades.

Entre la oferta de dispositivos para orientación y movilidad existente actualmente, el bastón es el elemento auxiliar más utilizado por la población invidente, esto en gran parte por su economía y fácil manejo, sin embargo presenta algunas desventajas en su desempeño, como por ejemplo la imposibilidad de reconocer posibles obstáculos que se presenten de la cintura del usuario hacia arriba. Por tal motivo, la creación y adaptación de instrumentos de movilidad alternativos con un nivel de tecnología más avanzado ha sido el objetivo de investigaciones científicas en los últimos tiempos, con las que se busca maximizar los usos y beneficios de dichas herramientas para las personas con esta discapacidad.

Con la realización de este proyecto se pretende desarrollar un prototipo funcional de un dispositivo que sea útil en el proceso de orientación y movilidad de las personas invidentes al tiempo que les proporciona un mejor desempeño en diferentes escenarios y una mejor calidad de vida, partiendo del precedente de los dispositivos ya existentes y la necesidad de mejorar sus prestaciones para que se convierta en una herramienta que permita el desplazamiento de sus usuarios de manera segura y confiable.

Entre los beneficios que se proyectan con esta propuesta para sus usuarios está el bajo costo de adquisición y el uso de tecnología moderna, lo que se traduce en un dispositivo de características adecuadas para su uso en la población invidente.

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La invidencia es tratada como una discapacidad de tipo físico – sensorial. Esta situación limita la capacidad de las personas afectadas para realizar actividades de la vida cotidiana y deteriora su calidad de vida. La dificultad para trasladarse con autonomía e independencia es uno de los obstáculos más habituales en las personas que sufren de invidencia, situación que además de afectar su movilidad, puede trascender a que enfrenten problemas a nivel emocional, como también de tipo laboral y social. Es común que las personas con invidencia recurran a medios alternativos de apoyo para desplazarse de un lugar a otro, como el uso de herramientas técnicas o auxiliares. Entre las más comunes de este tipo están los bastones de movilidad y los perros guía. Sin embargo, este tipo de ayudas a veces resultan insuficientes en tanto que hay cierta información sobre el entorno que el sujeto requiere y el bastón o el perro guía no son capaces de otorgar. Esta información corresponde a detalles como obstáculos en el plano superior del individuo, la ubicación actual y exacta del individuo, desplazarse a una ubicación o dirección específica, entre otros. Lo anterior evidencia la necesidad de desarrollar una solución para suplir las dificultades a las que se encuentran sometidas las personas invidentes, especialmente en entornos abiertos, de modo que sea posible identificar diversos tipos de obstáculos que interfieran su desplazamiento, como también determinar la información geográfica del espacio en el que se desenvuelve, de modo que sea una herramienta útil en la orientación y movilidad de las personas con esta discapacidad.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Del planteamiento anterior surge la siguiente pregunta: ¿Qué dispositivo se puede diseñar que funcione como un sistema de guía asistida para personas invidentes acorde a las especificaciones y necesidades de su entorno?

2. JUSTIFICACIÓN

Las personas que se encuentran en situación de discapacidad por la invidencia se enfrentan a restricciones en el entorno que limitan su desempeño en actividades como el desplazamiento y la orientación. Por este motivo, las ayudas especiales que faciliten el desenvolvimiento de las personas con esta condición en dichas actividades constituyen un gran aporte al mejoramiento de su calidad de vida. En este proyecto se pretende desarrollar un dispositivo que sea útil para que la población invidente supere ciertas barreras en el entorno, facilitándoles la ejecución de sus actividades cotidianas. Además, la realización de este proyecto establece una herramienta con la que esta población tiene la posibilidad de sobresalir en actividades que mejorarán su autoestima e inclusión social.

La pertinencia social del proyecto se ve representada en las cifras de prevalencia de la discapacidad visual, específicamente la ceguera. En Colombia, el índice de personas que sufren de esta discapacidad corresponde al 43.2% del total de las personas que tienen algún tipo de limitación, y corresponden al 2.7% del total de la población.¹ Las condiciones económicas de gran parte de la población invidente evidencian la necesidad de adaptar un dispositivo de características y costo accesibles para todos los sectores implicados con esta afección, debido a que un gran porcentaje de personas en esta situación de discapacidad se concentra en contextos de bajos recursos. Según los datos del registro del DANE, el 82% de la población invidente pertenece a los estratos socioeconómicos 1 y 2, y el porcentaje sin estratificar corresponde al 6.9%, estado que condiciona a estos individuos en que no accedan a los servicios de salud, educación, bienestar, entre otros.

¹ Instituto Nacional para Ciegos INCI. Sistematización de la movilización social y política de la población con limitación visual. [en línea] [consultado el 01 de febrero de 2013]. Disponible en internet:http://www.inci.gov.co/images/supportfiles/centrodocumentacionvirtual/INFORME_FINAL_I_NCI.sept_30_doc.doc

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un prototipo funcional de un sistema de guía asistida para personas invidentes que permita su desplazamiento de manera segura y confiable.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las necesidades o requerimientos asociados a la discapacidad.
- Especificar cuáles requerimientos serán solucionados por el prototipo.
- Encontrar las tecnologías que mejor se ajusten a la solución del problema.
- Implementar el dispositivo mediante la integración de tecnologías seleccionadas que permitan generar el prototipo funcional y validar su operación.

4. MARCO DE REFERENCIA

4.1 ANTECEDENTES

Algunos de los esfuerzos más recientes en cuanto a tecnologías asistenciales para personas en situación de discapacidad, apuntan a proveer sistemas tecnológicos que se adapten a las tareas de movilidad con el objetivo de facilitarlas. A continuación se mencionan algunos de los dispositivos desarrollados más destacados y pertinentes en relación con el proyecto:

4.1.1 ARGUS. El proyecto ARGUS (*Assisting personal guidance system for people with visual impairment*) es un sistema guiado de asistencia individual para personas invidentes, basado en sonidos binaurales, es decir, mediante información acústica 3D, que pueden ayudar a distinguir una distancia y dirección muy concreta de la que proviene dicho sonido. Los responsables del proyecto aseguran que gracias a esta tecnología, que además es pionera en todo el mundo, “las personas invidentes o con problemas de visión pueden moverse autónomamente y de forma segura. Puede ser usada también por personas que trabajen en condiciones de baja visibilidad o con riesgos”. Asimismo, se ha creado una aplicación móvil para invidentes basada también en una geolocalización y en sonidos 3D que se prevé que se utilice como una red social, donde los usuarios compartan las rutas que hagan y otras informaciones sobre accesibilidad.

Figura 1. Componentes del sistema ARGUS.



Fuente: Power Print. “El 3D para facilitar la vida de invidentes.” [En línea]. [Consultado el 21 de Junio de 2014] Disponible en Internet: <http://powerprint.es/blog/3d-para-facilitar-vida-de-invidentes/>

4.1.2 Prototipo sónico de ayuda a la ceguera. La nueva ayuda técnica que han diseñado investigadores de la Universidad Carlos III de Madrid (UC3M), funciona como una guía de sonidos que informa del entorno al usuario. La propuesta consiste en un procesador de estereovisión que, midiendo la diferencia de imágenes captadas por dos cámaras ligeramente desplazadas, calcula la distancia a cada punto de la escena. Después, para transmitir esa información al usuario se emplea un código de sonidos que informa de la posición y distancia de los distintos obstáculos. Sus creadores afirmaron que el sistema pretende ser un complemento al bastón o al perro guía, en ningún caso una sustitución. El nuevo prototipo consigue reducir el tamaño, se compone de unas gafas con dos microcámaras, una placa del tamaño de un paquete de tabaco junto a la batería, un pequeño amplificador de audio estéreo y unos cascos de transmisión ósea. El sistema aún no está en una fase comercialización, porque de momento tan solo se ha construido un prototipo. Su precio podría situarse en torno a 250 euros.

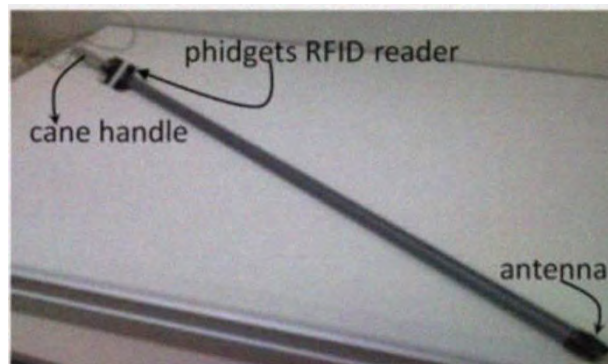
Figura 2. Prototipo sónico de ayuda a la ceguera en uso.



Fuente: Noticias de la ciencia. “Nuevo prototipo sónico de ayuda a la ceguera.” [En línea]. [Consultado el 21 de Julio de 2014] Disponible en Internet: http://noticiasdela ciencia.com/not/9286/nuevo_prototipo_sonico_de_ayuda_a_la_ceguera/

4.1.3 Smart Vision Prototype. Este dispositivo se diseñó con la intención de permitir la navegación autónoma de personas con ceguera en ambientes interiores y exteriores. El sistema se compone de distintos módulos que se encargan de cumplir las funciones de navegación, detección de obstáculos y comunicación con el usuario. Se tienen dos opciones para comunicarse con el dispositivo: la primera es a través de una aplicación web y la segunda es utilizando una interface en un teléfono inteligente; ambas están soportadas para recibir órdenes a través de comandos de voz. La configuración del prototipo se dispuso en un dispositivo similar a un bastón para ciegos. El módulo de navegación es responsable de la planeación de rutas y de brindar información acerca de los puntos de interés más cercanos. El módulo de visión se encarga de la detección de obstáculos en la parte frontal de la trayectoria del usuario, de manera que puedan ser evadidos con anterioridad; esta información es obtenida a través de una cámara estereoscópica. Además, se complementa con la disposición de etiquetas RFID en los ambientes en los que se desplazará el usuario, de manera que el dispositivo los detecte y brinde información adicional al individuo como escaleras, superficies irregulares y rutas de fácil acceso. El dispositivo se comunica con el usuario enviando señales vibratorias y mensajes de texto a voz.

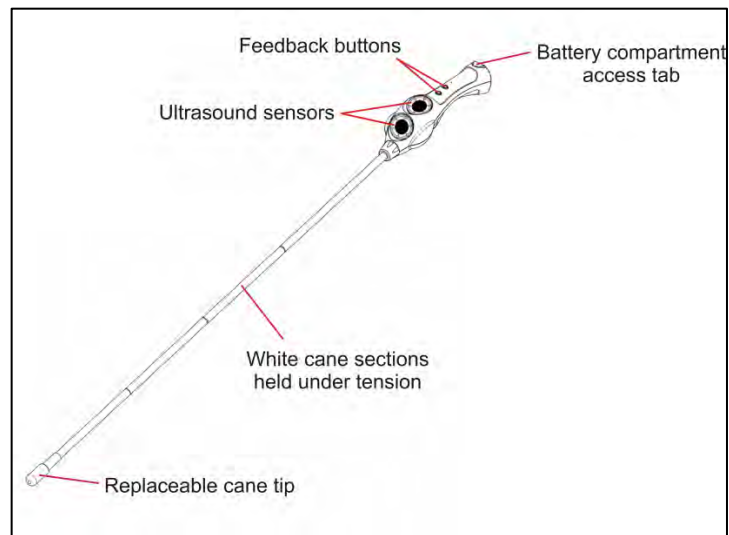
Figura 3. Smart Vision Prototype



Fuente: Faria, J.; Lopes, S.; Fernandes, H.; Martins, P.; Barroso, J., "Electronic white cane for blind people navigation assistance" [En línea]. [Consultado el 11 de Marzo de 2013] Disponible en Internet: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5665289&isnumber=5665275>

4.1.4 Ultracane. Esta es una ayuda electrónica basada en la detección de obstáculos por medio de la emisión de ondas ultrasónicas. El sistema está configurado en un bastón en el que también se tienen dispuestos dos botones vibradores situados en el mango, los cuales proporcionan la retroalimentación al usuario acerca de la detección de los obstáculos. En general el dispositivo se compone de un emisor y un receptor de ultrasonidos manejados por un microcontrolador. El sistema informa la presencia de un obstáculo activando un aviso por medio de vibraciones con las que el usuario determina que existe un obstáculo en la parte frontal de su trayectoria que debe evitar. El dispositivo utiliza baterías reemplazables, y su funcionamiento está indicado en dos modos que pueden ser seleccionados por el usuario: el primero es de corto alcance para detectar obstáculos que se encuentren a menos de 2 metros de distancia. El segundo es para detectar obstáculos más lejanos, que no superen los 4 metros de distancia.

Figura 4. Ultracane y sus componentes.



Fuente: UltraCane User Guide. [En línea]. [Consultado el 11 de Marzo de 2013]
Disponible en Internet:
<http://ultracane.com/download/UltraCane%20User%20Guide%20V1.6%20Jan2012.pdf>

4.1.5 Sistema detector de obstáculos portátil: Estudiantes de la Universidad Nacional de Colombia diseñaron un sistema electrónico portátil para personas invidentes, que detecta fácilmente obstáculos y funciona a partir de vibraciones. Es un dispositivo que consta de dos sistemas: uno para mediciones y otro de procesamiento y aviso. El primero se utiliza para detectar objetos suspendidos y tiene un alcance frontal de aproximadamente 80 centímetros. Está provisto de un brazalete y dos bandas elásticas –una se ubica en la cabeza y otra en la muñeca– que contienen un sensor infrarrojo protegido por una carcasa de acrílico. El segundo sistema, de procesamiento y aviso, mide y detecta obstáculos a nivel del suelo. Contiene dos cajas de acrílico que almacenan la energía con la cual se alimenta la tarjeta de los componentes electrónicos que permite el procesamiento de la señal arrojada por el sensor y el sistema de aviso compuesto por un motor de masa excéntrica.

Figura 5. Detector de obstáculos portátil.



Fuente: UN Periódico. “Crean reemplazo de bastón para personas invidentes”. [En línea]. [Consultado el 11 de Marzo de 2013] Disponible en Internet: <http://www.unperiodico.unal.edu.co/dper/article/crean-reemplazo-de-baston-para-personas-invidentes.html>

A partir de los antecedentes mencionados es válido afirmar que en la actualidad existe una tendencia creciente por desarrollar herramientas novedosas que permitan asistir al invidente en sus actividades cotidianas de movilidad, promoviendo la adaptación de tecnologías con el fin de mejorar la calidad de vida del usuario.

4.2 MARCO TEÓRICO

En esta sección se documentó la información relacionada con los conceptos y teorías que permiten contextualizar el proyecto, permitiendo entender las ideas básicas y generalidades de los elementos a tener en cuenta en el desarrollo del mismo. La investigación se realizó seleccionando los datos concernientes al tipo de discapacidad analizada y las herramientas de ayuda existentes en la actualidad que se asemejan en sus objetivos y funciones al prototipo diseñado.

4.2.1 Discapacidad visual. La discapacidad visual es cualquier restricción o carencia de la capacidad de realizar una actividad en la misma forma o grado que se considera normal para un ser humano.² Con arreglo de la Clasificación Internacional de Enfermedades, la función visual se subdivide en cuatro niveles:

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

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

² Universia. Discapacidad visual. (2008). [en línea] [Consultado el 01 de Febrero de 2013]. Disponible en internet: <http://universitarios.universia.es/voluntariado/discapacidad/discapacidad-visual/discapacidad-visual.pdf>

4.2.1.1 Ceguera. La ceguera es la falta de visión y también se puede referir a la pérdida de la visión que no se puede corregir con gafas o lentes de contacto. Las principales causas de ceguera crónica son las cataratas, el glaucoma, la degeneración macular relacionada con la edad, las opacidades corneales, la retinopatía diabética, el tracoma y las afecciones oculares infantiles, como las causadas por la carencia de vitamina A.³

4.2.2 Orientación y Movilidad. Este término se refiere al entrenamiento que enseña a las personas con discapacidad visual a moverse en el entorno libremente e independientemente. La orientación está definida como “la capacidad de ubicarse en un entorno propio. Es una habilidad que se relaciona con el uso de los sentidos restantes en una persona invidente para establecer su posición, y su relación con los objetos significativos en el entorno.”⁴

Por su parte, movilidad se define como “movimiento físico, el cual implica un cambio en la ubicación espacial realizado en una posición vertical bajo el poder del individuo en acción. En este término se describen todas las situaciones que van desde moverse dentro de una habitación, en una casa, viajar de una ciudad a otra o incluso entre países.”⁵

4.2.3 Técnicas de orientación y movilidad para invidentes. La capacidad mediante la cual un invidente establece su propia posición requiere de un proceso de aprendizaje y entrenamiento que combina capacidades mentales, intelectuales y perceptivas. Existen técnicas que ayudan al invidente a prepararse realizar estas actividades por sí solo. Para realizar un entrenamiento en orientación y movilidad se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Puntos de referencia y pistas. Objetos, sitios o características de un lugar que permiten orientarse. El invidente puede seguir pistas como sonidos y olores para identificar espacios.

³ Organización Mundial de la Salud. Ceguera. [en línea] [Consultado el 01 de Marzo de 2013]. Disponible en internet: <http://www.who.int/topics/blindness/es/index.html>

⁴ Blind People's Association India. Visual Impairment Handbook. (2000). [en línea] [Consultado el 11 de Marzo de 2013]. Disponible en internet: <http://www.bpaindia.org/VIB%20Chapter-IV.pdf>

⁵ Soler, M. Orientación y Movilidad. (2004). [en línea] [Consultado el 30 de Enero de 2013]. Disponible en internet: http://www.sordoceguera.org/vc3/biblioteca_virtual/archivos/69_orientacion_movilidad.pdf

- Giros. Mediante giros el invidente puede reconocer direcciones; Un cuarto de vuelta corresponde a 90 grados, media vuelta es igual a 180 grados y una vuelta completa, 360 grados.
- Emplear los sentidos restantes. La persona debe comprender toda la información que puede obtener por medio de los estímulos que recibe a través del oído, tacto y olfato.
- Técnica de rastreo. Esta técnica consiste en colocarse de lado de la pared extendiendo el brazo a la altura de la cadera, rozando la pared con el dorso de la mano, manteniendo los dedos flexionados hacia la palma, con el fin de reconocer espacios.
- Técnica de encuadre. El invidente se ubica de espalda a la pared, con los talones juntos y la punta de los pies ligeramente separados, para tomar un punto de partida para marcar una dirección hacia el objetivo en línea recta.
- Técnica diagonal. Se coloca el brazo extendido en forma diagonal sobre el cuerpo, con la palma de la mano hacia abajo, para proteger el cuerpo en caso de que la persona se tropiece con objetos a la altura de la cintura.
- Técnica de cubrirse. Se eleva el brazo a la altura de la cara y se flexiona el codo de modo que el antebrazo quede formando un ángulo de 90 grados, a una distancia de 10 centímetros. Esto permite la protección de la cara contra objetos que se encuentran a la altura de esta.

4.2.4 Herramientas de navegación para invidentes. Existen instrumentos que permiten a las personas con este tipo de discapacidad a moverse por el entorno de un modo más seguro e independiente. A continuación se describen las más destacables:

4.2.4.1 Bastón. Este elemento se utiliza para localizar obstáculos y proporcionar al individuo información sobre el entorno. Además, identifica a la persona que lo lleva como alguien con una discapacidad visual. El común de estos bastones para este tipo de discapacidad es su color blanco. La utilización del bastón largo o blanco como técnica de orientación y movilidad es la que tiene mayor utilización a nivel mundial. Además de ser económico (en comparación con los perros guías y los actuales dispositivos electrónicos de navegación), el bastón se caracteriza por una alta portabilidad y utilidad para las personas con invidencia.

4.2.4.2 Perro guía. El perro guía o perro lazarillo, es un perro especialmente entrenado que apoya el normal desplazamiento de una persona con discapacidad visual. Esta técnica está orientada principalmente para la navegación exterior, ya que los perros están capacitados para viajar en diferentes medios de transporte (buses, metro, autos). Esta es una técnica recomendada para personas adolescentes o adultas, que poseen un cierto grado de madurez y estabilidad emocional para poder hacerse cargo del animal.

4.2.4.3 Ayudas electrónicas. Son dispositivos electrónicos que facilitan a la persona con discapacidad visual la localización e identificación de referencias y obstáculos. Esta clase de dispositivos se conocen como ETAs, por sus siglas en inglés: *Electronic Travel Aids*. Son formas de tecnologías de asistencia que tienen como fin apoyar y mejorar la movilidad y orientación de las personas ciegas durante la navegación en entornos cerrados o abiertos, ya sean familiares o desconocidos. En su diseño se utilizan distintas tecnologías y dispositivos electrónicos, y generalmente están enfocados a una tarea específica (esquivar obstáculos, acceder a información, etc.) Los sistemas de navegación generalmente están provistos de:

- Detección de obstáculos y peligros.
- Información de ubicación y orientación durante la navegación.
- Rutas óptimas hacia un destino deseado.

4.2.5 Tecnologías relacionadas con la orientación y movilidad. Los sistemas para la identificación y localización de lugares o referencias de interés, y los sistemas de orientación por posicionamiento desde satélite, se cuentan entre las herramientas que la tecnología ha proporcionado para la orientación y movilidad de las personas invidentes y deficientes visuales.

4.2.5.1 Sistemas de localización y posicionamiento. Un sistema de localización se define como una combinación de tecnologías de posicionamiento que permiten la localización geográfica de unidades móviles o inmóviles. Se tienen dos tipos de sistemas, los basados en la utilización de satélites y los basados en tecnologías distintas al satélite.

Los primeros hacen uso de los satélites para posicionar un elemento en la superficie terrestre, apoyados en aparatos receptores de cálculo de posición, los cuales estiman una posición a partir de la medida de la distancia entre el objeto a localizar con un mínimo de tres satélites de ubicación conocida, mediante triangulación. Las principales aplicaciones de los sistemas de localización satelitales tienen lugar a través de los conocidos *Sistemas de Navegación Global por Satélite*. Estos sistemas nacieron en un marco militar con el objetivo de conocer la posición de las tropas para fines de inteligencia, sin embargo, hoy en día existen muchas aplicaciones cotidianas de estos sistemas, como los dispositivos de navegación terrestre GPS.

