



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E**  
**INDUSTRIAL**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y**  
**COMUNICACIONES**

**TEMA:**

---

“SISTEMA EMBEBIDO DE MOVILIZACIÓN Y POSICIONAMIENTO PARA PERSONAS NO VIDENTES MEDIANTE HARDWARE LIBRE”.

---

Trabajo de Graduación. Modalidad: TEMI. Trabajo Estructurado de Manera Independiente, presentado previo la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones.

**Línea de Investigación:** Sistemas Electrónicos

**Autor:** Alex Eduardo Vargas Soria

**Tutor:** Ing. Juan Pablo Pallo, Mg.

Ambato - Ecuador  
Febrero - 2015

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de tutor del trabajo de investigación sobre el tema: “**Sistema embebido de movilización y posicionamiento para personas no videntes mediante hardware libre**”, del señor Alex Eduardo Vargas Soria, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el Art. 16 del Capítulo II, del Reglamento de Graduación para Obtener el Título Terminal de Tercer Nivel de la Universidad técnica de Ambato.

Ambato, Febrero de 2015

---

Ing. Juan Pablo Pallo Noroña, Mg.

TUTOR

## **AUTORÍA**

El presente trabajo de investigación titulado: “Sistema embebido de movilización y posicionamiento para personas no videntes mediante hardware libre”. Es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, Febrero de 2015

---

Alex Eduardo Vargas Soria

CC: 050361851-4

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes Ing. Marco Antonio Jurado Lozada, Mg. e Ing. Víctor Santiago Manzano Villafuerte, Mg., revisó y aprobó el informe final del trabajo de graduación titulado Sistema Embebido de Movilización y Posicionamiento para personas no videntes mediante Hardware libre, presentado por el señor Alex Eduardo Vargas Soria de acuerdo al Art. 17 del Reglamento de Graduación para Obtener el Título Terminal de Tercer Nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

---

Ing. José Vicente Morales Lozada, Mg.  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

---

Ing. Marco Antonio Jurado Lozada, Mg.  
DOCENTE CALIFICADOR

---

Ing. Víctor Santiago Manzano Villafuerte, Mg.  
DOCENTE CALIFICADOR

## **DEDICATORIA**

A mis padres por todo su amor y cariño, en especial a mi madre por la cual siempre he tenido la posibilidad de cumplir con mis metas trazadas, la que cumple con su labor silenciosa día a día, la que siempre me ha ofrecido palabras de aliento, con su ejemplo de lucha y ayuda a los demás ha sabido ser un ejemplo de formación y admiración.

A mi hermana por su apoyo y todos los momentos hermosos que hemos vivido a lo largo de estos años.

Alex Vargas

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por haberme dado a mi familia quienes son un pilar fundamental en mi vida y siempre llenarme de bendiciones.

Al Ing. Juan Pablo Pallo que en calidad de tutor guio este proyecto, además de haber impartido sus conocimientos y experiencias a lo largo de mi etapa en la FISEI.

A la Asociación de personas no videntes y baja visión de Cotopaxi por su colaboración y apoyo brindado.

A todos los amigos que hice en esta hermosa etapa, con los cuales compartimos muchos momentos inolvidables.

Finalmente a todas las personas que me brindaron su apoyo, resulta difícil mencionarlas a cada una de ellas, sin embargo quiero expresarles un infinito agradecimiento y recordarles que ocupan un lugar especial en mi corazón.

Alex Vargas

## ÍNDICE

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
<b>PORTADA.....</b>	<b>I</b>
<b>APROBACIÓN DEL TUTOR.....</b>	<b>II</b>
<b>AUTORÍA.....</b>	<b>III</b>
<b>APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....</b>	<b>IV</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>V</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE.....</b>	<b>VII</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>XVI</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>XVII</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>XVIII</b>
<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>1</b>
<b>EL PROBLEMA.....</b>	<b>1</b>
1.1. Tema.....	1
1.2. Planteamiento del Problema .....	1
1.3. Delimitación .....	2
1.4. Justificación .....	3
1.5. Objetivos.....	5
1.5.1. Objetivo General .....	5

1.5.2. Objetivo Especifico .....	5
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>6</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>6</b>
2.1 Antecedentes Investigativos .....	6
2.2 Fundamentación Teórica .....	7
2.2.1 Técnicas utilizadas en la movilización de personas no videntes .....	7
2.2.2 Orientación y Movilidad de personas no videntes.....	8
2.2.3 Métodos para orientar a persona no vidente .....	8
2.2.4 Elementos empleados en la guía de no videntes .....	9
2.2.5 Sistemas electrónicos existentes para personas no videntes .....	9
2.2.6 Sistema Embebido.....	11
2.2.7 Componentes de un Sistema Embebido.....	12
2.2.8 Características de un Sistema Embebido .....	14
2.2.9 Áreas de Aplicación de los sistemas Embebidos .....	14
2.2.10 Detección de Colisiones.....	14
2.2.11 Planificación de Caminos .....	15
2.2.12 Empleo de Estructuras jerárquicas .....	15
2.2.13 Entorno basado en primitivas 3-D sólido.....	16
2.2.14 Expansión de obstáculos .....	16
2.2.15 Método en Espacio Cartesiano .....	17
2.2.16 Métodos reactivos.....	18
2.2.17 Hardware Libre .....	19