El sistema de posicionamiento global (GPS por sus siglas en inglés), es un sistema que permite determinar la posición las 24 horas del día, en cualquier lugar de la tierra, en cualquier condición climatológica. Un receptor GPS es un aparato electrónico pequeño, utilizado por aquellos que viajan por tierra, mar o aire, que permite recibir las señales de los satélites. Este receptor utiliza las señales de radio para calcular su posición, que es facilitada como un grupo de números y letras que corresponden a un punto sobre un mapa.

Respecto a los sistemas de localización y posicionamiento no satelitales, funcionamiento permite diferenciarlos en dos tipos: los que hacen uso de tecnologías propias de redes celulares de largo alcance para localizar objetos en grandes áreas geográficas (*outdoor*), y aquellos otros que hacen uso de tecnologías de corto alcance para interiores de edificaciones o pequeñas áreas geográficas (*indoor*).

Los sistemas basados en radiofrecuencia de largo alcance (*outdoor*) trabajan con los terminales de los sistemas de redes celulares, por lo tanto, la ubicación es un servicio de valor añadido aprovechando la infraestructura de una red ya desarrollada y destinada a servicios de comunicaciones. Por otra parte, los sistemas de localización de corto alcance (*indoor*) necesitan de otro tipo de tecnología debido a que las mencionadas anteriormente no son suficientemente potentes para atravesar la gran mayoría de obstáculos que entorpecen la línea de visión entre el usuario y los satélites o redes celulares. Por lo tanto, las alternativas en este apartado consisten en la utilización de dos tipos de elementos: etiquetas y/o sensores capaces de detectar la presencia de objetos móviles o no.

4.2.5.2 Sensores. Un sensor es un dispositivo que convierte magnitudes físicas en valores medibles de dicha magnitud. Para las actividades de orientación y movilidad, los sensores de proximidad son los más empleados en tecnología de asistencia para este tipo de discapacidad. Existen diversos tipos de sensores de proximidad: Sensores inductivos, sensores capacitivos, sensores ultrasónicos, sensores ópticos y sensores magnéticos.

4.2.5.3 Aplicaciones para dispositivos móviles. Según avanzan las tecnologías móviles, el esfuerzo para que las personas en situación de discapacidad puedan acceder a estas tecnologías es cada vez mayor.

En el contexto de orientación y movilidad, se destaca el desarrollo de aplicaciones de localización que combinan aspectos de sistemas GPS, brújulas, acelerómetros, comandos de voz, interfaces táctiles, de manera que proveen al usuario invidente de herramientas que apoyan sus actividades de navegación, especialmente en ambientes exteriores. Para contextualizar el mercado actual de este tipo de aplicaciones se mencionan los siguientes ejemplos:

- *Google Maps*. Es un servidor de aplicaciones de mapas en la web que pertenece a *Google*. Ofrece imágenes de mapas desplazables, así como fotografías por satélite del mundo e incluso la ruta entre diferentes ubicaciones o imágenes a pie de calle. Los usuarios pueden ingresar una dirección, una intersección o un área en general para buscar en el mapa. Como otros servicios de mapa, *Google Maps* permite la creación de pasos para llegar a alguna dirección. Esto permite al usuario crear una lista paso a paso para saber cómo llegar a su destino, calculando el tiempo necesario y la distancia recorrida entre las ubicaciones.
- *Waze*. Es una aplicación social de tránsito automotor en tiempo real y navegación asistida por GPS desarrollada por *Waze Mobile*. En noviembre de 2012 *Waze* era utilizado por 4.8 millones de usuarios en el continente americano y por más de 30 millones de usuarios a nivel mundial.⁶ La aplicación móvil de *Waze* se encuentra disponible de manera gratuita para los siguientes

⁶ Mlot, S. Waze Launches In-App Advertising Platform. (7 de Noviembre de 2012). [en línea] [Consultado el 21 de Julio de 2014]. Disponible en internet: <http://www.pcmag.com/article2/0,2817,2411868,00.asp>

sistemas operativos: *Android*, *BlackBerry*, *iOS*, *Symbian* y *Windows Phone*. *Waze* puede ser utilizado en cualquier lugar del mundo, contando con mapas precisos y completos en algunos países, mientras que en otros los mapas pueden presentar información incompleta, requiriendo la edición por parte de los usuarios de cada país el agregar calles, avenidas, puntos de interés, etc.

- *Here*. Anteriormente conocido como *Nokia Maps* y *Ovi Maps*. Es un servicio de mapas gratuito de Nokia, creado en un principio para sus teléfonos móviles y dispositivos multimedia. La última versión de la aplicación para dispositivos móviles de *Here* incluye, entre otras cosas, guía hablada con voz internacional, ubicación de redes sociales, condiciones locales del clima, líneas de transporte público y enrutamiento en algunas ciudades.

La información anterior presentó una introducción de la teoría que le da significado a la investigación. Se conceptualizaron los términos que describen el estado actual del tema desarrollado en el proyecto. El panorama transmitido por estos datos ayudó a identificar la mejor forma de enfocar el diseño metodológico para desarrollar del proyecto; este proceso está registrado en el paso posterior correspondiente a la definición de la metodología.

5. METODOLOGÍA

En el desarrollo de este proyecto se empleó el método estructurado descrito por Karl T. Ulrich y Steven D. Eppinger, en el libro “Diseño y Desarrollo de productos”. En el texto se exponen actividades que combinan perspectivas de manufactura, diseño y marketing en un solo enfoque para el desarrollo de productos. El proceso metodológico se divide en seis fases, enfatizando en el desarrollo del concepto en su totalidad. Las etapas de la metodología contempladas en el proyecto se muestran en la figura 1.

Figura 6. Etapas del proceso estructurado de Diseño y Desarrollo de productos.



Fuente: Ulrich, Karl T., Eppinger, Steven D. Diseño y desarrollo de productos.

5.1 Planeación del producto. En esta fase se contemplan los aspectos relacionados con el tipo de producto y su descripción, los objetivos, las restricciones, el mercado y los interesados en el producto. El resultado es el planteamiento de la misión del proyecto.

5.2 Desarrollo del concepto. Esta etapa se compone de las siguientes fases:

- Identificación de las necesidades del invidente.
- Especificaciones del producto.
- Generación del concepto.
- Selección del concepto.

5.3 Diseño a nivel sistema. Una vez que se establece el concepto del diseño, en esta fase se define el producto en términos de la arquitectura del producto y el diseño industrial.

5.4 Diseño de detalles. El objetivo de esta fase es realizar la construcción de prototipos y la estimación de los costos de manufactura.

5.5 Pruebas y refinamiento. En esta etapa se ejecutan la construcción de prototipos y el desarrollo de pruebas.

6. DESARROLLO DEL PROYECTO

6.1 PLANEACIÓN DEL PRODUCTO.

Esta actividad contiene la visión general del producto que se diseñó, a través de la organización de las ideas preliminares del dispositivo. Estas ideas se muestran en un conjunto de enunciados que comprenden lo que se conoce como la declaración de la misión del proyecto.

6.1.1 Descripción del producto. Dispositivo electrónico estimado como un sistema de asistencia que integra técnicas de detección de obstáculos, transferencia de información y comunicación vía Smartphone para aprovechar los beneficios de estos servicios para enviar datos y notificaciones a familiares, con el propósito de asistir la orientación y movilidad de personas invidentes.

6.1.2 Oportunidad del dispositivo. La propuesta de valor de este dispositivo está reflejada en la funcionalidad que este ofrece y su costo, pues integra diversas tecnologías enfocadas a la orientación y movilidad de personas invidentes a un precio bajo de adquisición en comparación con otros dispositivos electrónicos similares. Además, consiste en una propuesta de asistencia al invidente diferente a las existentes en el mercado nacional, ofreciéndole al usuario la posibilidad de utilizar servicios que lo involucran con tecnologías actuales de ubicación y comunicación, con el fin de mejorar su calidad de vida. Por otra parte, productos como el que se propone en este proyecto no son ampliamente fabricados y/o comercializados en el país, por lo que su precio es alto y en muchos casos los invidentes desconocen su existencia, lo que limita el acceso a estas herramientas.

6.1.3 Restricciones.

- Regulaciones en el diseño y adquisición de equipos electrónicos en Colombia.
- Estándares de Integración con teléfonos móviles.
- Disponibilidad y adaptabilidad de elementos de manufactura en a nivel nacional.

6.1.4 Objetivos generales.

- Desarrollar un prototipo funcional de un sistema de guía asistida para personas invidentes.
- Integrar tecnologías de detección, alerta, ubicación y comunicación para facilitar la orientación y movilidad del usuario invidente.

6.1.5 Usuarios principales. Personas invidentes que desean recurrir a una herramienta de apoyo en su desplazamiento para realizar actividades como identificación de obstáculos, ubicación espacial en espacios abiertos y cerrados, intercambio de información y comunicación con sus allegados.

6.1.6 Suposiciones.

- Detección de obstáculos en los planos inferior y superior del usuario.
- Integración con teléfonos móviles para fines de comunicación, ubicación espacial y alertas.

6.1.7 Participantes.

- Melissa Andrea Peralta – Estudiante de Ingeniería Biomédica.
- José Vicente Urmendiz – Estudiante de Ingeniería Mecatrónica.
- Diego Fernando Almario – Ingeniero Electricista – Director del proyecto.
- Grupo de personas invidentes.

Con esta información definida se establece el punto de partida para orientar el proceso de diseño de manera estructurada. Culminada esta fase, se procede a continuar con la siguiente etapa: La identificación de las necesidades de los invidentes.

6.2 IDENTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES.

Identificar las necesidades de los usuarios es un proceso muy significativo para enfocar el proyecto en los requisitos reales y específicos de la población objetivo. El proceso de identificación se describe por etapas, como se muestra a continuación.

6.2.1 Determinación de las necesidades. La recopilación de la información se realizó por medio de entrevistas personales con un grupo de 12 personas invidentes, a quienes se les aplicó un cuestionario diseñado por el grupo de trabajo con el fin de recolectar datos de la experiencia y expectativas de los invidentes respecto a un nuevo dispositivo de apoyo en su orientación y movilidad. El grupo de encuestados se conformó de la siguiente manera: 7 mujeres y 5 hombres de edades entre los 18 y 60 años. En el momento de la aplicación del cuestionario dos de los integrantes cursaban estudios universitarios, 3 cursaban estudios de bachillerato y el resto manifestó tener una formación académica a nivel técnico. De los doce entrevistados, once presentan ceguera total y uno presenta baja visión, generada por glaucoma. De los once que presentan ceguera total, 10 la adquirieron de manera congénita, el restante fue consecuencia de una hidrocefalia padecida en la niñez. El modelo de cuestionario aplicado es el siguiente:

Tabla 1. Cuestionario dirigido a personas con ceguera para determinar sus necesidades.

Nombre encuestado:	Edad:	Ocupación:
1) ¿Cuáles son los obstáculos más importantes que usted desearía poder identificar al momento de desplazarse?		
2) De las siguientes actividades, ¿Cuál(es) es la que más se le dificulta realizar por si solo?		
a) Tomar un medio de transporte público.		
b) Llegar al lugar exacto donde quiere ir.		
c) Identificar obstáculos en su trayecto en la parte inferior.		
d) Identificar obstáculos en su trayecto en la parte superior.		
e) Tener información sobre la ruta a seguir para llegar a su destino.		
f) Otra, ¿Cuál?		

Tabla 1. Cuestionario dirigido a personas con ceguera para determinar sus necesidades. (Continuación).

- 3) ¿En cuál de las siguientes actividades es más dependiente o requiere más ayuda?
 - a) Antes de tomar el medio de transporte que lo lleva a su destino.
 - b) En el transcurso del viaje a su destino.
 - c) Cuando se baja del medio de transporte para llegar a su destino.
 - d) Otra(s), ¿Cuál(es)?

- 4) ¿En cuáles de los siguientes espacios necesita ayuda de personas o elementos para desplazarse?
 - a) En la calle – Espacios abiertos.
 - b) En espacios interiores desconocidos.

- 5) ¿Utiliza alguna herramienta como un bastón para poder desplazarse de manera independiente al sitio que desea ir?
 - a) Si, ¿Cuál?
 - b) No.

- 6) ¿Qué tan dependiente es usted de la audición para realizar sus actividades de desplazamiento y ubicación?
 - a) Muy dependiente.
 - b) Poco dependiente.
 - c) No dependiente.

- 7) ¿De qué manera se apoya de los estímulos auditivos para sus desplazamientos?

- 8) ¿Qué tan dependiente es usted del tacto para realizar sus actividades de desplazamiento y ubicación?
 - a) Muy dependiente.
 - b) Poco dependiente.
 - c) No dependiente.

- 9) ¿De qué manera se apoya del tacto para sus desplazamientos?

- 10) ¿De qué manera le gustaría ser notificado cuando se interponga algún obstáculo en su camino?
 - a) Vibración.
 - b) Sonido altavoz.
 - c) Sonido audífono.
 - d) Voz.
 - e) Otro.

- 11) Si tuviera la posibilidad de complementar su orientación y movilidad con un dispositivo que le alerte de obstáculos, ¿de qué manera le gustaría utilizarlo?

- 12) ¿En cuál actividad le gustaría apoyarse de una herramienta o dispositivo para ser más independiente y realizarla por sí mismo?
 - a) Desplazarse por la calle.
 - b) Utilizar el transporte público.
 - c) Encontrar un sitio en especial.
 - d) Otra(s), ¿Cuál(es)?

Los resultados obtenidos de las entrevistas se consolidaron y arrojaron las siguientes conclusiones:

Los obstáculos más importantes para identificar son, en orden de importancia:

- 1) Huecos.
- 2) Desniveles.
- 3) Escaleras.
- 4) Vehículos.
- 5) Tensores eléctricos.
- 6) Árboles, ramas.
- 7) Rejas.
- 8) Muros.
- 9) Postes.
- 10) Gente.

Las respuestas dadas a la pregunta acerca de las actividades que más se les dificulta realizar por si solos se marginaron para determinar la más importante o sobresaliente:

Cuadro 1. Resultados de la encuesta en la pregunta número 2.

Actividad / Respuesta	Cantidad de respuestas
a) Tomar un medio de transporte público.	4
b) Llegar al lugar exacto donde quiere ir.	1
c) Identificar obstáculos en su trayecto en la parte inferior.	4
d) Identificar obstáculos en su trayecto en la parte superior.	8
e) Tener información sobre la ruta a seguir para llegar a su destino.	5
* Saber dónde es y saber cómo llegar.	1
* No identificar la ruta de transporte público.	2
* Cruzar avenidas peligrosas.	1
* Ubicar direcciones desconocidas o lugares que no conoce.	1

NOTA: Las respuestas marcadas con * corresponden a las expresadas por los encuestados en la opción de respuesta f) "Otra(s)".

El procedimiento se realizó para las demás preguntas en las que se diferencian más de dos opciones de respuesta por parte de los encuestados. Los resultados se muestran a continuación.

Cuadro 2. Resultados de la encuesta en la pregunta número 3.

Actividad / Respuesta	Cantidad de respuestas
a) Antes de tomar el medio de transporte que lo lleva a su destino.	7
b) En el transcurso del viaje a su destino.	1
c) Cuando se baja del medio de transporte para llega a su destino.	3
* Cruzar calles, avenidas con mucho tráfico.	1

NOTA: Las respuestas marcadas con * corresponden a las expresadas por los encuestados en la opción de respuesta d) "Otra(s)".

Cuadro 3. Resultados de la encuesta en la pregunta número 4.

Actividad / Respuesta	Cantidad de respuestas
a) En la calle – Espacios abiertos.	7
b) En espacios interiores desconocidos.	5

En la pregunta número 5 que cuestiona si los encuestados utilizan o no una herramienta de apoyo en su desplazamiento, la totalidad de respuestas correspondió a la opción "sí", siendo el bastón una ayuda esencial en la movilidad de la población, principalmente cuando se desplazan solos y en espacios abiertos. De los encuestados, ninguno expresó utilizar otra herramienta de ayuda diferente al bastón.

Respecto a la pregunta número 6 relacionada con la dependencia del sentido del oído para ubicarse y movilizarse, el 100% los encuestados respondió afirmativamente la opción "muy dependiente" expresando un gran vínculo de la función de la audición para realizar desplazamientos especialmente en espacios abiertos. Justamente, la pregunta número 7 cuestionó a los encuestados acerca

de la manera en la que se apoyan del oído para su orientación y movilidad, a lo que respondieron en su mayoría que se apoyan de él para identificar las características del espacio en el que se desenvuelven, para reconocer los obstáculos móviles especialmente al momento de atravesar calles. En cuanto al sentido del tacto que se menciona en las preguntas 8 y 9, los resultados muestran que la dependencia es un poco menor comparativamente con las respuestas dadas con la dependencia en el sentido de la audición. Los resultados son los siguientes:

Cuadro 4. Resultados de la encuesta en la pregunta número 8.

Actividad / Respuesta	Cantidad de respuestas
a) Muy dependiente.	4
b) Poco dependiente.	6
c) Nada dependiente.	2

Las actividades que realizan los invidentes al momento de desplazarse en las que involucran el sentido del tacto son la identificación de pasamanos, identificación de objetos y símbolos, identificación y protección de obstáculos en la parte superior.

Cuadro 5. Resultados de la encuesta en la pregunta número 10.

Actividad / Respuesta	Cantidad de respuestas
a) Vibración.	7
b) Sonido altavoz.	2
c) Sonido audífono.	3
d) Voz.	0
e) Otro.	0

Las respuestas dadas por los 12 encuestados en esta pregunta muestran que la mayoría prefiere una notificación que no interfiera mucho con la audición, sin embargo algunos muestran aceptación por alertas sonoras.

Cuadro 6. Resultados de la encuesta en la pregunta número 11.

Actividad / Respuesta	Cantidad de respuestas
a) Bastón.	9
b) Gafas	2
c) Collar.	1

De acuerdo con la pregunta 11, los encuestados debían proponer opciones de objetos que les parece agradable usar como herramienta de apoyo en la movilidad. En este caso la opción más comentada fue el bastón, debido a que ya están familiarizados con su utilidad, además de que es la herramienta más común y conocida, la más sencilla de utilizar y la más económica. Algunos mencionaron que les parece interesante el uso de gafas o elementos livianos como collares con los que puedan prescindir del bastón.

Cuadro 7. Resultados de la encuesta en la pregunta número 12.

Actividad / Respuesta	Cantidad de respuestas
a) Desplazarse por la calle.	6
b) Utilizar el transporte público.	2
c) Encontrar un sitio en especial.	4
d) Otro.	0

De lo anterior se deduce que la actividad “desplazarse por la calle” es en la que más desean recibir apoyo de un dispositivo para poder realizarla por sí mismos.

Las pregunta 13 requería la explicación del proceso de utilización de la herramienta de apoyo que utilizan en sus desplazamientos diarios, es decir el bastón. En términos generales, el procedimiento consiste en realizar un barrido de derecha a izquierda en forma de arco con la punta inferior del bastón, con el fin de contar con un rango de exploración amplio que permita identificar obstáculos frontales y diagonales. Algunos de los invidentes encuestados manifestaron

realizar golpes con la parte inferior del bastón para determinar el terreno por el que transitan (pavimento, hierba, arena, etc.). Al realizar el ejercicio para verificar la manera en la que utilizan esta herramienta, se observó que modifican el ángulo de inclinación del bastón de acuerdo a las necesidades de exploración que consideren en determinadas situaciones; el bastón es extendido cuando realizan un desplazamiento en campo abierto para verificar obstáculos con anticipación, pero al ingresar a un espacio cerrado o en el que hay gran cantidad de personas prefieren mantener el bastón cercano al cuerpo en una posición más o menos vertical. En cuanto a la exploración del plano superior, los invidentes deben utilizar la mano que tienen libre, es decir la que no lleva el bastón, para anticipar parte posibles obstáculos que puedan golpearlos en la cabeza.

En el numeral 14 La respuesta varía conforme el tipo de obstáculo que identifiquen. En el caso de huecos y escaleras prefieren pedir ayuda para sentirse más seguros en su caminar. Si son obstáculos del tipo barreras o estorbos prefieren buscar la manera de retomar su camino. Los obstáculos superiores muy pocas veces los pueden evadir a tiempo por lo que casos después de encontrarse con ellos buscan la forma de que no interfieran con su recorrido.

Finalmente, las respuestas a la pregunta número 15 variaron de un encuestado a otro, y en términos generales no se tiene un procedimiento definido, ya que las circunstancias difieren de acuerdo al desplazamiento que necesiten realizar. En el caso de los más jóvenes, buscan la compañía de alguien para apoyarse especialmente al momento de tomar el transporte público. Los adultos encuestados salen solos en la mayoría de los casos, y requieren ayuda en casos específicos como abordar la ruta que desean o llegar a un sitio que no han visitado con anterioridad.

Para garantizar que el producto se enfoque en las necesidades reales de las personas invidentes, se plantea una lista de declaraciones latentes u ocultas desde la percepción de los usuarios, generadas a partir del diálogo y las respuestas obtenidas del cuestionario aplicado con anterioridad, y de esta manera proporcionar una base de datos con el objetivo de justificar las especificaciones del producto y así desarrollar un mejor diseño dando respuesta a todos los posibles planteamientos. La información está consignada en el cuadro 8. En la columna “Declaración del Cliente” están enunciadas las necesidades en el lenguaje de los encuestados de acuerdo a sus deseos y manifestaciones.

Dichas exposiciones se interpretaron manera técnica por parte del equipo de trabajo de manera que pueda relacionarse con unas especificaciones ideales del producto, lo que quedo consignado en la columna “Necesidad Interpretada”. A su vez, a cada una de las necesidades se le otorgó un valor de importancia para determinar la trascendencia de tales características dentro del dispositivo a diseñar. Los valores de importancia se establecieron en una escala de 1 a 5, siendo 1 el nivel menos considerable y 5 el de mayor importancia.

Cuadro 8. Necesidades de los invidentes manifestadas e interpretadas.

No.	Declaración del Cliente.	Necesidad Interpretada.	Imp.
1	Quiero una herramienta que me sirva principalmente para desplazarme en espacios abiertos como la calle de manera segura e independiente.	El dispositivo identifica obstáculos y alerta al usuario para que sea capaz de evadirlos.	5
2	Me gustaría cruzar calles y avenidas por mí mismo de manera independiente.		
3	Quisiera poder desplazarme tranquilamente en espacios interiores desconocidos.		
4	Quiero evitar obstáculos en el plano inferior peligrosos como huecos y desniveles.	El dispositivo detecta y alerta al usuario de obstáculos y peligros en el plano inferior.	5
5	Quiero evitar obstáculos en el plano superior como ramas de árboles.	El dispositivo detecta y alerta al usuario sobre obstáculos en el plano superior.	5
6	Me gustaría identificar y abordar por mí mismo la ruta de transporte público que deseo utilizar.	El dispositivo se integra con el sistema de transporte	3
7	Quiero saber dónde queda y cómo llegar a un destino de manera independiente.	El dispositivo guía geográficamente al usuario para encontrar direcciones y destinos en específico.	3
8	Quiero ubicar direcciones desconocidas de manera independiente.		
9	El bastón es mi herramienta de apoyo habitual pero quisiera que tuviera más funcionalidad.	El dispositivo está integrado en un bastón.	4
10	Quisiera no ver afectada mi audición ya que soy muy dependiente de este sentido para movilizarme.	El dispositivo tiene poca interferencia con la audición del usuario.	4

Cuadro 8. Necesidades de los invidentes manifestadas e interpretadas. (Continuación).

11	Quisiera no afectar el sentido del tacto ya que en ocasiones es necesario para mi movilización y seguridad.	El dispositivo no interfiere con el sentido del tacto del usuario.	2
12	Me gustaría tener una alerta disimulada para identificar los obstáculos que se me presentan en mi desplazamiento.	El dispositivo alerta al usuario de manera discreta la existencia de obstáculos.	3
13	Quisiera escuchar indicaciones relacionadas con mi desplazamiento y movilidad sin llamar la atención.	El dispositivo guía al usuario de manera reservada y discreta.	3
14	Quisiera una herramienta sencilla, algo no muy sofisticado, que pueda llevar a cualquier parte y que no llame la atención.	El dispositivo es portátil, liviano, cómodo de utilizar y su diseño es simple y minimalista.	4
15	Quiero un dispositivo que no exceda mis capacidades económicas.	El dispositivo es de costo asequible para la población.	5
16	Me gustaría recibir apoyo en la comunicación de circunstancias especiales relacionadas con mi movilidad para recibir ayuda de alguien más.	El dispositivo ayuda al usuario a comunicar situaciones especiales que requieren apoyo de terceros.	4

Las necesidades resultantes se destinaron a guiar el establecimiento de las especificaciones que debe tener el dispositivo, que es la etapa que sigue a continuación. Estas necesidades también orientarán etapas posteriores como la generación y selección del concepto de diseño.

6.3 ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO.

Las necesidades presentadas en la etapa inmediatamente anterior se expresaron en el lenguaje del usuario invidente. Ahora, el proceso continúa con la traducción de esas necesidades en un conjunto de especificaciones que describan lo que el dispositivo tiene que hacer para satisfacer dichas necesidades. Dicho de otro modo, los requerimientos expresados por los invidentes encuestados se transformaron en características deseables del producto.

6.3.1 Lista de métricas. Las métricas son características técnicas que se establecen con el fin de reflejar una forma de satisfacer al usuario con el dispositivo que diseñará. Para generar las métricas se contempló cada una de las necesidades manifestadas en la etapa anterior y se analizó qué característica precisa y medible resuelve tales necesidades. De dicho análisis surgió la lista mostrada en el cuadro 9, en la que cada una de las métricas resultantes se relaciona con la satisfacción de las necesidades expresadas por los invidentes encuestados.

Cuadro 9. Lista de métricas.

No.	Métricas	Unidades
1	Peso	Kg
2	Dimensiones	m
3	Alcance de detección	m
4	Tensión de alimentación	V
5	Potencia de consumo	Watts
6	Tiempo de respuesta	s
10	Fiabilidad	Subjetivo
11	Ergonomía / comodidad	Subjetivo
12	Seguridad	Subjetivo
13	Precio	Pesos Colombianos

El cuadro 9 además de las métricas o especificaciones, contiene las unidades de medida correspondientes de cada ítem. Las unidades de medida son por lo general unidades convencionales de ingeniería. No obstante, algunas métricas no se dan en valores numéricos porque corresponden a características cualitativas, que bien pueden ser descritas con adjetivos o calificativos, mas no con cifras cuantificables, por lo que en la columna “unidades” se determinó escribir la anotación “subjetivo” en los casos pertinentes. Cabe aclarar que estas no serán las especificaciones finales del prototipo, son términos preliminares que describen las características ideales que debe tener el dispositivo. Posteriormente, estas especificaciones serán refinadas con base en el concepto de diseño del prototipo que se defina.

Para determinar las especificaciones técnicas se realiza una matriz que relaciona necesidades con métricas. En este proyecto se utilizó la matriz empleada en la técnica “Casa de Calidad”, herramienta empleada en el método de gestión de calidad denominado QFD, por las iniciales de *Quality Function Deployment* (Despliegue de la función de calidad).

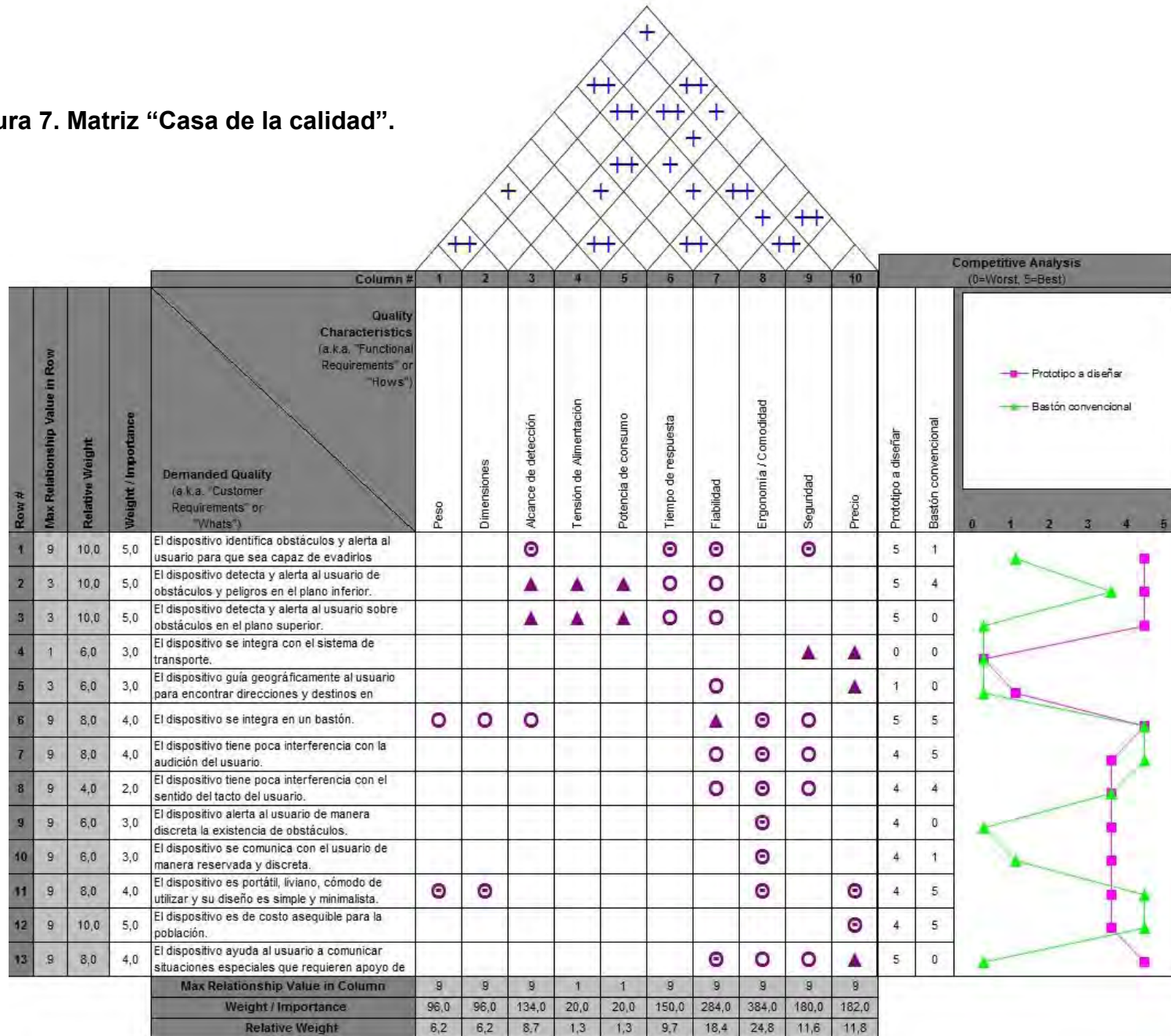
La casa de la calidad es un diseño gráfico que recoge las demandas y expectativas de los clientes y las traduce a características técnicas y operativas satisfactorias de acuerdo a su importancia en el desempeño del producto. Dicho método se compone de diferentes matrices que en conjunto componen la casa en su totalidad. El proceso consiste en determinar la relación que existe entre las necesidades del usuario con las métricas expuestas anteriormente. Esto se realiza comparando la influencia que tiene cada una de las 10 métricas establecidas en el cuadro 9 en el cumplimiento de las necesidades enumeradas en el listado la parte izquierda de la matriz, que corresponden a la información presentada en el cuadro 8. La comparación se realiza una por una, evaluando si se presenta una relación alta, media, baja o nula. La relación entre una métrica y una necesidad se indica por medio de un símbolo que se ubica en la celda de intersección de dichos elementos. La parte superior de la matriz de calidad está destinada a realizar la comparación de las métricas entre sí, con el fin de determinar si existe correspondencia entre las mismas. Al igual que el caso anterior, los tipos de relación se representan con una simbología particular. Para representar los tipos de relación se tienen establecidos los siguientes símbolos:

Cuadro 10. Simbolización de las relaciones en la matriz de calidad.

Símbolo	Tipo de relación	Valor
⊕	Alta	9
○	Media	3
▲	Baja	1
++	Positiva fuerte	
+	Positiva	
-	Negativa	
▼	Negativa fuerte	

En los casos en los que la relación es nula o no influye, la casilla de intersección se dejó en blanco.

Figura 7. Matriz “Casa de la calidad”.



Adicionalmente, la matriz contiene un espacio en el extremo derecho destinado para comparar la manera de responder a las necesidades del usuario por el prototipo a diseñar versus los productos existentes en el mercado, los cuales equivalen a la competencia. En este caso, la comparación se realizó con un solo producto que representa la herramienta de apoyo a la orientación y movilidad mayormente utilizada por la población invidente en la ciudad: el bastón tradicional o bastón blanco. La respuesta de ambos productos a cada una de las necesidades enlistadas se evalúa con calificaciones de 0 a 5, siendo 0 el puntaje más bajo que, el cual indica que el producto no responde en absoluto a la necesidad y 5 el más alto, concedido cuando se presente una satisfacción total de la necesidad.

La figura 7 muestra la matriz diligenciada por completo. Con la aplicación de este método se obtuvieron las necesidades y métricas de mayor importancia, las cuales se pretenden solucionar satisfactoriamente con el prototipo a diseñar. Las especificaciones con mayor puntuación son las siguientes:

- Ergonomía / Comodidad.
- Fiabilidad.
- Precio.
- Seguridad.

De manera que en etapas posteriores del diseño se buscará responder adecuadamente a estas especificaciones de manera especial. Una de las necesidades mencionadas por los entrevistados precisaba un sistema que se integrase con el sistema de transporte masivo MIO, para efectos de identificación de rutas, paradas horarios. Este requerimiento se descartó de las consideraciones a tener en cuenta en del desarrollo del proyecto, ya que es un aspecto que necesita la aprobación y el trabajo en conjunto con la administración municipal y los entes de tránsito y transporte de la ciudad, lo que implica emprender una propuesta más compleja.

Cabe resaltar que en las necesidades manifestadas por los invidentes entrevistados, se resaltó de manera considerable la inclinación de aceptar más fácilmente un producto configurado en un bastón como el tradicional que emplean en sus desplazamientos, o que tenga una representación similar, argumentando que este les otorga una seguridad y familiaridad que no desean perder o limitar. Teniendo en cuenta esta recomendación se tomó la decisión de plasmar el sistema que se desea diseñar en un bastón, de manera que sus usuarios se sientan más seguros y familiarizados con el dispositivo y de esta manera cumplir sus expectativas. Con las métricas definidas, el paso a consistió en definir los valores de referencia que bosquejan algunas de las características del dispositivo de manera preliminar.

6.3.2 Valores objetivo ideales y marginalmente aceptables. En este punto se sintetiza la información disponible para establecer el valor objetivo de las métricas determinadas con anterioridad. Para orientar mejor los resultados se utilizan dos tipos de valores: un valor ideal y un valor marginalmente aceptable. El valor ideal es el resultado óptimo que debe cumplir el prototipo. El valor marginalmente aceptable equivale a los valores mínimos que hacen viable el prototipo desde el punto de vista comercial.

Cuadro 11. Valores ideales y aceptables de las especificaciones cuantitativas.

No.	Métricas	Unidades	Valor aceptable	Valor ideal
1	Peso	g	< 1000	< 800
2	Dimensiones	m	1.30 x 0.07 x 0.07	1.20 x 0.02 x 0.02
3	Alcance de detección	m	≥ 0.15 y ≤ 1.20	≥ 0.10 y ≤ 2
4	Tensión de alimentación	V	12	12
5	Consumo total	mA	1 A	<500 mA
6	Tiempo de respuesta	s	≤ 0.001	≤ 0.0001
7	Precio	Pesos Colombiano s	$\leq 500\ 000$	$\leq 300\ 000$

Se espera que el prototipo final satisfaga los objetivos ideales, sin embargo, estas definiciones son aún prematuras porque pueden surgir cambios a lo largo de las etapas de diseño, hasta que llegue a la selección el concepto final. Con base en esta información se pasó a la fase consecutiva, la cual consiste en la generación de ideas del concepto que describe el prototipo.

6.4 GENERACIÓN DEL CONCEPTO

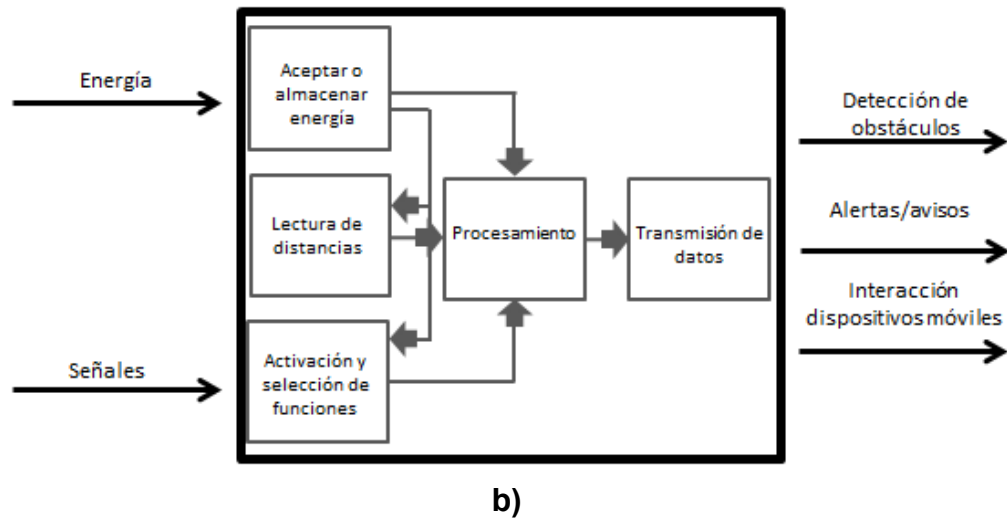
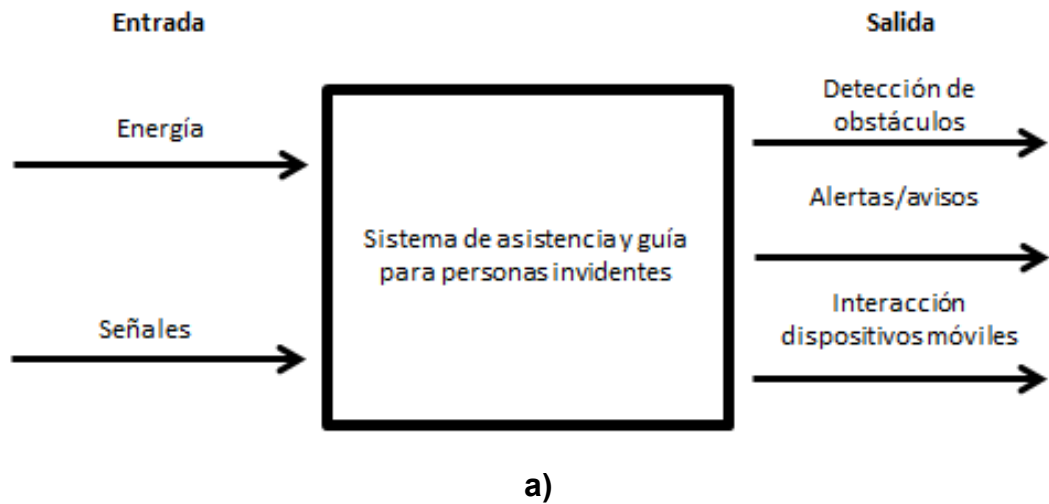
El concepto de diseño es una descripción específica de la forma en que el prototipo va a satisfacer las necesidades del cliente. De acuerdo a la metodología que se está aplicando en este proyecto, la etapa de generación del concepto puede ser desarrollada en tres pasos: Aclarar el problema, búsqueda interna-externa y exploración sistemática.

6.4.1 Aclarar el problema. Aclarar el problema consiste dar a entender la problemática general presente en la necesidad principal desde la cual el proyecto se concibió. En este caso, el problema identificado es que existe una necesidad latente en medio de la población invidente del país por afrontar más fácil y autónomamente las dificultades relacionadas con su orientación y movilidad, como lo son la identificación de obstáculos inferiores y superiores, su ubicación geográfica, la comunicación con sus allegados, entre otras, especialmente en entornos abiertos.

Analizando este contexto en conjunto con las necesidades establecidas en la etapa anterior, se determina que el sistema de asistencia y guía para invidentes que se pretende diseñar en etapas posteriores debe realizar funciones de detección de obstáculos no solamente a nivel inferior sino también superior. Al momento de detectar un obstáculo, el dispositivo le notificará al usuario para que tome las decisiones correspondientes. Además de construir la estructura de detección de obstáculos, se debe diseñar una aplicación que represente una interfaz para el usuario con el fin de cumplir con las necesidades de guía geográfica y comunicación con el grupo de acudientes.

A continuación se realiza una representación del problema como una caja negra que opera en flujos de energía y señales, que en definitiva representa la función general del prototipo.

Figura 8. Diagrama funcional de un sistema de asistencia y guía para personas invidentes. a) "Caja negra". b) Refinamiento que muestra subfunciones.



El esquema de la figura 8 muestra en el fragmento a), de manera gráfica y en términos muy generales, lo que debe realizar el dispositivo. El fragmento b) por su parte, muestra la descomposición del dispositivo en subfunciones, creando una descripción más específica de los elementos que se implementaron en el diseño para cumplir con la función del producto. El diagrama contiene unas variables de funcionamiento llamadas “entradas” definidas para este caso como *energía* y *señales*. Las entradas intervienen en el dispositivo de diferentes formas de acuerdo a tres procesos específicos: *aceptar o almacenar energía*, *lectura de distancias* y *activación y selección de funciones*. Sigue la etapa de procesamiento en la que se realiza el control de las variables, de donde se obtienen los datos que transcurren hacia una etapa posterior denominada *transmisión de datos*, contemplada como un proceso para proveer al usuario de una manera inalámbrica de manipulación de las variables entregadas por el sistema. Finalmente se adquieren tres salidas: *detección de obstáculos*, *alertas/avisos* e *interacción con otros dispositivos*, lo que en resumidas cuentas constituye las funciones principales del dispositivo. Uno de los objetivos de diferenciar la propuesta general en subfunciones es identificar etapas funcionales en las que sea necesario enfocarse con mayor interés. Después haber definido las funciones que debe realizar el prototipo funcional, fue necesario investigar cómo efectuarlas. Para esto, se realizó la siguiente etapa consistente en la búsqueda interna – externa.

6.4.2 Búsqueda interna - externa. La búsqueda interna - externa es un proceso de investigación y recolección de información destinado a hallar soluciones existentes al problema general y maneras de implementar las subfunciones identificadas en la etapa de aclaración del problema. Esto es útil para determinar las tecnologías existentes de las que se puede aprovechar sus beneficios para que el producto satisfaga las necesidades del usuario.

- Aceptar o almacenar energía: A continuación se presentan diferentes tipos de fuentes de alimentación de energía aplicables al dispositivo que se diseñará.
 - Baterías de Níquel-Cadmio (Ni-Cd). Son un tipo de baterías recargables de uso doméstico e industrial. Admiten un gran rango de temperaturas de funcionamiento. Admiten sobrecargas, se pueden seguir cargando cuando ya no admiten más carga. Tienen densidad de energía baja y efecto memoria muy alto. Su utilización se ha restringido por la presencia del Cadmio en su composición, debido a que es un metal muy tóxico y contaminante. El voltaje proporcionado en carga completa es de 1,2 Voltios por cada batería. Su capacidad usual es de 0,5 a 1,0

Amperio hora. Comúnmente se comercializan en tamaños AA y AAA aunque también pueden conseguirse en otros tipos de tamaños y presentaciones. Su precio es razonablemente bajo en relación de costo por ciclo.

- Baterías de Níquel e hidruro metálico (Ni-MH). Son un tipo de baterías recargables que en lugar de utilizar Cadmio, emplean una aleación de hidruro metálico, lo que las hace más amigables con el medio ambiente. Posee entre dos y tres veces mayor capacidad que la de una pila de Ni-Cd del mismo tamaño y peso. Posee un menor efecto memoria. Su desempeño se afecta cuando experimenta descargas profundas. Cada pila de Ni-MH puede proporcionar una tensión de 1,2 Voltios y capacidad entre 0,8 y 2,9 Amperio hora. Este tipo de baterías se utiliza ampliamente en electrónica de consumo, por lo que es sencillo encontrarlas en el mercado en presentaciones AA y AAA a precios económicos.
- Baterías de iones de Litio (Li-ion). Son baterías de elevada capacidad energética en comparación con las mencionadas anteriormente. Son resistentes a la descarga y tienen poco efecto memoria, pero su desempeño se afecta con el envejecimiento. Su uso se ha popularizado en aparatos como teléfonos móviles, computadores portátiles y reproductores de música. Tiene una vida útil promedio de tres años. No admiten bien los cambios de temperatura y sufren mucho cuando se exponen a descargas completas. Su fabricación es más costosa que las de baterías a base de Níquel, si bien su precio ha disminuido por su gran propagación en el mercado. A plena carga son capaces de proporcionar entre 2,65 y 4,2 Voltios con capacidad de 1,5 a 2,8 Amperios dependiendo del fabricante. Su presentación y tamaño depende de la aplicación a la que esté destinada.
- Baterías de polímero de Litio (LiPo). Son una variación de las baterías Li-ion. Tienen características similares pero permiten una mayor densidad de energía. Este tipo de batería se comercializa generalmente por referencias que indican las celdas y configuración. Cada celda provee de un voltaje nominal de 3,7 Voltios, voltaje máximo de 4,2 Voltios y mínimo 3,0 Voltios. Este último debe mantenerse estrictamente superior ya que las baterías sufren de daño irreparable a voltajes inferiores a 3,0 Voltios. Su tamaño y peso las hace muy útiles para equipos pequeños que requieran potencia y duración. Requieren un uso más delicado que las baterías convencionales a base de Níquel. Su precio varía conforme la capacidad y características de la batería.

- Adaptador de corriente alterna. Es un tipo de alimentación externa que se utilizan normalmente con dispositivos eléctricos que no contienen su propia fuente de alimentación interna. Los aparatos que utilizan adaptadores de corriente alterna deben adaptarse a especificaciones de Voltaje, capacidad de corriente, polaridad, estabilización y tipo de conector. Su tamaño y precio varía de acuerdo a las características del adaptador.

- Cargadores solares. Son una fuente de energía que produce electricidad de origen renovable obtenida directamente a partir de la radiación solar mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica. La energía obtenida puede ser almacenada en baterías internas para ser utilizada posteriormente. Su precio está relacionado con la capacidad del cargador, por lo que pueden encontrarse cargadores con baterías de utilización básica a precios económicos como también los destinados a suplir de energía a aparatos de mayor sofisticación con un valor más costoso. Se encuentran en diferentes modelos y tamaños.

- Lectura de distancias: La siguiente es información acerca de los tipos de sensores existentes en el mercado con funciones aplicables a lectura de distancias, pertenecientes a la clasificación denominada *sensores de proximidad*.
 - Sensor final de carrera. Son dispositivos eléctricos, neumáticos o mecánicos que constan de un activador unido a una serie de contactos. Cuando un objeto entra en contacto con el activador, el dispositivo se acciona para establecer o interrumpir una conexión eléctrica con el objetivo de modificar el estado de un circuito. Su uso es muy diverso, empleándose generalmente en máquinas industriales que tengan un movimiento rectilíneo de ida y vuelta o sigan una trayectoria fija, es decir, aquellas que realicen una carrera o recorrido fijo, como por ejemplo ascensores, montacargas, robots, etc. Los inconvenientes de este dispositivo son la velocidad de detección y la posibilidad de rebotes en el contacto, además depende de la fuerza de la actuación para activarse.
 - Sensor capacitivo. Estos elementos reaccionan ante objetos que al aproximarse a la superficie del sensor alteran la capacitancia, la cual depende de la constante dieléctrica del material a detectar, su masa, tamaños y distancia hasta la superficie sensible del detector. Los sensores señalan un cambio de estado basado en la variación del estímulo de un cambio eléctrico. Entre las ventajas que exhiben este

tipo de sensores cabe mencionar la de su capacidad de detectar objetos sin necesidad del contacto físico y tienen la posibilidad de detectar materiales distintos del metal. Un inconveniente que presenta este tipo de sensores es el alcance de detección, que dependiendo del diámetro puede alcanzar máximo hasta 60 mm.

- Sensor inductivo. Los sensores inductivos trabajan generando un campo magnético y detectando las pérdidas de corriente de dicho campo generadas al introducirse en él objetos de detección férricos y no férricos. Al aproximarse un objeto se inducen corrientes en él, por lo que hay una pérdida de energía del sensor, el cual reconoce el cambio y genera una señal. La utilización de estos sensores debe reconocer ciertas consideraciones, como la superficie del objeto a detectar la cual no debe ser menor que el diámetro del sensor. Su distancia de detección promedio máximo 40 mm.

- Sensores fotoeléctricos. Son dispositivos que requieren de un componente emisor que genera luz y un componente que la percibe. Responden enviando una señal al cambio en la intensidad de la luz que se da cuando un objeto se interpone entre la emisión y recepción de esta. Proveen de lecturas a distancias mayores que los sensores mencionados anteriormente, encontrando referencias que alcanzan a realizar lecturas a distancias superiores a los 10 metros. No necesitan tener contacto físico con los objetos a detectar y tienen la capacidad de diferenciar colores, formas y superficies. El costo del sensor depende de las características y aplicaciones para las que se fabricó.

- Sensores ultrasónicos. Estos sensores se componen de un emisor y receptor de pulsos ultrasónicos. El sensor trabaja según el tiempo de transcurso del eco, es decir, valora la distancia temporal entre el impulso de emisión y el impulso del eco. Tienen la capacidad de detectar objetos de diferentes formas y materiales. Puede detectar objetos a distancias de hasta 8 metros. Su costo depende de las especificaciones y funcionalidades que abarque.

- Sensores magnéticos. Son elementos que detectan la variación del campo magnético creado por un imán en el sensor al atravesar un objeto, el cual debe estar equipado con un imán. Los campos magnéticos pueden pasar a través de distintos materiales, y no es necesario que exista contacto directo entre el sensor y el objeto.

- Procesamiento: En el mercado existen diversos tipos de microcontroladores programables con los que se puede realizar el procesamiento de las funciones que debe realizar el dispositivo de guía y asistencia al invidente. Las opciones más significativas son las siguientes:
 - *Programmable system on chip* (PSoC). Es una familia de microcontroladores programables desarrollada por la compañía *Cypress Semiconductor*. Esta tecnología incorpora todo un sistema configurable dentro de un único chip. Es un microprocesador muy versátil que brinda la posibilidad de disponer de sus componentes para crear de forma interna filtros análogos y digitales, amplificadores, comparadores, conversores AC/DC de varios tipos y resolución, moduladores de ancho de pulso (PWM), contadores, entre muchos otros. Su precio es relativamente alto, por lo que no se recomienda destinarlo para aplicaciones básicas en las que no se aprovechen todas las bondades del chip.
 - PIC. Los PIC, de *Microchip*, son una opción más dentro del vasto mercado de microcontroladores. La popularidad de estos dispositivos radica en su alta disponibilidad en el mercado y bajo precio. Por otra parte, su programación es relativamente sencilla y por su amplia difusión, poseen una enorme cantidad de material de consulta bibliográfica para desarrolladores. Por otro lado, se han desarrollado una serie de herramientas de bajo costo por parte de terceros (empresas, profesionales y aficionados), como son programadores, software, etc., que facilitan el uso y programación de estos dispositivos.
 - Arduino. Es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios. Arduino puede tomar información del entorno a través de sus entradas analógicas y digitales, y controlar luces, motores y otros actuadores. Actualmente hay varios modelos de sistemas Arduino que van cambiando de microcontrolador. Su diseño como su distribución son libres. Es decir, puede utilizarse sin inconvenientes para desarrollar cualquier tipo de proyecto sin tener que adquirir ningún tipo de licencia.

- Transmisión de datos: Este término se refiere a la transferencia física de información a través de un canal de comunicación. Hay diversas formas de transmitir datos entre dispositivos electrónicos, como cables de par trenzado, fibra óptica, comunicación inalámbrica y medios de almacenamiento. A continuación se mencionan las tecnologías más destacadas de la comunicación inalámbrica, la cual se definió como la ideal para ser utilizada para transmitir información a dispositivos de telefonía móvil, que son los que se pretenden implementar.
 - Bluetooth. Es una especificación industrial que posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos mediante un enlace por radiofrecuencia. Los beneficios de este protocolo principalmente involucra la eliminación de cables para la transmisión de la información, lo que facilita la comunicación entre equipos móviles y dispositivos de bajo consumo. Bluetooth se utiliza principalmente en un gran número de productos tales como teléfonos, impresoras, módems y auriculares. Su uso es adecuado cuando puede haber dos o más dispositivos en un área reducida sin grandes necesidades de ancho de banda. Los dispositivos que incorporan este protocolo se comunican entre ellos cuando se encuentran dentro de su alcance.
 - *Wi-Fi*. Es un mecanismo de conexión de dispositivos electrónicos tales como un ordenador personal, una consola de videojuegos, un *smartphone*, o un reproductor de audio digital, con el fin de que accedan a internet a través de un punto de acceso de red inalámbrica. Una de las desventajas que tiene el sistema *wi-fi* es una menor velocidad en comparación a una conexión cableada, debido a las interferencias y pérdidas de señal que el ambiente puede acarrear. Esta tecnología no es compatible con otros tipos de conexiones sin cables como Bluetooth, GPRS, UMTS, etc.
- Métodos de comunicación con el usuario: Este concepto incluye una definición de las técnicas para generar las alertas o avisos necesarios para establecer una comunicación con el usuario el fin de que pueda tomar las acciones correspondientes de acuerdo al tipo de circunstancias que se le presenten. Las siguientes son alternativas de creación de alertas o avisos para comunicarse con el usuario invidente e interfaces de teléfonos móviles.

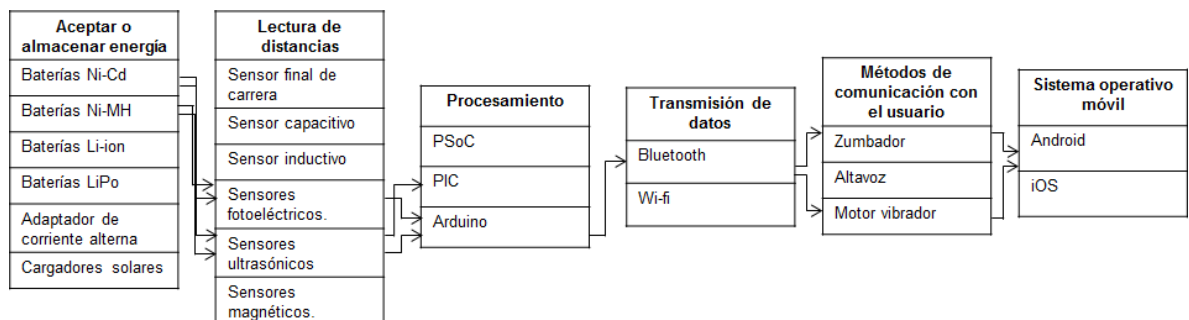
- Zumbador. Es un transductor electroacústico que produce un sonido o zumbido continuo o intermitente de un mismo tono. Son utilizados en múltiples sistemas como en automóviles o en electrodomésticos, incluidos los despertadores.
 - Altavoz. Es un transductor electroacústico utilizado para la reproducción de sonido desde un dispositivo electrónico. También es llamado bocina o speaker.
 - Motor vibrador. Son aparatos que por medio de un desequilibrio definido generan vibraciones mecánicas de diferente frecuencia y amplitud. Su comportamiento vibratorio puede definirse por medio de patrones de intensidad o repetición para diferenciar un conjunto de señales.
- Sistema operativo móvil. Es un sistema operativo que controla un dispositivo móvil al igual que los PCs utilizan Windows o Linux entre otros. Sin embargo, los sistemas operativos móviles son mucho más simples y están más orientados a la conectividad inalámbrica, los formatos multimedia para móviles y las diferentes maneras de introducir información en ellos. A continuación se describen resumidamente las plataformas de teléfonos móviles que puedan ser empleadas para desarrollar una interfaz de comunicación para el invidente.
 - Android. El sistema operativo Android es el líder del mercado móvil en sistemas operativos. Se usa en teléfonos inteligentes, ordenadores portátiles, tabletas, relojes de pulsera entre otros. Una de las grandes cualidades o características de este sistema operativo es su carácter abierto. Tiene una gran comunidad de desarrolladores escribiendo aplicaciones para extender la funcionalidad de los dispositivos. El desarrollo de aplicaciones para Android no requiere aprender lenguajes complejos de programación. Todo lo que se necesita es un conocimiento aceptable de Java y estar en posesión del kit de desarrollo de software, provisto por Google, el cual se puede descargar gratuitamente.
 - *Iphone operating system – iOS*. Es un sistema operativo móvil de la empresa *Apple Inc.* Originalmente desarrollado para el iPhone, siendo después usado en dispositivos como el *iPod Touch* y *iPad*. Su simplicidad y optimización son sus pilares para que millones de usuarios se decanten por iOS en lugar de escoger otras plataformas.

Xcode es el programa utilizado en el kit de desarrollo de software iPhone. Las aplicaciones deben estar escritas en Objective-C para ser utilizadas en iOS.

6.4.3 Exploración sistemática. La exploración sistemática está destinada a descubrir las posibles ideas de diseño que den lugar al concepto de diseño final a través de la organización de la información comentada en la búsqueda interna - externa, en dónde quedaron expuestos conceptos de herramientas tecnológicas que serían útiles en la ejecución de las funciones que debe realizar el dispositivo de asistencia y guía para invidentes que se desea diseñar.

Ahora, es necesario relacionar dichos conceptos con el objetivo de obtener los tipos de diseño que serán evaluados posteriormente para seleccionar el que mejor se adapte al contexto de desarrollo del proyecto. Para considerar combinaciones de conceptos de manera selectiva se realizó una *matriz de combinación de conceptos*. Dicha matriz tiene por columnas las subfunciones identificadas en la figura 9. Las entradas de cada columna corresponden a los conceptos de solución derivados de la búsqueda interna – externa. La matriz de combinación es simplemente una forma de hacer asociaciones entre conceptos para estimular más el pensamiento creativo y facilitar la generación de ideas de diseños potenciales. La figura 9 contiene el resumen de los conceptos generados a partir de la exploración anterior, con el fin de facilitar la identificación de las combinaciones factibles de realizar.

Figura 9. Combinación de conceptos.



A partir de la orientación dada por la matriz de combinación se procede a generar los conceptos posibles que puedan involucrar los parámetros anteriormente mencionados. La lista inicial de alternativas presentadas en la búsqueda interna – externa se filtró, dejando activas las tecnologías más adaptables a las funciones y requerimientos propuestos para el sistema de guía asistida. En este punto vale la pena recordar que en la etapa de identificación de necesidades quedó establecido que el prototipo debe estructurarse en un bastón, por la insistencia en los usuarios entrevistados de conservar la seguridad y familiaridad que este método les ofrece.

En el tema de aceptar o almacenar energía, se buscó considerar un sistema de suministro de energía práctico, sencillo, económico y fácil de adaptar al bastón. Por tal motivo se decidió conservar las opciones correspondientes a las baterías de Níquel-Cadmio y Níquel-Hidruro metálico, ya que las demás limitaban los requisitos mencionados de alguna u otra forma. En cuanto a la lectura de distancias, se determinó conservar las opciones de sensores fotoeléctricos y ultrasónicos, los cuales son los más indicados para determinar la presencia de objetos a distancias próximas a un individuo antes de que este entre en contacto con ellos. En las demás se evidenció la desventaja de que solo permiten lecturas a distancias muy cortas, en algunos casos inferiores a 1 cm, restringiendo su uso en este tipo de aplicaciones.

Respecto a la subfunción de procesamiento, PSoC fue apartado por su elevado precio de adquisición y la sofisticación de la herramienta, que está destinada a aplicaciones más sofisticadas.

Con relación a la transmisión de datos, el manejo de una tecnología Wi-fi para estos fines requiere de la configuración protocolos y servidores que hacen más complejo el proceso en comparación con Bluetooth, por lo que se decidió dejar este último como la opción definitiva. En lo que corresponde al sistema operativo móvil, Android presenta considerables ventajas sobre iOS en cuanto a facilidad de desarrollo de aplicaciones, compatibilidad y costo, por lo que se tomó la decisión de trabajar sobre Android. A partir de esa preselección resultante, se procedió a combinar las posibles opciones de las que debe surgir el concepto final. Las opciones derivadas se condensaron en la siguiente lista.

Conceptos generados:

1. Baterías Ni-Cd – Sensores fotoeléctricos – Arduino – Bluetooth – Zumbador - Android.
2. Baterías Ni-Cd – Sensores ultrasónicos – Arduino – Bluetooth – Zumbador - Android.
3. Baterías Ni-Cd – Sensores ultrasónicos – PIC – Bluetooth – Motor vibrador - Android.
4. Baterías Ni-MH – Sensores fotoeléctricos – Arduino – Bluetooth Motor vibrador - Android.
5. Baterías Ni-MH – Sensores ultrasónicos – Arduino – Bluetooth – Motor vibrador - Android.
6. Baterías Ni-MH – Sensores ultrasónicos – PIC – Bluetooth – Zumbador - Android.

Después de obtener los conceptos de posibles diseños, la etapa a seguir consiste en la selección de un único concepto que represente realizado. El proceso de elección está documentado en la etapa que prosigue.

6.5 SELECCIÓN DEL CONCEPTO

Para seleccionar el concepto final que representará el proyecto se realiza un procedimiento de filtrado y evaluación de las alternativas propuestas en la lista generada en la etapa anterior. Dicho procedimiento se apoya en un método de toma de decisiones denominado *matriz de selección de conceptos*, el cual es útil para filtrar, ordenar y seleccionar las mejores opciones hasta identificar la más sobresaliente de todas, que será la que se desarrollará en adelante.

La figura 11 muestra la matriz de selección de conceptos, que tiene como entradas las alternativas de conceptos enlistados y los criterios de evaluación. Estos criterios se toman con base en las necesidades más representativas que suelen expresar los usuarios al momento de utilizar un dispositivo nuevo. También se tuvieron en cuenta los requisitos del personal que desarrollará el dispositivo. La evaluación se realiza aplicando los calificativos “mejor que (+)”, “igual a (0)” o “peor que (-)”, los cuales se ubican en cada celda de la matriz para representar cómo se evalúa cada concepto. El concepto a desarrollar, será el que obtenga el mejor puntaje.

Cuadro 12. Matriz de selección de conceptos.

Criterios de Selección	Conceptos					
	1	2	3	4	5	6
Exactitud	-	+	+	-	+	+
Fácil de manipular	0	0	0	0	0	0
Seguridad	-	-	-	+	+	+
Durabilidad	-	-	-	+	+	+
Fácil manufactura	+	+	-	+	+	-
Costo asequible	+	+	-	+	+	-
Suma +	2	3	1	4	5	3
Suma 0	1	1	1	1	1	1
Suma -	3	2	4	1	0	2
Puntaje	-1	1	-3	3	5	1

De acuerdo al resultado arrojado por la matriz se determina que el concepto con mejor puntuación es el número 5, por lo tanto es el seleccionado para desarrollar el prototipo del sistema de asistencia y guía para invidentes. En términos generales el concepto seleccionado resulta ser lo siguiente: Sistema de asistencia y guía configurable en bastón, alimentado por baterías Ni-MH, con detección de obstáculos por medio de sensores ultrasónicos, procesamiento a través de la plataforma Arduino, transmisión de datos y comunicación con otros dispositivos de telefonía móvil a través de Bluetooth, comunicación de alerta al usuario con motor vibrador y aplicación de asistencia destinada a utilizarse en el sistema operativo móvil Android.

La justificación de la selección realizada es la siguiente: las baterías se escogieron del tipo Níquel-Hidruro metálico su carácter menos contaminante y su mayor capacidad en comparación a las de Níquel-Cadmio. El tipo de sensor ultrasónico fue escogido porque los fotoeléctricos tienen 3 desventajas considerables. La primera es que estos sensores no detectan objetos de material transparente, la segunda es que sus mediciones están influenciadas por la luz ambiente en la que se desempeña el sensor, por lo que las medidas se ven afectadas en entornos oscuros. Y la tercera es que los objetos brillantes le emiten señales de reflejo que pueden alterar la medida realizada⁷.

PIC es similar en costos con Arduino, pero este último tiene la ventaja de simplificar su manipulación ya que su estructura exonera a los desarrolladores de realizar adaptaciones para la configuración del microcontrolador, lo que es necesario realizar con PIC. Además, Arduino tiene una interfaz de programación sencilla. Por estas razones se escogió trabajar con Arduino. Por último, el método de alerta se escogió que fuera por medio de vibración, ya que esto no perturba los canales auditivos del usuario, de los cuales se apoya de manera importante en sus actividades de orientación y movilidad. Después de haber definido el concepto claramente, las etapas siguientes desarrollan lo relacionado con el diseño detallado del prototipo.

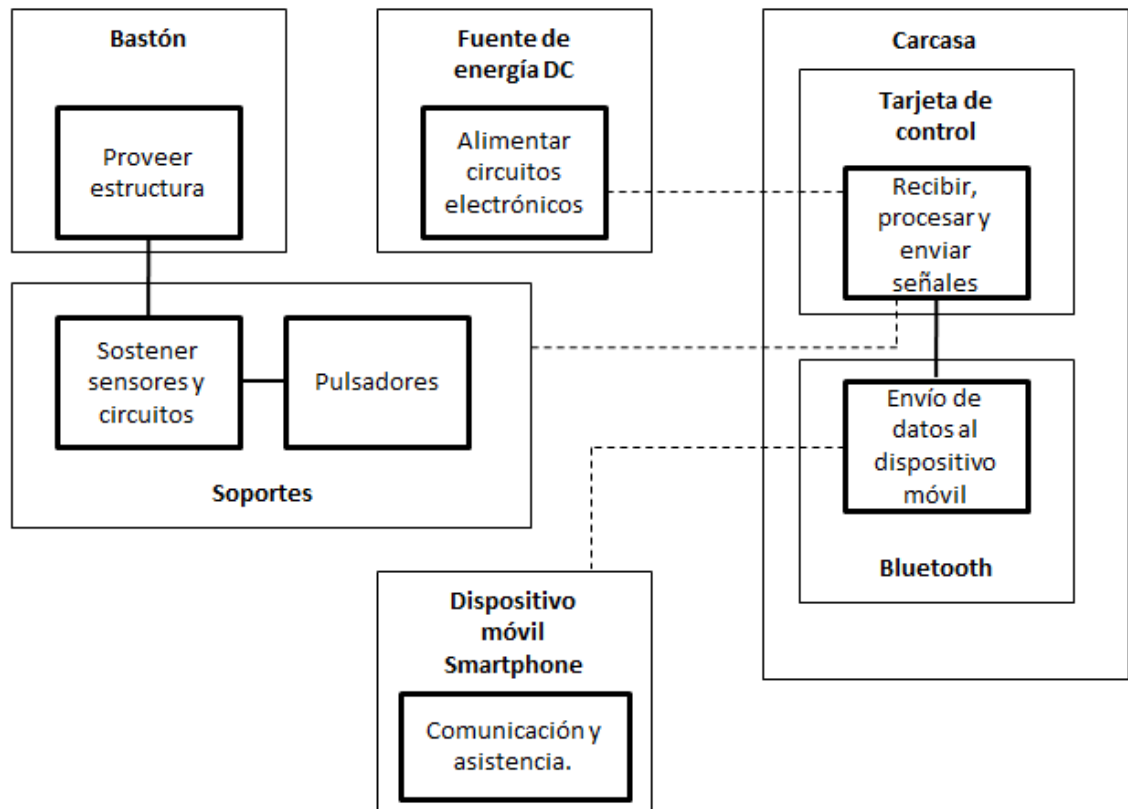
6.6 ARQUITECTURA DEL PRODUCTO.

Esta etapa define el esquema por el cual los elementos funcionales del dispositivo se adecúan de manera que los mecanismos físicos que ponen en práctica las aplicaciones del producto se desempeñen adecuadamente. En primera instancia se estableció el esquema descriptivo del dispositivo, para después plasmar esa noción en un entorno visual que dé la primera aproximación del aspecto físico que tiene el bastón.

⁷ Florida Institute for Human and Machine Cognition (IHMC). Sensores. [en línea] [Consultado el 21 de Julio de 2014]. Disponible en internet: <http://cmapspublic2.ihmc.us/rid=1H2B63T5G-1SLKJ1L-J52/Sensores%20fundamentos,%20tipos%20y%20caracter%C3%ADsticas.pdf>

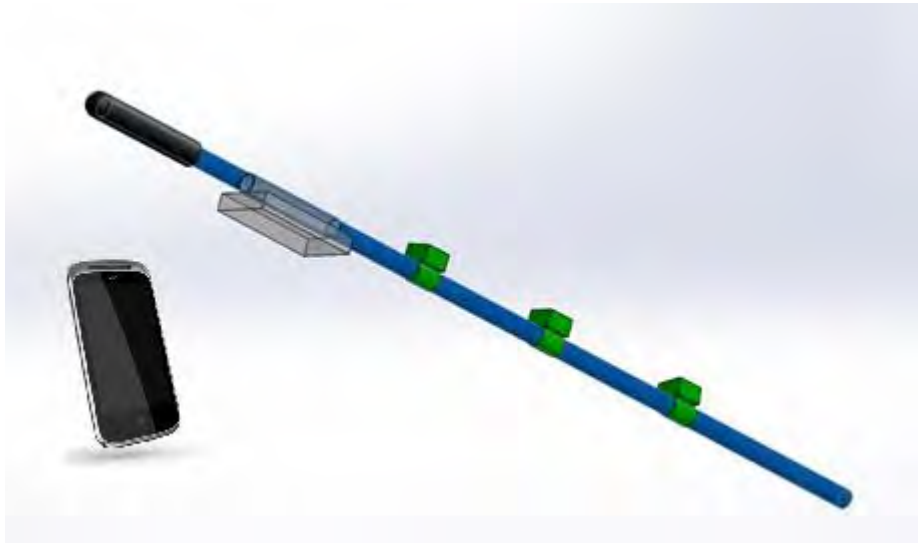
6.6.1 Esquema del producto. El resultado de aplicar este proceso es la elaboración de una disposición geométrica aproximada del prototipo. La figura 12 muestra el diagrama esquemático con los elementos de conformación del dispositivo y las características funcionales más representativas del producto.

Figura 10. Diagrama esquemático del prototipo.



6.6.2 Disposición geométrica aproximada. A partir del esquema anterior se generó una idea de la configuración simétrica que eventualmente debe mantener el dispositivo para cumplir con las funciones propuestas. A continuación se muestra la imagen de la distribución geométrica del dispositivo generada mediante el software de modelación 3D *SolidWorks*. Este boceto es un diseño parcial de lo que es el producto en su forma de prototipo final.

Figura 11. Disposición geométrica aproximada del sistema.



La imagen muestra los componentes macro del prototipo del sistema de asistencia y guía propuesto. El primer componente es el bastón, que se configuró para contener los sensores que detectarán los obstáculos. El segundo componente es la aplicación para el teléfono celular del usuario, al que se transmitirán datos desde el bastón y con el que se enviarán datos a los acudientes del usuario.

La futura etapa de creación de prototipos contribuyó a evolucionar los detalles mostrados en la imagen anterior. Concluida esta etapa, continúa el proceso con la fase de diseño industrial.

6.7 DISEÑO INDUSTRIAL.

El diseño industrial detallado en la metodología de referencia establece que es necesario realizar un análisis de las necesidades ergonómicas del dispositivo que va a interactuar con el cliente o usuario final como lo son la facilidad de uso, los modos de operación, las características de mantenimiento y la consideración de aspectos estéticos.

6.7.1 Necesidades Ergonómicas. Las necesidades ergonómicas abarcan los aspectos del dispositivo que están relacionados con las características fisiológicas, anatómicas, psicológicas y las capacidades del invidente.

- **Facilidad de uso.** El sistema de asistencia y guía debe tener una forma amigable de interactuar con el usuario, por lo que las interfaces de funcionamiento y comunicación tienen que estar adaptadas a la discapacidad. La manipulación debe ser sencilla, de manera que se debe evitar la inclusión de múltiples características o modos de operación que puedan confundir al usuario. La comprensión de las funciones del prototipo requiere un proceso de adaptación sencillo y de fácil entendimiento. Las funciones deben ser automatizables y personalizables de acuerdo a la voluntad de cada usuario.
- **Facilidad de mantenimiento.** El sistema debe facilitar su conservación por medio de características durables en sus componentes, procurando prescindir de actividades de mantenimiento extensas o complejas.
- **Cantidad de interacciones.** El dispositivo provee de interacciones adaptables a la discapacidad del usuario, como selección de funciones por medio de pulsadores y/o comandos de voz.

6.7.2 Necesidades estéticas. Las necesidades estéticas se dirigen hacia percepción y sensación del aspecto del producto final de manera que al usuario le resulte agradable su utilización.

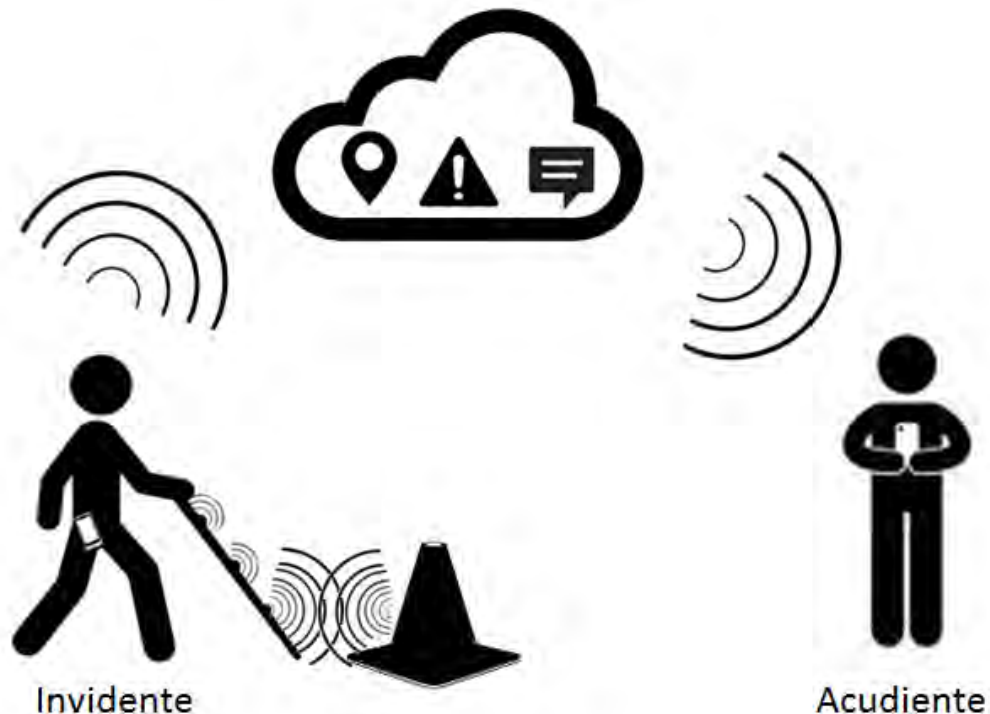
- **Diferenciación visual.** El sistema a diseñar está destinado a ser utilizado primordialmente por personas invidentes, por lo que su apariencia física no constituye un elemento trascendental en el diseño. Sin embargo, es importante mantener ciertas características estéticas que le otorguen una diferenciación dentro del mercado de herramientas similares, aunque no resulten muy llamativas.

Con las premisas establecidas en este capítulo se trata de garantizar que el prototipo tenga una buena ergonomía y una identidad estética agradable, para lograr la creación de un dispositivo de calidad.

6.8 CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPOS.

Esta etapa documenta el proceso de construcción del prototipo funcional del sistema de asistencia y guía para personas invidentes. El componente del bastón tiene como función principal detectar los obstáculos en las zonas inferior, media y superior del plano frontal del usuario, y avisar de su presencia por medio de vibraciones parametrizadas para diferenciar cada tipo de obstáculo. Con el fin de permitirle al invidente seleccionar si desea diferenciar los obstáculos por medio de comandos de voz, el bastón se comunicará con un Smartphone a través de Bluetooth, con el que se transmitirán los datos de las distancias leídas por los sensores del bastón, y que al identificar un obstáculo el usuario escuchará el aviso correspondiente en el celular. El sistema se complementa con la aplicación móvil diseñada para utilizar servicios de GPS, mensajes de texto y acceso a redes sociales, con los que se determinará información relacionada con la ubicación del invidente y se transmitirá información relevante a los dispositivos móviles de sus allegados. La aplicación se diseñó para ser compatible y funcional en smartphones con sistema operativo Android. En la figura 14 se muestra la esquematización del sistema desarrollado, con el fin de representar en qué consiste el prototipo funcional en su totalidad.

Figura 12. Composición del sistema de asistencia y guía para personas invidentes formulado en el proyecto.



A continuación se documenta el proceso realizado para la construcción del sistema. Lo primero que se realizó fue la selección de los componentes que forman el prototipo en su totalidad. Para seleccionar los elementos apropiados se realizó una búsqueda de las opciones existentes en el mercado que realicen las subfunciones establecidas previamente, tomando en cuenta las características y requerimientos pre definidos en las etapas anteriores.

En primer lugar se seleccionó el bastón que conformará la estructura principal del dispositivo. Se decidió adquirir un bastón blanco comercial de forma cilíndrica, fabricado en aluminio, de dimensiones 120 cm × 1.7 cm × 1.7 cm. Tiene la capacidad de plegarse en cuatro partes para facilitar su almacenamiento. La cubierta incluye material reflejante de la luz para visualizarlo con facilidad.

Figura 13. Imagen del bastón blanco adquirido para el desarrollo del prototipo.



Fuente: Medical Center. Bastón invidente para adulto con correa. [En línea]. [Consultado el 21 de Julio de 2014] Disponible en Internet: [http://www.medicalcenter.com.mx/baston invidente para adulto con correa](http://www.medicalcenter.com.mx/baston%20invidente%20para%20adulto%20con%20correa)

Con el fin de conceder una propiedad deslizante al bastón en las actividades de exploración que realiza con la punta inferior de este, se decidió acoplar un mecanismo en el extremo que facilite el tanteo sobre el suelo. Existe una variedad de modelos adaptables a la estructura de los bastones de aluminio tradicionales que permiten realizar diferentes técnicas de tanteo. A partir de esto se decidió adquirir un modelo en forma esférica con un mecanismo que permite realizar un el movimiento barrido de derecha a izquierda que realizan comúnmente los invidentes para examinar el entorno. Tiene la apariencia de una bola de color blanco, con un diámetro de 5 cm, fabricada en acero inoxidable y cubierta de nylon.

Figura 14. Bola deslizante adaptada en el extremo inferior del bastón.



Fuente: Ambutech. [En línea]. [Consultado el 21 de Julio de 2014] Disponible en Internet: <http://ambutech.com/product-catalog/tips/rolling-ball-hook-tip/>

Para determinar los sensores ultrasónicos indicados para el prototipo se realizó una documentación acerca de las referencias existentes en el mercado. Se compararon especificaciones y características de diferentes modelos hasta filtrar la selección a los siguientes dos tipos de sensores.

Cuadro 13. Especificaciones técnicas de sensores ultrasónicos.

Características	Referencias de sensores	
	HC-SR04	LV-Maxsonar EZ Series
Resolución	0.3 cm	2.54 cm
Alcance	2 cm - 3 m	15 cm - 6 m
Frecuencia de operación	40 KHz	42 KHz
Tensión de alimentación	5 V	2.5 V– 5.5 V
Consumo de corriente	15 - 30 mA	2 mA
Dimensiones	45 × 20 × 15 mm	20 × 22 × 15 mm
Peso	9 g	4.3 g
Precio*	7.500	53.000
Imagen	 <p>Fuente: Ultrasound Sensor HC-SR04. [En línea]. [Consultado el 21 de Julio de 2014] Disponible en Internet: http://www.inmotion.pt/store/ultrasound-sensor-hc-sr04</p>	 <p>Fuente: LV-MaxSonar®-EZ™ Sensor Line. [En línea]. [Consultado el 21 de Julio de 2014] Disponible en Internet: http://www.maxbotix.com/Ultrasonic_Sensors/RangeFinders.htm</p>

*El precio es un valor promedio en pesos colombianos de los valores de compra ofertados por diferentes proveedores consultados.

Se escogió manejar el sensor ultrasónico de referencia LV-Maxsonar EZ Series por tener características de consumo de energía eficientes, por otorgar un alcance de medición amplio y por tener una estructura física práctica al solo emplear una pieza para la emisión y recepción de las ondas, lo que le otorga una sencillez importante a la hora de realizar el montaje en la estructura del bastón. Este sensor tiene tres tipos de salidas: RS232, PWM y analógica. Utilizando la opción con salida analógica se necesitan tres pines de conexión, GND, +5V y entrada/salida análoga.

Hay diversidad de aplicaciones con este tipo de sensores requieren diferentes grados de apertura en el haz de emisión o diferente sensibilidad. Por consiguiente, dentro de la gama de sensores de la referencia seleccionada, se diferencian 5 tipos de sensores que coinciden en las características mencionadas en el cuadro 13 pero se diferencian en las amplitudes de haz de emisión y recepción de las ondas de ultrasonido. La información referente a estos datos está consignada en la figura 15.

Figura 15. Configuraciones de haz para los sensores LV-Maxsonar EZ series.

LV-MaxSonar®-EZ Beam patterns	EZ0™	EZ1™	EZ2™	EZ3™	EZ4™
Detection pattern to a 1/8 inch diameter dowel.					
Detection pattern to a 1/4 inch diameter dowel.					
Detection pattern to a 1 inch diameter dowel.					
Detection pattern to a 3 1/4 inch diameter dowel.					

-5V
+3.3V
V+ supply voltage
(Distances overlaid on a 1 foot grid)

Fuente: Maxbotix LV-Maxsonar-EZ1. [En línea]. [Consultado el 21 de Julio de 2014]
 Disponible en Internet: <http://www.robot-hk.com/shopexd.asp?id=133>

A partir de la anterior información se decidió seleccionar el modelo EZ3, el cual tiene un haz de emisión más enfocado que las demás referencias, lo que se consideró importante para ajustar la medición a objetos que se encuentren dentro de una distancia tanto frontal como lateral lo suficientemente amplia reconocer objetos que puedan significar un peligro en el desplazamiento del invidente. Puesto que se estableció que el sistema debe detectar obstáculos en tres niveles (inferior, frontal y superior), se dispuso utilizar tres sensores, uno para cada tipo medición.

Al momento de desplazarse, los invidentes modifican la inclinación del bastón conforme a sus necesidades de exploración, por ese motivo surgió la necesidad de garantizar que cada uno de los tres sensores mantengan su posición enfocada en los puntos de referencia específicos (piso, frente, arriba), sin importar la inclinación que el usuario le dé al dispositivo. Por esa razón, se analizó la posibilidad de aplicar un mecanismo que controle la dirección de los tres sensores de manera que ante cualquier variación de ángulo, los tres sensores se posicionen en el punto de lectura establecido.


Se propuso entonces adecuar a la estructura del bastón un elemento que permita determinar el cambio de posición de la estructura. Se investigaron las alternativas de sensores que realizan esta función, encontrando que las más funcionales corresponden a los sensores conocidos como acelerómetros y giroscopios. Para identificar cuál de los dos es el más conveniente de utilizar se investigaron los principios de funcionamiento y características de ambos objetos.

- **Acelerómetros.** Como lo indica su nombre, estos dispositivos miden la aceleración de un objeto, es decir, la rapidez con la que algo se está acelerando o frenando. Los acelerómetros se utilizan para detectar la gravedad y frenadas repentinas en un objeto. Una de las aplicaciones en las que es más ampliamente utilizado esta tecnología es en mediciones de inclinación. También pueden utilizarse para medir movimiento y determinar la orientación de un objeto respecto a la superficie de la tierra.
- **Giroscopios.** Estos elementos determinan la orientación de un objeto, a través de la medición de velocidad angular, lo que es lo mismo que decir que miden la rapidez a la que un objeto está girando sobre un eje. A diferencia de los acelerómetros, los giroscopios no se afectan por la gravedad. Las aplicaciones más comunes de los giroscopios son las destinadas a la navegación y orientación en el aire y bajo el agua.

Teniendo en cuenta esta información, cualquiera de los dos tipos de sensores es útil para la función deseada. Se optó por utilizar un acelerómetro, por la referencia bibliográfica consultada en la que se estableció que este objeto es el predilecto para ejecutar mediciones de inclinación en objetos.

Después de establecer esta decisión, fue necesario encontrar un modelo que estuviera disponible en medio de los distribuidores de aparatos electrónicos, ya que este tipo de dispositivos no es comercializado ampliamente en el mercado local. El producto seleccionado es el que se describe en el cuadro 14.

Cuadro 14. Especificaciones técnicas del acelerómetro seleccionado.


Características	Valores
Referencia	MMA7361 – Acelerómetro de tres ejes
Tensión de alimentación	2.2 V – 3.6 V
Consumo de corriente	400 μ A
Dimensiones	3 × 5 × 1 mm
Precio*	10.000
Imagen	 <p>Fuente: MMA7361L 3-Axis Accelerometer ACL02. [En línea]. [Consultado el 21 de Julio de 2014] Disponible en Internet: http://www.electfreaks.com/store/ma7361l-3axis-accelerometer-acl02-p-310.html</p>

*El precio es un valor promedio en pesos colombianos de los valores de compra ofertados por diferentes proveedores consultados.

Posteriormente fue necesario establecer la manera de modificar la posición cuando el acelerómetro señale que se produjo un cambio de inclinación. Analizando diferentes conjuntos de control mecánicos que pueden emplearse en la conformación de este módulo, se concluyó que un servomotor es un elemento sencillo de configurar, muy útil y funcional para variar controladamente las

direcciones de los sensores. De acuerdo con las características de los elementos especificados previamente, era necesario encontrar un servomotor pequeño y liviano de manera que su configuración dentro del dispositivo fuera sencilla. Se buscaron referencias de servos que cumplieran con estos requerimientos, encontrando como opción definitiva la descrita en el cuadro 15.

Cuadro 15. Especificaciones técnicas del servomotor seleccionado.

Características	Valores
Referencia	T-pro mini servo SG-90 9g
Tensión de alimentación	4.8 V
Torque máximo	1.8 kgf.cm
Dimensiones	22.2 × 11.8 × 29 mm
Precio*	9.500
Imagen	 <p>Fuente: SG 90 9g Micro Servo datasheet. [En línea]. [Consultado el 21 de Julio de 2014] Disponible en Internet: http://datasheet.sparkgo.com.br/SG90S ervo.pdf</p>

*El precio es un valor promedio en pesos colombianos de los valores de compra ofertados por diferentes proveedores consultados.

En cuanto a los motores vibradores, la selección estuvo condicionada por la poca diversidad y disponibilidad de este tipo de elementos en los distribuidores locales. Se analizó la posibilidad de importarlos de fabricantes extranjeros, pero estos solo manejan pedidos superiores a 100 unidades.

La selección de este componente estuvo impuesta por dichas condiciones, así que se realizó una búsqueda de modelos disponibles realizada con diferentes distribuidores de aparatos electrónicos, con el fin de encontrar un modelo de motor con las dimensiones más ajustables para la aplicación destinada dentro del prototipo. Se seleccionó un micro motor con las especificaciones mostradas en el cuadro 16.

Cuadro 16. Especificaciones descriptivas del motor seleccionado.

Características	Valores
Tensión de alimentación	1.3 V
Consumo de corriente sin carga	55 mA
Consumo de corriente con carga	Máximo: 160 mA
Peso	0.6 g
Dimensiones	23 × 7 × 5 mm
Precio	3.000
Imagen	 <p>Fuente: Precision Microdrives. En línea]. [Consultado el 21 de Julio de 2014] Disponible en Internet: http://www.directindustry.es/prod/precision-microdrives/motores-vibratorios-micro-dc-39252-302399.html</p>

De acuerdo al concepto general escogido para desarrollar el prototipo, la herramienta de procesamiento a implementar es la correspondiente a la plataforma Arduino.

En busca de seleccionar un modelo de tarjeta adecuado se realizó una comparación de las referencias más completas existentes en el mercado, además de ser las más comunes. El cuadro 17 muestra organizadas en las columnas las 7 referencias de tarjetas analizadas. Los criterios para compararlas están mencionados en las filas, entre los que se incluye la consideración de cantidad de puertos seriales como un aspecto importante por la transmisión de información a través de Bluetooth, que es una de las funciones que debe realizar el sistema, la cual debe realizarse por medio de estos puertos.

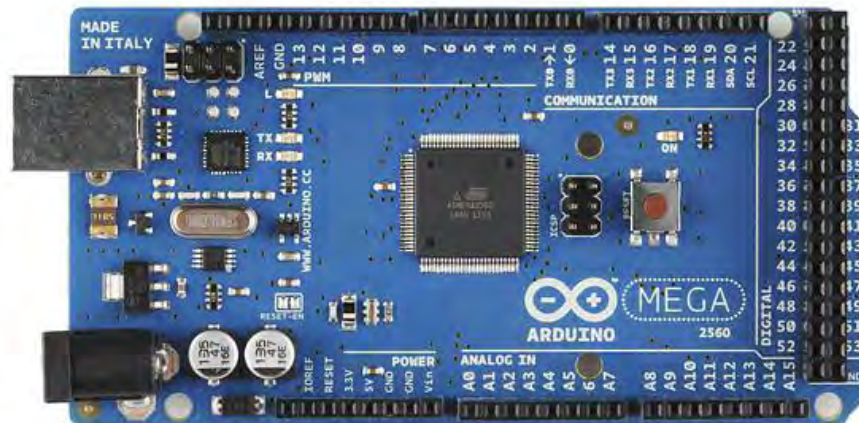
Cuadro 17. Comparación entre las características de las tarjetas Arduino.

	Referencias						
	Uno	Due	Leonardo	Mega 2560	Micro	Mini	Nano
Tensión de operación / Tensión de entrada	5 V / 7-12 V	3.3 V / 7-12 V	5 V / 7-12 V	5 V / 7-12 V	5 V / 7-9 V	5 V / 7-9 V	5 V / 7-9 V
Velocidad CPU	16 Mhz	84 Mhz	16 Mhz	16 Mhz	16 Mhz	16 Mhz	16 Mhz
Entradas / Salidas análogas	6 / 0	12 / 2	12 / 0	16 / 0	12 / 0	8 / 0	8 / 0
Entradas y Salidas digitales / PWM	14 / 6	54 / 12	20 / 7	54 / 15	20 / 7	14 / 6	14 / 6
Cantidad de puerto serial	1	4	1	4	1	-	1
Precio*	35.000	120.000	60.000	30.000	53.000	50.000	28.000

*El precio es un valor promedio en pesos colombianos de los valores de compra ofertados por diferentes proveedores consultados.

Con base a esta información, se decidió recurrir a la tarjeta Arduino Mega 2560, porque es un modelo que provee de un buen número de entradas y salidas análogas y digitales, facilitando la distribución y configuración de distintas variables. Además maneja una buena cantidad de recursos para adaptar las funciones que se implementan con los demás componentes y su precio es relativamente económico. Esta es una tarjeta basada en el microcontrolador ATmega2560. En total tiene 54 pines de entrada y salida. La administración de energía puede realizarse conectándolo a un computador por medio de cable USB, empleando un conversor AC/DC o un adaptador de baterías.




Figura 16. Tarjeta Arduino Mega 2560.



Fuente: Arduino Mega 2560. [En línea]. [Consultado el 21 de Julio de 2014]
Disponible en Internet: <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega2560>

La etapa de transmisión de datos se resolvió realizar a través de Bluetooth. La adaptación de esta tecnología requiere la configuración de un módulo que opere la emisión y recepción de los datos. Teniendo en cuenta que la tarjeta Arduino seleccionada fue la de referencia Mega 2560, se buscaron referencias de módulos compatibles con las características de dicha tarjeta. La información se consignó en el cuadro 18.

Cuadro 18. Especificaciones técnicas de módulos Bluetooth.

	Referencias Módulos Bluetooth		
Características	HC-05	HC-06	WRL-12580
Alcance	10 m	10 m	100 m
Tensión de alimentación	3.3 V	3.3 V – 6 V	3.3 V – 6 V
Consumo de corriente	8 mA	8 mA	25 mA
Dimensiones	28 × 15 × 2.35 mm	28 × 15 × 2.35 mm	44.5 × 16.5 × 2.35 mm
Precio	30.000	15.000	120.000
Imagen	 <p>Fuente: Módulo Bluetooth HC-05 Serial Rs232. [En línea]. [Consultado el 21 de Julio de 2014] Disponible en Internet: http://electronilab.co/tienda/modulo-bluetooth-hc-05-serial-rs232/</p>	 <p>Fuente: JY-MCU HC-06 Bluetooth Wireless Serial Port Module. [En línea]. [Consultado el 21 de Julio de 2014] Disponible en Internet: http://www.fasttech.com/product/1129201-jy-mcu-hc-06-bluetooth-wireless-serial-port-module</p>	 <p>Fuente: Bluetooth Mate Silver. [En línea]. [Consultado el 21 de Julio de 2014] Disponible en Internet: https://www.sparkfun.com/products/12576</p>

*El precio es un valor promedio en pesos colombianos de los valores de compra ofertados por diferentes proveedores consultados.

Analizando la información se llegó a la conclusión de utilizar la referencia HC-06, por cuestiones de costos más favorables y mayor tolerancia en la tensión de alimentación que las referencias restantes.

Respecto al sistema operativo Android, se consideró que la aplicación desarrollada sea útil en diferentes modelos de Smartphone, por lo que su compatibilidad debe abarcar desde las primeras versiones del sistema hasta las más recientes. Se resolvió buscar un método de desarrollo de aplicaciones que resultará sencillo de manejar, y que tuviera la capacidad de configurar una interfaz adecuada para la función para la que se destinó el apoyo de teléfonos móviles en el sistema de guía y asistencia propuesto primera instancia. El método más sencillo encontrado fue el empleado por la aplicación *Google App Inventor*. Esta es una herramienta de Google Labs para crear aplicaciones de software para el sistema operativo Android. De forma visual y a partir de un conjunto de herramientas básicas, el usuario puede ir enlazando una serie de bloques para crear la aplicación. El sistema es gratuito y se puede descargar fácilmente de la web.

En la aplicación diseñada se diferencian dos tipos de entornos en una misma aplicación. El primero corresponde al *modo invidente*, en el que se desarrolló la interfaz enfocada al usuario principal. El segundo entorno se denominó *modo acudiente* está destinado para ser utilizado por los familiares o amigos del invidente que deseen acceder a las funciones de localización y apoyo al individuo.

Del modo invidente se identifican cuatro componentes principales. El primero de ellos está destinado a la selección del tipo de entorno, en el caso de que se desee cambiar del modo invidente al modo acudiente. El segundo componente conforma la conexión Bluetooth entre el Smartphone y el bastón. Se tiene dispuesta la aplicación para que esta conexión se establezca de manera automática al iniciarla, y desconectarla al cerrarla.

Debajo de esta se encuentra la tercera etapa, que es la interpretación de la lectura de distancias realizada por cada uno de los tres sensores ultrasónicos. Al identificar un obstáculo en una distancia considerable, la aplicación le transmite esta información por medio de comandos de voz. Después se encuentra la etapa de localización, la cual emplea el servicio de GPS incorporado en el Smartphone para definir el punto actual en el que se está desplazando el invidente. Esta información se actualiza cada que el sensor detecte un cambio en la posición. Finalizando, se muestra una etapa de conexión con la red social Twitter, en la que el usuario tiene la posibilidad de grabar mensajes de voz en el celular y transmitirlos como mensajes escritos para compartir en dicha red.

El usuario debe agitar el celular para activar la propiedad de reconocimiento de voz, desde la cual es posible controlar las funciones por parte del invidente. En el bastón se instaló un pulsador que tiene la función de actuar como botón de pánico, el cual el usuario accionará en las situaciones que necesite un apoyo por parte de su núcleo de acudientes establecido. Al oprimir este botón, se transmite una señal que la aplicación identifica como el evento para enviar mensajes de texto con el fin de alertar a las personas de la necesidad del invidente de recibir apoyo especial. También al activar esta función, la información de la localización se actualiza inmediatamente.

Figura 17. Apariencia de la aplicación diseñada en sus entornos. a) modo invidente. b) modo acudiente.



a)



b)

El modo acudiente está destinado para ser utilizada por diversos sujetos que conformen el círculo de personas cercanas al usuario principal, que es el invidente, de manera que la información de localización puede ser compartida con más de una persona. Sin embargo, las alertas de mensaje de texto solo se enviarán a un contacto en específico. El modo acudiente lo componen 3 secciones. La primera se estableció para seleccionar la opción de retornar al modo invidente. La segunda compone la función de rastreo del invidente, en la que se muestra la dirección actual por la que se desplaza el usuario principal, y brinda la opción de visualizar dicha ubicación en un mapa por medio de la aplicación *Google Maps*. El tercer y último componente es una interfaz de comunicación con la red social Twitter, para establecer por este medio un canal de comunicación adicional con el invidente. En este sentido, la aplicación permite al acudiente iniciar sesión en su cuenta, y actualizar el contenido de los mensajes recibidos, para monitorear si el invidente ha enviado información a través de este componente.

Después de tener definidos los componentes que conforman el dispositivo, el paso a seguir es establecer el nivel de aproximación del prototipo. Se decidió realizar dos prototipos: primero, uno de tipo analítico, construido por medio de una herramienta de modelado y análisis 3D, como también de software de dibujo para contar con una representación visual de la organización del bastón con todos los componentes. Posteriormente se construyó el prototipo físico, con el que se analizará su desempeño para determinar si se satisfacen las necesidades del usuario. El propósito de este último es comprobar el funcionamiento del concepto de diseño seleccionado y evaluar en qué grado este producto satisface las necesidades planteadas por los usuarios invidentes. Este prototipo constituye el producto final en el que se fundamentó el proyecto, y se identifica como un *prototipo alfa*.

6.8.1 Prototipo analítico del sistema de asistencia y guía asistida para invidentes. Un prototipo analítico es una descripción no tangible de la construcción del dispositivo. En este punto los aspectos del prototipo se analizaron en su distribución espacial e instalación, con el fin de tener un trazado preliminar del aspecto final del sistema antes de revelar su construcción físicamente. La figura 18 muestra el bastón blanco con cada una de las partes electrónicas que realizarán las funciones de detección de obstáculos. Este es un modelo muy aproximado del prototipo alfa tangible.

Figura 18. Modelo en 3D del bastón con sus componentes electrónicos.

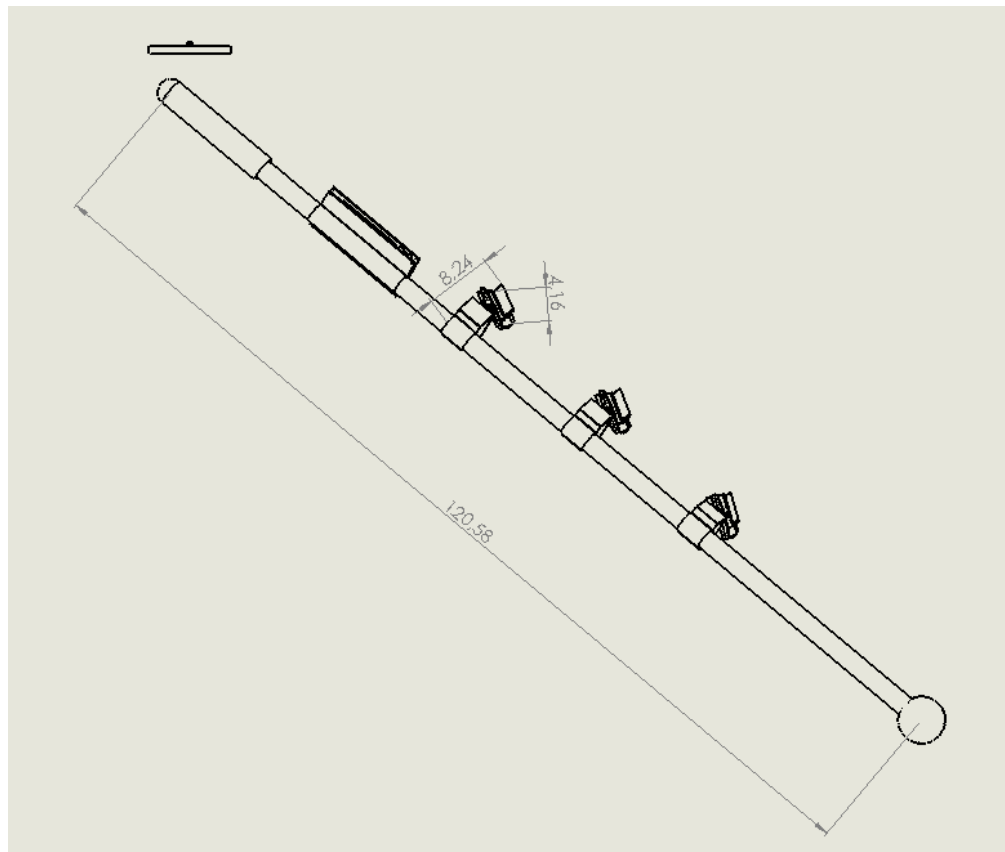


En este modelo se muestra la esfera deslizante en el extremo inferior. También se logran identificar los tres sensores distribuidos en las posiciones que les permiten medir distancias en las direcciones en las que cada uno debe estar enfocado. En la parte superior están localizados los componentes de procesamiento y transmisión de datos. En el extremo superior se dispuso ubicar el mecanismo de alerta conformado por los motores vibradores. Este mecanismo consiste en una pulsera que el invidente se llevará consigo con el fin de recibir las señales vibratorias que le indican la presencia de obstáculos.

En las imágenes que se muestran a continuación están representadas las medidas y dimensiones de los elementos que componen el bastón.

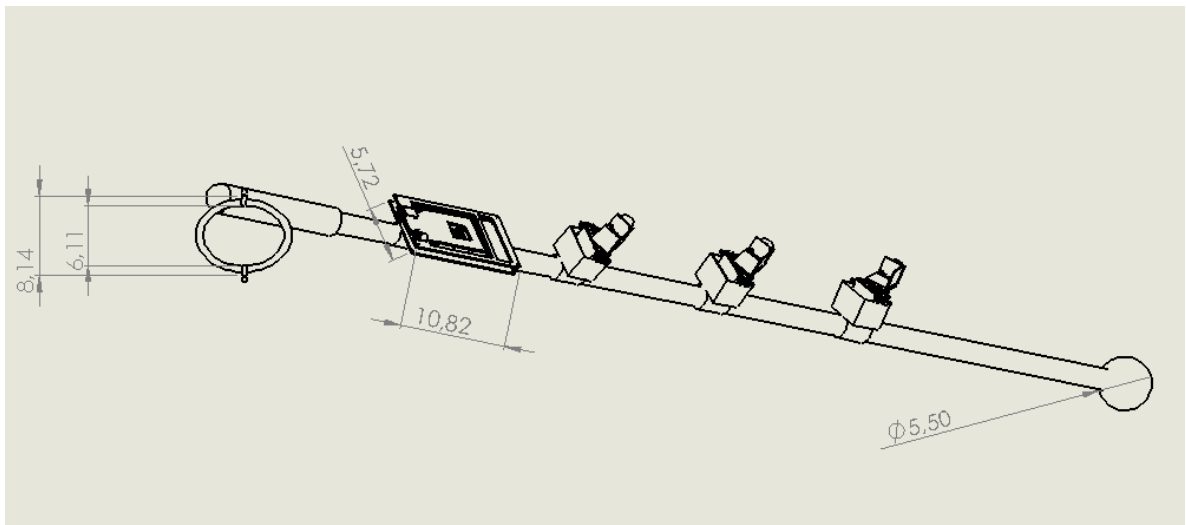
La figura 22 que contiene la medida del largo del bastón, que es igual a aproximadamente 120 cm. En la parte superior se diferencia la medida del mecanismo de detección en términos de alto y ancho, lo que proporciona una idea del espacio ocupado por los tres sensores a lo largo del bastón. Los valores de estas dimensiones de son 8.24 cm y 4.16 cm respectivamente. Este mecanismo está compuesto por una base que sostiene el servomotor, en el que se instaló una placa pequeña que además de contener el circuito del componente, se empleó para sostener los sensores de aceleración y ultrasonido.

Figura 19. Primer plano del bastón con sus dimensiones.



La figura 23 por su parte contiene la medida del diámetro de la bola deslizante y del mecanismo vibratorio. Asimismo contiene la medida del compartimiento que sostiene la tarjeta Arduino.

Figura 20. Segundo plano del bastón con sus dimensiones.



Con el fin de ilustrar las conexiones que se requirieron disponer en el bastón se realizó un plano que ilustra la instalación de los cables. Para identificar mejor las señales que se transmitirán por estos cables se dispuso de la siguiente convención.

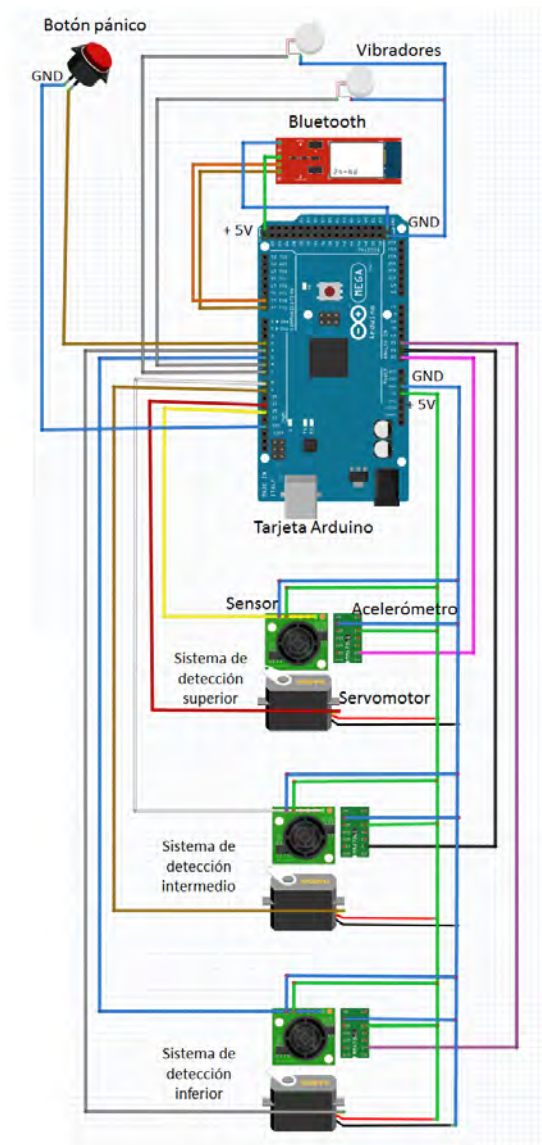
Cuadro 19. Identificación del cableado distribuido en el bastón.

Componente	Color de Cable	Pin Arduino
Señal sensor ultrasónico inferior	Amarillo	Pin 12
Señal sensor ultrasónico intermedio	Blanco	Pin 8
Señal sensor ultrasónico superior	Azul	Pin 5
Señal analógica acelerómetro inferior	Rosado	A 0
Señal analógica acelerómetro intermedio	Negro	A 1
Señal analógica acelerómetro superior	Violeta	A 2
Señal Servomotor inferior	Rojo	Pin 11 PWM
Señal Servomotor intermedio	Café	Pin 9 PWM
Señal Servomotor superior	Gris	Pin 4 PWM
Bluetooth Tx	Rosado	Pin 15
Bluetooth Rx	Ocre	Pin 14

Cuadro 19. Identificación del cableado distribuido en el bastón. (Continuación)

Señales vibrador 1	Gris	Pin 6
Señales vibrador 2	Gris	Pin 7
Botón de pánico	Ocre	Pin 3
Vcc	Verde	5 V Power
Tierra	Azul	GND Power

Figura 21. Distribución del cableado en el bastón.



6.9 ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DE MANUFACTURA.

Desde etapas previas se tiene establecido el costo como un criterio importante en la toma de decisiones, por lo que esta etapa está concebida como un método para determinar el costo de fabricación del prototipo. En este sentido es útil realizar una relación de los materiales y componentes vinculados con el desarrollo del prototipo con sus respectivos costos. El cuadro 20 contiene la información de los elementos de tipo estándar que conforman el prototipo, que corresponden a las piezas producidas por fabricantes autorizados y adquiridas por medio de compra a proveedores y distribuidores.

Cuadro 20. Costos de componentes estándar del prototipo.

Componente	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Bastón blanco	1	40000	40.000
Bola deslizante	1	15.000	15.000
Baterías Ni-MH	4	5.900	23.600
Portapilas	1	3.000	3.000
Sensores Maxsonar EZ3	3	53.000	159.000
Acelerómetros MMA 7361	3	10.000	30.000
Micro Servos Power pro 9g	3	10.000	30.000
Arduino Mega 2560	1	30.000	30.000
Módulo Bluetooth HC - 06	1	15.000	15.000
Micro motores	2	2.800	5.600
Uniones	5	2.000	10.000
Tapones	3	500	1.500
Cable ribbon	4 metros	2.000 × metro	8.000
TOTAL			370.700

De acuerdo con los costos asociados a los elementos estandarizados, se puede obtener un valor aproximado de lo que costó construir el prototipo.

Sumando cada una de las cifras de la columna “Costo total” se calculó que el diseño y construcción del sistema de guía asistida tuvo un costo de 370.700 (trescientos setenta mil setecientos pesos).

6.10 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.

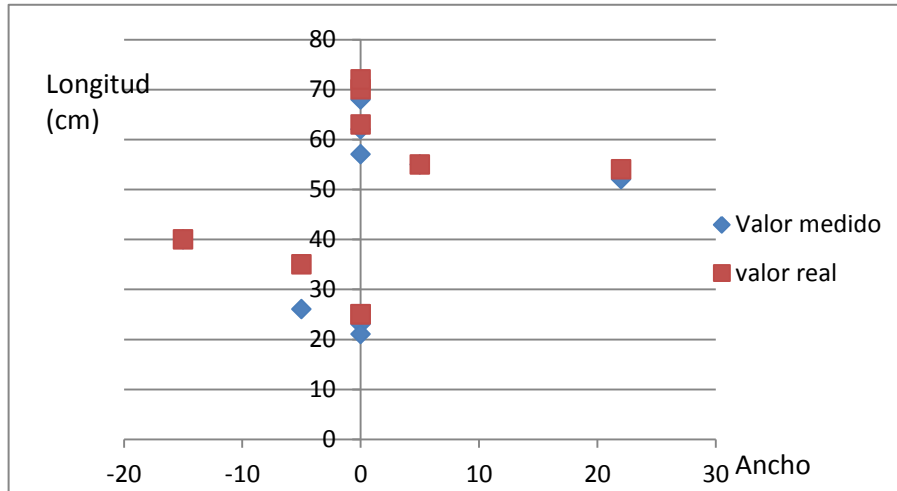
En esta etapa se identifican los ensayos realizados para comprobar el funcionamiento de los componentes del sistema. En primer lugar se mencionarán los resultados de la prueba de lectura de distancias para el componente superior. Las pruebas consistieron en ubicar obstáculos a diferentes distancias respecto a los sensores y tomar 9 muestras, con el fin de determinar si las lecturas procesadas en el puerto serial de la tarjeta de control corresponden con la magnitud real. El cuadro 21 contiene 3 columnas. La primera de ellas muestra los datos de la posición en la que se ubicaron los obstáculos con respecto al centro del sensor, que es tomado como la referencia. La segunda columna muestra los valores de las distancias a los que se ubicaron los objetos, y la tercera muestra el valor detectado por el sensor.

Cuadro 21. Resultados experimentales de la prueba del sensor superior.

Distancia con respecto a la referencia	Valor Real	Valor Medido
-15	40	40
-5	35	26
0	72	68
0	70	62
0	63	57
0	25	23
0	25	21
5	55	55
22	54	52

Con estos datos se construyó un el esquema de la figura 23 que ilustra los resultados de esta prueba, de manera que se puedan apreciar gráficamente.

Figura 22. Distribución de los obstáculos y puntos medidos para la prueba del sensor superior.



Se puede observó que en su gran mayoría los obstáculos fueron medidos en la zona central, es decir, a cero grados con respecto al punto de referencia. El error fue de aproximadamente 8 %, lo que demuestra que las medidas están registrándose de forma aceptable. La misma prueba se aplicó con el componte intermedio.

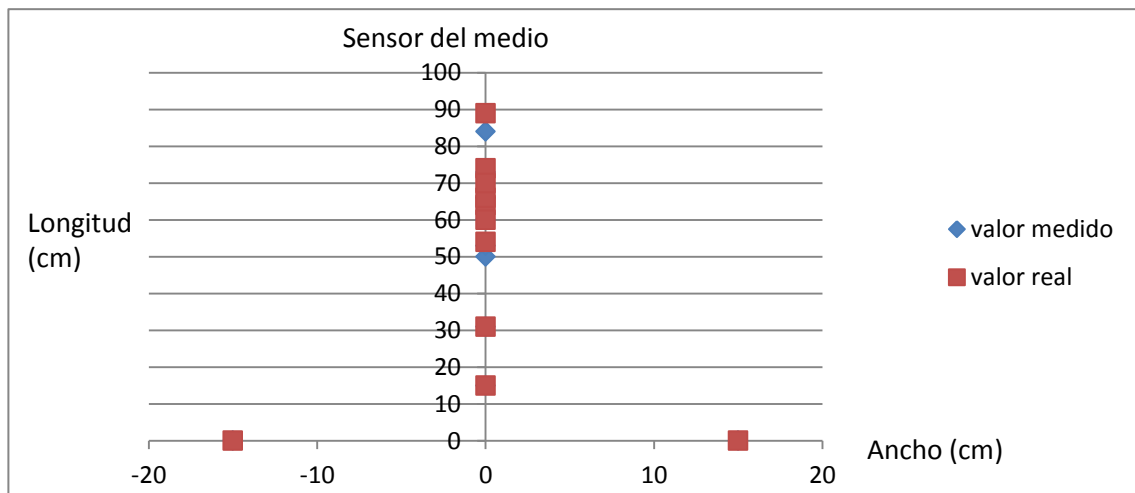
Cuadro 22. Resultados experimentales de la prueba del sensor intermedio.

Distancia con respecto a la referencia	Valor Real	Valor Medido
0	64	60
0	54	50
0	89	84
0	66	53
0	74	73

Cuadro 22. Resultados experimentales de la prueba del sensor intermedio. (Continuación).

0	70	66
0	31	31
0	15	15
0	60	60

Figura 23. Distribución de los obstáculos y puntos medidos para las pruebas del sensor intermedio.



En la figura 25 contempla el gráfico del sensor ultrasónico que detecta obstáculos en la parte frontal. Todas las medidas correspondieron entregadas por el sensor coincidieron con la distancia real de los objetos desde el sensor hasta el obstáculo. Se obtuvo un error del 5.9%, lo que indica un error relativamente bajo, que nos da una certeza alta en la medición de obstáculos. En cuanto al componente de lectura de distancias inferior, las pruebas aplicadas difirieron, ya que en este caso el sensor debe medir una distancia constante, que es la distancia entre el sensor y el piso. Cuando se detecta un hueco considerable o una escalera, la señal de ultrasonido puede que no retorne al origen, lo que no permite tener una medida con un valor exacto del tamaño del hueco, pero si permite indicar que ese cambio de distancia corresponde a un hueco o escalón.

7. CONCLUSIONES

El prototipo desarrollado consistió principalmente en un bastón blanco tradicional adaptado para la detección de obstáculos en planos inferior, medio y superior, comunicado de manera inalámbrica con un celular para efectos de asistencia y guía. El bastón se adecuó de tal forma que los usuarios invidentes complementen la sensación de seguridad al momento de desplazarse en ambientes exteriores y así otorgarles la posibilidad de enfrentarse en este medio por sí mismos. Puede que la construcción de este elemento como dispositivo detector de obstáculos no resulte del todo innovadora. Sin embargo, se buscó complementar este dispositivo con otras herramientas que faciliten la orientación y movilidad del invidente de manera independiente, integrando tecnologías de la comunicación a las que esta población también está en condiciones de acceder, como lo son los *Smartphones*, GPS, redes sociales.

Las necesidades y los requerimientos asociados con la discapacidad fueron determinados a partir del contacto directo con un grupo de invidentes que accedió a participar en la investigación realizada, por medio de sondeos y conversaciones. Esto facilitó en gran medida la definición de las características y funciones que se implementaron en el prototipo final.

La investigación acerca de tipos de ayudas tecnológicas para los invidentes que existen en la actualidad demuestra que la mayoría de ellos no llegaron a evolucionar como productos exitosos y reconocidos, ya que se desconoce si realmente son bien recibidos por la población en situación de discapacidad bien sea por desconocimiento de su existencia, por sus altos costos de adquisición o por cuestiones de facilidad de manejo y/o adaptación a su uso.

Otorgarle a un invidente la posibilidad de utilizar nuevos avances tecnológicos para involucrarlos en el transcurso de su vida cotidiana no consiste solo en una cuestión de adaptación a los últimos desarrollos científicos de la actualidad. También están implícitas cuestiones culturales y sociales, que son importantes de apreciar con el fin de que cada vez más se le brinde a esta población toda la accesibilidad necesaria dentro la comunidad para mejorar su calidad de vida.

En las etapas de investigación preliminares se pudo apreciar que en Colombia es posible desarrollar productos con tecnología sofisticada, destinados a la asistencia de discapacidades como la ceguera. Sin embargo, el mercado se ve condicionado porque parte de la población no tiene el poder adquisitivo para comprar mecanismos de alto costo. Por esta razón resulta viable desarrollar soluciones similares o mejores a las ya existentes a un costo más económico.

Este proyecto establece un punto de partida para que se siga trabajando en adaptaciones futuras al prototipo con tecnologías más eficientes y avanzadas, con el fin de estar a la vanguardia de los avances tecnológicos y emplearlos para darle más beneficios y propiedades de asistencia al invidente a la hora de valerse por sí mismo.

8. RECOMENDACIONES

- Generar un algoritmo que realice una integración de las lecturas de los tres sensores ultrasónicos para potenciar la capacidad de detección del sistema, de manera que se pueda complementar y mejorar la información que se le proporciona al usuario.
- Optimizar el sistema de reposicionamiento de los sensores de manera que sea más compacto, con lo que se mejora estéticamente y funcionalmente la estructura del bastón.
- Mejorar el método de generación de energía a través de la adaptación de baterías rectangulares con conector a la red eléctrica, con el fin de que el usuario pueda recargarlas sin necesidad de retirar componentes del bastón y además hacer el dispositivo más liviano y eficiente. Asimismo, introducir un sistema que estime la carga de la batería para informar al usuario en el momento que necesite conectarlo para recargarlo.
- Aumentar las funcionalidades de la aplicación del celular para permitirle al usuario acceder a más servicios que son útiles en su asistencia, como mensajería instantánea, información acerca del estado del tiempo, información del estado de rutas del sistema de transporte, entre otras.

BIBLIOGRAFÍA

BIGHAM, J. P., et al. VizWiz::Locatelt - enabling blind people to locate objects in their environment [en línea]. IEEE Xplore Digital Library. 2010. [Consultado 01 de febrero de 2013]. Disponible en internet: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?tp=&arnumber=5543821&contentType=Conference+Publications&queryText%3Dvizwiz>

BOUSBIA-SALAH, M., et al. An Ultrasonic Navigation System For Blind People. [en línea]. IEEE Xplore Digital Library. 2013. [Consultado 01 de febrero de 2013]. Disponible en internet: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?reload=true&arnumber=4728491&contentType=Conference+Publications>

BUITRAGO, José Luis. Brechas y retos en la inclusión social de la población con discapacidad visual. [en línea]. Informe del Instituto Nacional Para Ciegos INCI. [Consultado 01 de febrero de 2013]. Disponible en internet: http://www.inci.gov.co/apc-aa-files/c4e316f0206d9240e305de1be81c337f/BRECHAS_RETOS_INCLUSION_SOCIAL_POBLACION_CON_DISCAPACIDAD_VISUAL_NOV_2012_V3.pdf

ELÍAS ECHAUREN, Miguel Ángel. Movilidad y orientación de niños ciegos en la escuela utilizando dispositivos móviles [en línea]. 2008. [Consultado 01 de febrero de 2013]. Disponible en internet: http://www.tesis.uchile.cl/bitstream/handle/2250/111722/elias_me.pdf?sequence=1

FARIA, J., et al. Electronic white cane for blind people navigation [en línea]. 2010. [Consultado 11 de marzo de 2013]. Disponible en internet: http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=5665289&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D5665289

Sensores. [en línea]. Florida Institute for human and machine cognition (IHMC) [Consultado 21 de julio de 2014]. Disponible en internet: <http://cmapspublic2.ihmc.us/rid=1H2B63T5G-1SLKJ1L-J52/Sensores%20fundamentos,%20tipos%20y%20caracter%C3%ADsticas.pdf>

GALVIS RAMÍREZ, Virgilio. Prevalencia de ceguera en el Departamento de Santander – Colombia [en línea]. 2, agosto, 2009. [Consultado 18 de enero de 2013]. Disponible en internet: <http://vision2020la.files.wordpress.com/2010/06/0128-ceguerasantander-x-dr-serrano.pdf>

HANS DU BUF, J., et al. The SmartVision Navigation Prototype for Blind Users [en línea]. 2011. [Consultado 11 de marzo 2013]. Disponible en internet: http://w3.ualg.pt/~jrodrig/papers_pdf/JDCTA11_39.pdf

HUNT, V.; PUGLIA A. y PUGLIA, M. A guide to radio frequency identification. [en línea]. Wiley. Abril de 2007. p. 2. [Consultado 14 de marzo 2013]. Disponible en internet: http://books.google.com.co/books?id=LZgWtG_wNSMC&printsec=frontcover&dq=rfid&hl=es&sa=X&ei=ur5EUavcd7Kz4APMvoH4AQ&ved=0CCsQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN ICONTEC. Norma técnica Colombiana NTC 1486. Bogotá D.C. 2008. 41 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN ICONTEC. Norma técnica Colombiana NTC 5613. Bogotá D.C. 2008. 38 p.

Sistematización de la movilización social y política de la población con limitación visual. Informe final [en línea]. Instituto Nacional para Ciegos INCI. 30, septiembre de 2008. [Consultado 01 de febrero 2013]. Disponible en internet: http://www.inci.gov.co/apc-aa-files/4fa3be7cdea569a3f4b525385ae6fafa/INFORME_FINAL_INCI.sept_30_doc.doc

LETHAM, L. GPS fácil. Uso del sistema de posicionamiento global. [en línea]. Primera edición. Editorial Paidotribo. 2001. p. 5-7. [Consultado 14 de marzo 2013]. Disponible en internet: <http://books.google.com.co/books?id=orjnvjPgELcC&printsec=frontcover&dq=gps&hl=es&sa=X&ei=O7xEUfDCCYfK4AO2noC4Bw&ved=0CCsQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false>

Ceguera y pérdida de la visión. [en línea]. MedlinePlus. [Consultado 01 de marzo 2013]. Disponible en internet: <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/003040.htm>

Educación inclusiva: Personas con discapacidad visual. [en línea]. [Consultado 31 de enero 2013]. Disponible en internet: http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/129/cd/pdf/m6_dv.pdf

MLOT, Stephanie. Waze Launches In-App Advertising Platform. [en línea]. PCMag. 7, noviembre, 2012. [Consultado 21 de julio 2014]. Disponible en internet: <http://www.pcmag.com/article2/0,2817,2411868,00.asp>

MON, Fabiana. Las personas ciegas y el uso del bastón [en línea]. El Cisne. España. Mayo 1999. [Consultado 31 de enero 2013]. Disponible en internet: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:YRZnMJ761f8J:www.juntadeandalucia.es/averroes/caidv/interedvisual/ftp/fm_personas_c_y_uso_baston.rtf+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co

Ceguera. [en línea]. Organización Mundial de la Salud. [Consultado 01 de marzo 2013]. Disponible en internet: <http://www.who.int/topics/blindness/es/index.html>

Ceguera y Discapacidad Visual. [en línea]. Organización Mundial de la Salud. Datos y Cifras. [Consultado 18 de enero 2013]. Disponible en internet: http://www.who.int/features/factfiles/blindness/blindness_facts/es/index.html

Discapacidad y rehabilitación. [en línea]. Organización Mundial de la Salud. Datos y Cifras. [Consultado 10 de marzo 2013]. Disponible en internet: http://www.who.int/disabilities/world_report/2011/es/index.html

KLOSS, Jörg H. Android apps with app inventor: the fast and easy way to build Android apps. New York. Addison-Wesley, 2012. xix, 571 p.

Prevención de ceguera y salud ocular. [en línea]. Organización Panamericana de la Salud. [Consultado 18 de enero 2013]. Disponible en internet: http://new.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=244&Itemid=259&lang=es

Smart Cane Assisted Mobility for the Visually Impaired [en línea]. World academy of science, engineering and technology. [Consultado 01 de marzo 2013]. Disponible en internet: <http://www.waset.org/journals/waset/v70/v70-204.pdf>

SÁNCHEZ, J. y SÁENZ, M. Orientación y Movilidad en Espacios Exteriores para Aprendices Ciegos con el Uso de Dispositivos Móviles [en línea]. Universidad de Chile. 2007. [Consultado 30 de enero 2013]. Disponible en internet: <http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3622512.pdf>

SCHERLEN, A. et al. RecognizeCane: The new concept of a cane which recognizes the most common objects and safety clues [en línea]. [Consultado 15 de febrero 2014]. Disponible en internet: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=4353809>

SOLER, M. Orientación y Movilidad [en línea]. Sense International Latinoamérica. 2004. [Consultado 30 de enero 2013]. Disponible en internet: http://www.sordoceguera.org/vc3/biblioteca_virtual/archivos/69_orientacion_movilidad.pdf

ULRICH, Karl y EPPINGER, Steven. Diseño y desarrollo de productos: Enfoque multidisciplinario. 4 ed. McGraw-Hill. 2009. 422 p.

Discapacidad visual [en línea]. Universia. [Consultado 01 de marzo 2013]. Disponible en internet: <http://universitarios.universia.es/voluntariado/discapacidad/discapacidad-visual/discapacidad-visual.pdf>

Sensores [en línea]. 2005. Universidad de Valladolid. [Consultado 08 de abril 2013]. Disponible en internet: <http://www.isa.cie.uva.es/~maria/sensores.pdf>

VERA MARTÍNEZ, Elizabeth. Crean reemplazo de bastón para personas invidentes [en línea]. UN Periódico. Bogotá D.C. 13, febrero, 2013. [Consultado 01 de febrero 2013]. Disponible en internet: <http://www.unperiodico.unal.edu.co/dper/article/crean-reemplazo-de-baston-para-personas-invidentes.html>

ANEXOS

Anexo A. Manual de Usuario.



Sistema de Asistencia y Guía para Invidentes.

Manual de Usuario

Tabla de contenido

Introducción	1
Bastón y sus componentes	2
Utilizando el bastón	3
Carga de baterías	4
Configuración de la aplicación	5
Cuidado y mantenimiento del sistema	8

Introducción

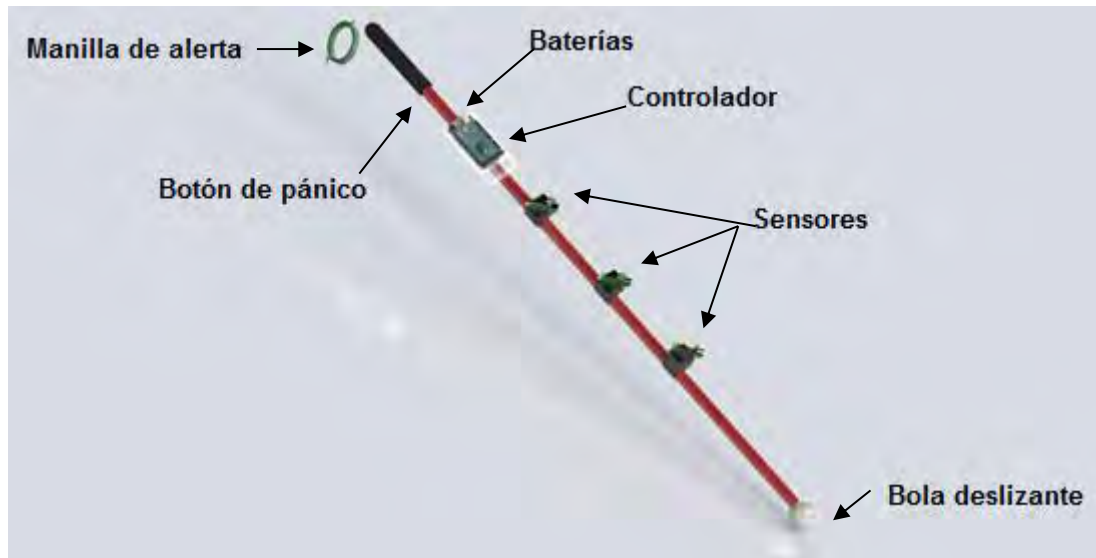
El producto adquirido es un bastón electrónico que contiene 3 sensores ultrasónicos capaces de detectar obstáculos en la parte superior, frontal e inferior. También está compuesto por un botón ubicado en el mando del bastón que envía señales de localización a un acudiente. Tiene la capacidad de establecer conexión Bluetooth® con celulares de sistema operativo Android para envío y recepción de información.

Advertencias: El bastón posee 3 sensores enfrente; evite manipularlos o generar algún tipo de fuerza sobre ellos. Esto haría que el dispositivo presente errores o se deteriore.

El botón de pánico debe usarse en situaciones de emergencia.

La manilla provista con el sistema tiene la finalidad de notificar al usuario de la existencia de obstáculos por medio de vibración. Si desea recibir las notificaciones por comandos de voz debe programar la aplicación de celular (véase aplicación para celular).

Bastón y sus componentes



Especificaciones

Material del bastón: Aluminio

Longitud: 120 cm

Peso: 500 g

Diámetro pulsera: 12 cm Ajustables

Baterías: 4 unidades recargables de Ni-MH. 1,2 V. 2500 mAh.

Tipo de Sensores: Ultrasonido

Alcance de detección: 6 metros

Alcance Bluetooth: 10 metros

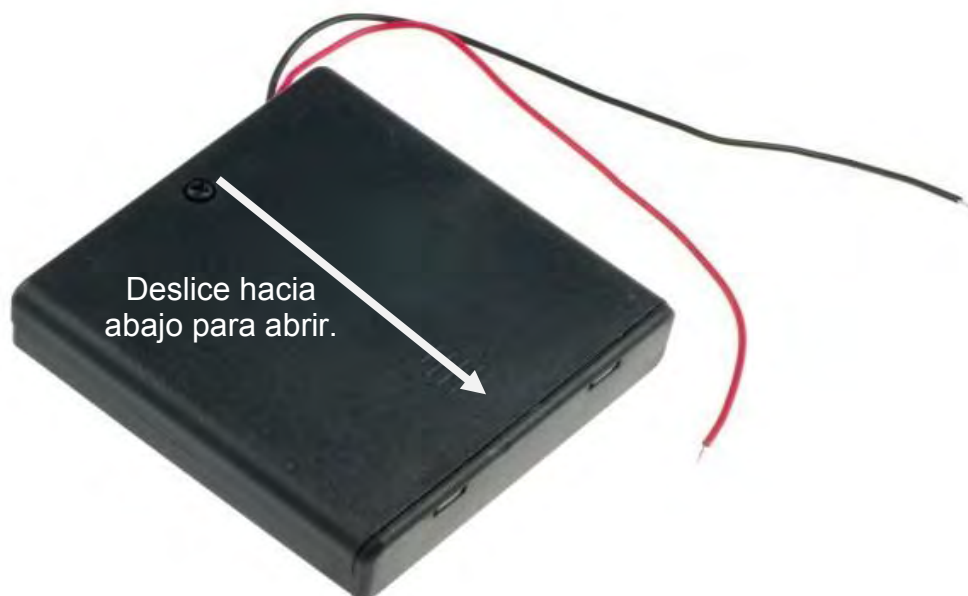
Punta esférica deslizable y reemplazable.

Nombre de la Aplicación: Assistance4Blind

Carga de baterías

Las baterías provistas con el dispositivo son recargables. Cuando el dispositivo no tenga batería, podrá recargar sus baterías o podrá reemplazarlas por cuatro pilas recargables de Níquel – Hidruro Metálico tamaño AA de 1,2 V.

Podrá acceder al compartimiento de baterías en la parte trasera del mango del bastón. El porta baterías tiene una tapa, que debe presionar y deslizar hacia abajo para acceder al interior, con lo que podrá retirarlas y/o reemplazarlas. Para cerrar el compartimiento debe poner la tapa y deslizar hacia arriba hasta lograr cerrarlo.



Configuración de la aplicación




La aplicación está diseñada para funcionar exclusivamente en dispositivos de telefonía móvil con sistema operativo Android, versión 2.2 o superior.

Configurando la aplicación por primera vez

Modo invidente

Una vez instalada correctamente en su dispositivo móvil Smartphone, debe proceder a configurar los siguientes parámetros.


1. Encienda el bastón.
2. Antes de abrir la aplicación por primera vez, diríjase al menú *Ajustes*, y seleccione la opción de *Conectividad Inalámbrica*.
3. Verifique que el Bluetooth esté encendido. Seleccione la opción *Buscar dispositivos*.
4. En la lista de dispositivos disponibles ubique el de nombre RIEGO y seleccione la opción *Conectar*.
5. Cuando se le pida escribir la clave de emparejamiento, escriba 1234.
6. Espere la confirmación que indique un emparejamiento exitoso.
7. Diríjase al menú principal y ubique el ícono .
8. Ejecute la aplicación.
9. Ubique el botón *seleccionar un contacto*, con lo que se desplegará la agenda de contactos del celular, con el fin de escoger el contacto que será el acudiente principal y quien mantendrá la comunicación permanente con el invidente.
10. Posteriormente configure el servicio de Twitter si el usuario invidente tiene cuenta de esta red social. Presione el botón *Iniciar Sesión*, para ingresar los datos de autenticación de Usuario y Clave.
11. Después de suministrar los datos solicitados, la aplicación estará lista para comenzar a utilizarse.

Nota: Esta es la configuración inicial necesaria en todos los dispositivos en los que se instale la aplicación por primera vez. Después de suministrar los datos

no se volverán a solicitar, a menos que se des configure el celular o se elimine la aplicación.

Modo acudiente

Una vez instalada correctamente en su dispositivo móvil Smartphone, debe proceder a configurar los siguientes parámetros.

1. Diríjase al menú principal y ubique el ícono .
2. Ejecute la aplicación.
3. Por defecto, la aplicación se inicializa en *Modo invidente*. Seleccione la opción *Modo Acudiente* para acceder al entorno destinado para usted.
4. Cuando desee monitorear la ubicación del invidente, oprima el botón *Mostrar ubicación del invidente*. La dirección de la ubicación se desplegará en el espacio destinado para esa información.
5. Si desea visualizar la ubicación del invidente en un mapa, oprima el botón *Mostrar en mapa*. **Nota:** Debe tener instalada la aplicación Google Maps.
6. Si desea revisar su cuenta de Twitter para determinar si el usuario principal ha enviado mensajes directos o ha actualizado su estado con información, oprima *Iniciar Sesión*.
7. Ingrese los datos de Usuario y Clave para realizar la autenticación.
8. Cuando la autenticación se realice adecuadamente, el nombre de usuario se mostrará en el espacio destinado para eso.
9. Al oprimir el botón *Mostrar mensajes directos* se desplegara una lista con los últimos 20 elementos recibidos a la cuenta del usuario asociado.

Aprendiendo a utilizar la aplicación

Modo invidente

1. Ejecute la aplicación.
2. Cuando la conexión con el bastón se haya establecido, las distancias leídas por los sensores se transmitirán y mostrarán en los espacios proporcionados.
3. Si se detecta un obstáculo dentro de una distancia amenazadora, el celular indicará por texto-a-voz la presencia de objetos, y se diferenciarán entre inferior, medio o superior.
4. Si desea seleccionar opciones, agite el celular para ejecutar el reconocimiento de voz.
5. Hable en voz alta y diferencie los siguientes comandos:
 - a. Conectar: Establece la conexión Bluetooth.
 - b. Desconectar: Interrumpe la conexión Bluetooth.
 - c. Salir: Cierra la aplicación.
 - d. Ubicación: Actualiza la información de localización y la comparte con su allegado.
 - e. Social: Comparte una actualización de estado en Twitter.
6. Si desea recibir asistencia inmediata por parte de su allegado principal, oprima el botón ubicado en el mango del bastón. Esto transmitirá una señal de S.O.S. para que el acudiente verifique en su teléfono móvil la situación reportada. Esto se enviará a través de mensajes de texto, mensajes directos en Twitter, y por la tercera aplicación definida.

Cuidado y mantenimiento del sistema

- ❖ No utilice productos de limpieza, líquidos o en aerosol solventes, materiales abrasivos o corrosivos en su bastón. Utilice un paño húmedo para limpiar la suciedad o marcas.
- ❖ No permita que los líquidos se derramen sobre su bastón ni lo someta a un exceso de humo, polvo, vibraciones mecánicas o golpes.
- ❖ No sumerja el bastón en agua.
- ❖ No deje caer su bastón.
- ❖ No guarde el bastón cerca de fuentes de calor tales como hornos, radiadores, etc.
- ❖ No utilice el bastón de una manera diferente a la prevista, por ejemplo, como muletilla.
- ❖ No deje su bastón al alcance de los niños pequeños. El producto no es un juguete.
- ❖ Retire las pilas antes de guardar el Bastón durante largos períodos de tiempo.
- ❖ No deje las baterías descargadas en el producto, ya que pueden tener fugas y causar daño corrosivo.
- ❖ No mezcle pilas nuevas y viejas.
- ❖ No tire las pilas usadas al fuego, ya que pueden explotar.
- ❖ No abra ni corte las baterías. Los componentes de las baterías son corrosivos y puede provocar quemaduras o lesiones en los ojos o la piel. Los componentes pueden ser tóxicos si se ingieren.

Las especificaciones técnicas de este producto y los contenidos de la *Guía del usuario* están sujetos a cambios sin previo aviso.

Este producto no está destinado para ser usado por niños sin supervisión.



Todos los componentes eléctricos y electrónicos deben ser desechados de manera diferente de la corriente para los residuos municipales, a través de puntos de recolección designados por el gobierno o las autoridades locales.

La correcta eliminación de su aparato usado ayuda a evitar consecuencias negativas para el medio ambiente y la salud humana.

Para obtener información más detallada acerca de la eliminación de su aparato, por favor, póngase en contacto con las autoridades competentes de su región, como el servicio de recogida de basuras o el proveedor.

Por favor, póngase en contacto con su autoridad local para obtener más información sobre el punto de recogida designado más cercano.

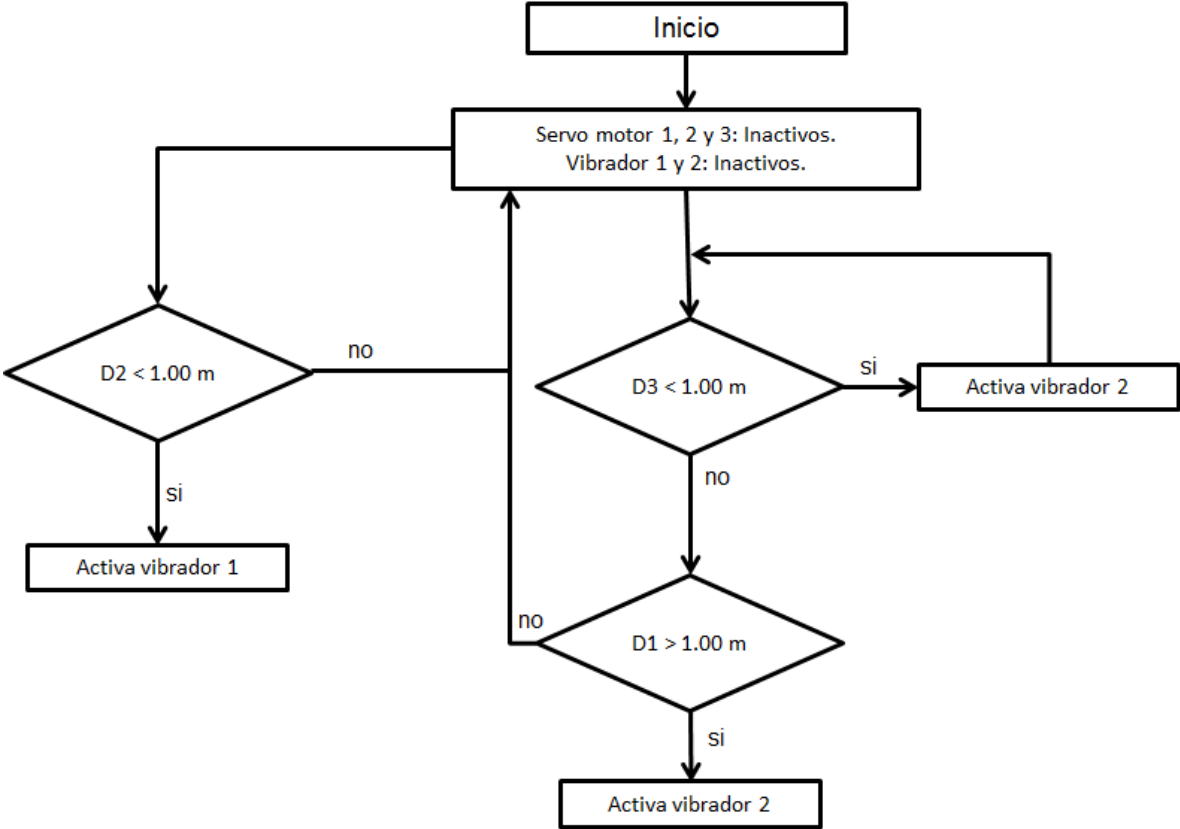


Sistema de Asistencia y
Guía para Invidentes.

© 2014

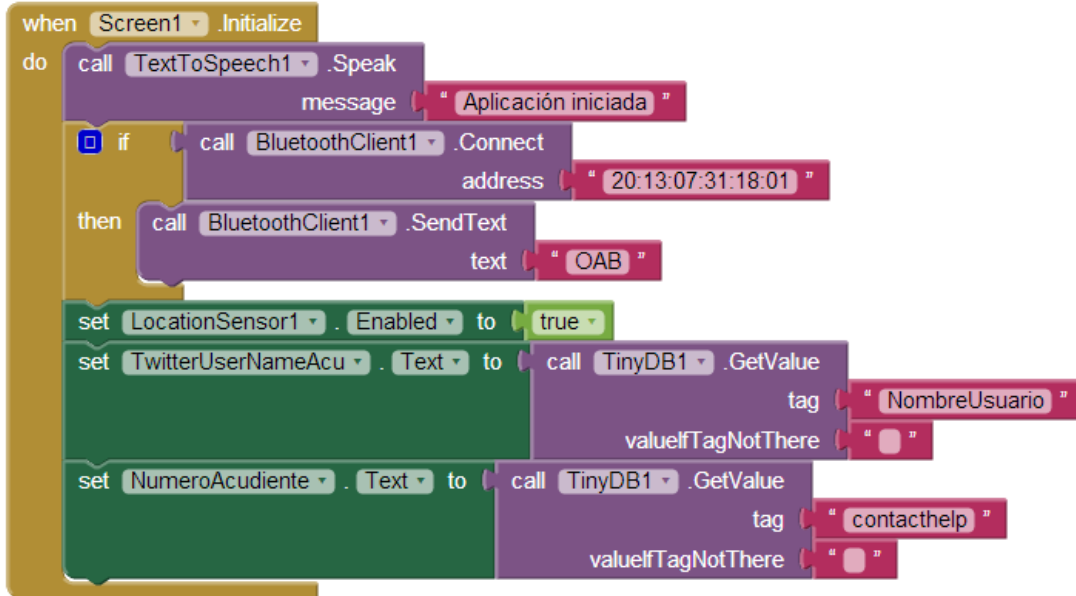
Manual de Usuario v.1.0

Anexo B. Diagrama de flujo de la identificación de obstáculos.

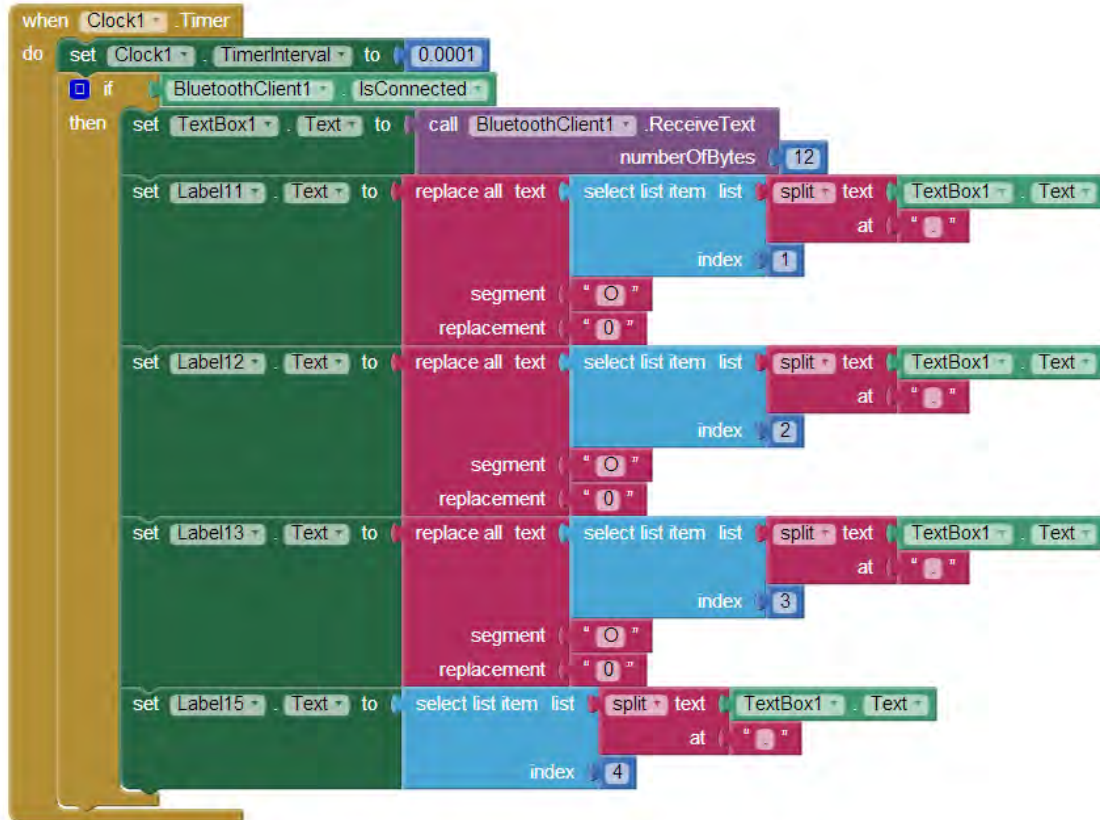


Anexo C. Programación de la aplicación “modo invidente”.

- SetUp.



- Recepción de datos vía Bluetooth.



- Generación de alertas y botón de pánico.

```

when Clock2.Timer
do
  if Label11.Text > 90
  then
    set Clock2.TimerInterval to 3000
    call TextToSpeech1.Speak
      message "Hueco"
  else if Label12.Text > 10 and Label12.Text < 60
  then
    set Clock2.TimerInterval to 3000
    call TextToSpeech1.Speak
      message "Obstáculo frontal"
  else if Label13.Text ≠ "012" and Label13.Text ≠ "0"
  then
    set Clock2.TimerInterval to 3000
    call TextToSpeech1.Speak
      message "Obstáculo superior"
  if Label15.Text = 999
  then
    call TextToSpeech1.Speak
      message "Botón pánico"
    set Texting1.Message to "Alerta invidente"
    set Texting1.PhoneNumber to NumeroAcudiente.Text
    call Texting1.SendMessage
    call Twitter1.DirectMessage
      user TwitterUserNameAcu.Text
      message "Alerta invidente"
    call TextToSpeech1.Speak
      message "Alerta enviada"
  
```

```

when Clock3.Timer
do
  set Clock3.TimerInterval to 3600000
  if BluetoothClient1.IsConnected = false
  then
    call TextToSpeech1.Speak
      message "No hay conexión"
  
```

- Geolocalización

```

when LocationSensor1 . LocationChanged
  latitude longitude altitude
do
  set DireccionActual . Text to LocationSensor1 . CurrentAddress
  call TinyWebDB1 . StoreValue
    tag " address "
    valueToStore LocationSensor1 . CurrentAddress
  set LocationSensor1 . DistanceInterval to 300
  set LocationSensor1 . TimeInterval to 1800000
  
```

- Configuración Twitter.

```

when Twitter1 . IsAuthorized
do
  set NombreUser . Text to Twitter1 . Username
  call TinyDB1 . StoreValue
    tag " twt "
    valueToStore true

when LogInBoton . Click
do
  call Twitter1 . Authorize

when LogOutButton . Click
do
  set NombreUser . Text to " "
  call TinyDB1 . ClearAll

when TwitterUserNameAcu . LostFocus
do
  call TinyDB1 . StoreValue
    tag " NombreUsuario "
    valueToStore TwitterUserNameAcu . Text
  
```

- Activación *Speech Recognizer*.

```

when AccelerometerSensor1 . Shaking
do
  call SpeechRecognizer1 . GetText
  set Clock1 . TimeInterval to 1000
  
```

- Activación *text-to-speech*.

```

when SpeechRecognizer1 .BeforeGettingText
do
  call TextToSpeech1 .Speak
  message " Hable en voz alta "
  if
    SpeechRecognizer1 . Result = false
  then
    call TextToSpeech1 .Speak
    message " Repita el mensaje "

when SpeechRecognizer1 .AfterGettingText
result
do
  set result to SpeechRecognizer1 . Result
  if
    get result = " salir "
  then
    close application
  if
    get result = " desconectar "
  then
    call BluetoothClient1 .Disconnect
  if
    get result = " Ubicacion "
  then
    call TinyWebDB1 .StoreValue
    tag " address "
    valueToStore LocationSensor1 . CurrentAddress
    call TextToSpeech1 .Speak
    message DireccionActual . Text
  if
    get result = " social "
  then
    call TextToSpeech1 .Speak
    message " ¿Qué mensaje desea enviar? "
    call SpeechRecognizer2 .GetText

when SpeechRecognizer2 .AfterGettingText
result
do
  set TextBox2 . Text to get result
  if
    contains text TextBox2 . Text
    piece " numeral "
  then
    set TextBox2 . Text to replace all text TextBox2 . Text
    segment " numeral "
    replacement " # "
    set TextBox2 . Text to trim TextBox2 . Text
  call Twitter1 .Tweet
  status TextBox2 . Text
  call TextToSpeech1 .Speak
  message " Tuit publicado exitosamente "

```

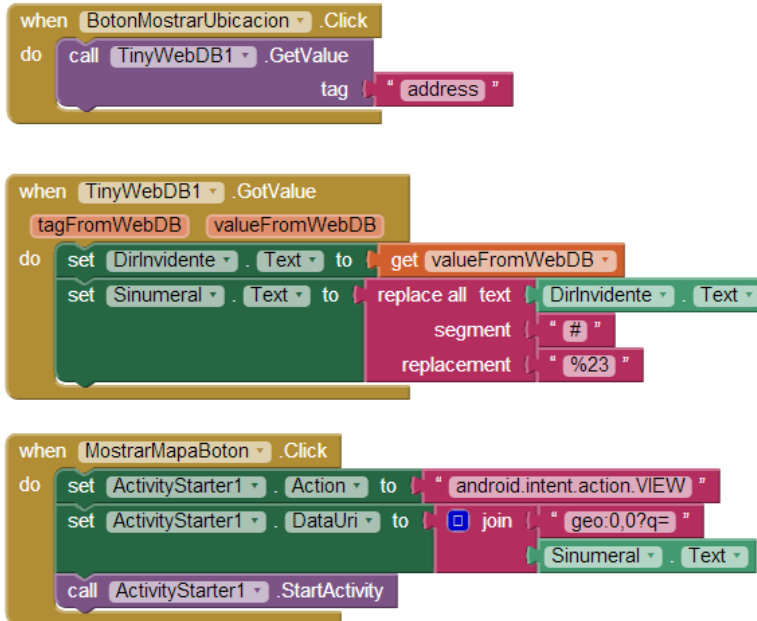

- Selección contacto acudiente.

```
when ContactPicker1 .AfterPicking
do
  call TinyDB1 .StoreValue
    tag "contacthelp "
    valueToStore ContactPicker1 . PhoneNumber
  set NumeroAcudiente . Text to ContactPicker1 . PhoneNumber
  set ContactPicker1 . Enabled to true

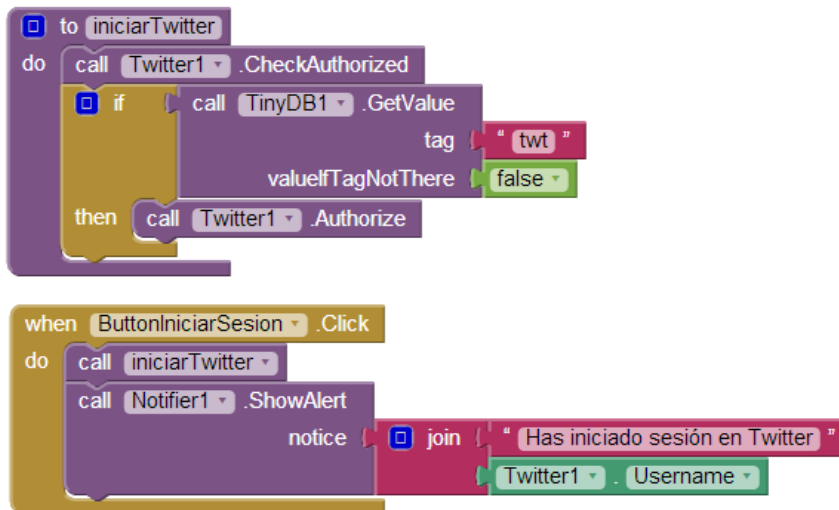
when ContactPicker1 .TouchDown
do
  call TinyDB1 .ClearTag
    tag "contacthelp "
  call ContactPicker1 .Open
  call TinyDB1 .StoreValue
    tag "contacthelp "
    valueToStore ContactPicker1 . PhoneNumber
  set NumeroAcudiente . Text to ContactPicker1 . PhoneNumber
```

Anexo D. Programación de la aplicación “modo acudiente”.

- Geolocalización.



- Configuración Twitter.



```

when Twitter1 .IsAuthorized
do
  call TinyDB1 .StoreValue
    tag "twit"
    valueToStore true
  set NameUsuario . Text to Twitter1 . Username

when directMesj .Click
do
  call Twitter1 .RequestDirectMessages

when Twitter1 .DirectMessagesReceived
  messages
do
  call printList
    list get messages

to printList list
do
  set Label9 . Text to ""
  for each item in list get list
  do
    set Label9 . Text to
      join Label9 . Text
        get item
        "\n---\n"

when Logout .Click
do
  call Twitter1 .DeAuthorize
  set NameUsuario . Text to ""
  call TinyDB1 .ClearAll
  call Notifier1 .ShowAlert
    notice "Ha cerrado sesión en Twitter"

```