2.2.18 Requerimientos del Hardware Libre.....	20
2.2.19 Licencias de hardware libre .....	22
2.3 Propuesta de Solución .....	<b>23</b>
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>24</b>
<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>24</b>
3.1 Modalidad de la Investigación.....	24
3.1.1 Modalidad.....	24
3.1.2 Nivel de Conocimiento.....	24
3.2 Población y Muestra.....	25
3.3 Recolección de Información .....	25
3.4 Procesamiento y Análisis de la Información .....	25
3.5 Desarrollo del Proyecto .....	26
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>28</b>
<b>DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....</b>	<b>28</b>
4.1. Datos Informativos.....	28
4.1.1. Tema de la Propuesta.....	28
4.1.2. Institución Ejecutora.....	28
4.1.3. Beneficiarios .....	28
4.1.4. Ubicación.....	28
4.2. Objetivos.....	29
4.2.1. General.....	29
4.2.2. Específicos .....	29

4.3. Análisis de Factibilidad .....	29
4.3.1. Factibilidad Institucional .....	29
4.3.2. Factibilidad Técnica .....	30
4.3.3. Factibilidad Operativa .....	30
4.3.4. Factibilidad Económica .....	30
4.4. Etapas para el desarrollo de la propuesta.....	30
4.5. Análisis de movilización y posicionamiento de no videntes .....	32
4.5.1 Información sobre la movilización y posicionamiento de no videntes .....	32
4.5.2 Identificación de requerimientos para la movilidad de no videntes. ....	33
4.6 Selección y Evaluación de los componentes de Hardware y Software .....	33
4.6.1 Selección y Evaluación de componentes .....	33
4.6.2 Características de los componentes seleccionados. ....	40
4.6.3 Análisis de los Softwares requeridos. ....	45
4.7 Diseño de los sistemas de movilización, posicionamiento e interfaz de usuario .....	49
4.7.1 Diseño del sistema de Movilización .....	49
4.7.2 Diseño del Sistema de Posicionamiento. ....	54
4.7.3 Diseño y Construcción final del prototipo electrónico. ....	63
4.7.4 Diseño de la interfaz gráfica de Usuario. ....	66
4.8 Pruebas de Funcionamiento .....	70
4.8.1 Pruebas del funcionamiento del prototipo electrónico para no videntes .....	71
4.8.2 Pruebas de monitoreo de la interfaz gráfica de usuario. ....	72
4.9 Análisis final de costos .....	72

<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>75</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>75</b>
5.1. Conclusiones.....	75
5.2. Recomendaciones.....	76
<b>BIBLIOGRAFÍA O REFERENCIAS .....</b>	<b>77</b>
<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS .....</b>	<b>82</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>85</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Vara para no videntes .....	10
Figura 2.2: Tableta con pantalla táctil para invidentes.....	10
Figura 2.3: Celular para no videntes en braille.....	11
Figura 2.4: Sistema Embebido.....	12
Figura 2.5: Estructura de un Sistema Embebido.....	13
Figura 2.6: Representación mediante octree-región.....	15
Figura 2.7: Quadtree N – Objetos.....	16
Figura 2.8: Representación de un dispositivo móvil en el plano. ....	17
Figura 2.9: Expansión de obstáculos mediante arcos circulares de radio r. ....	17
Figura 2.10: Gráficos de visibilidad.....	18
Figura 2.11: Método de fuerzas virtuales .....	19
Figura 2.12: Dispositivo aproximándose a obstáculo. ....	19
Figura 2.13: Ejemplo de Hardware libre. ....	20
Figura 4.1: Etapas de construcción del prototipo.....	31
Figura 4.2: Receptores GPS .....	35
Figura 4.3: Modulo XBee Pro 60mW Wire Antenna.....	40
Figura 4.4: Placa XBee Explorer USB.....	41
Figura 4.5: XBee Shield.....	41
Figura 4.6: Placa Arduino. ....	42
Figura 4.7: Sensor Ultrasónico HC-SR04.....	43

Figura 4.8: Receptor GPS - EM-406 A.....	44
Figura 4.9: GPS Shield.....	44
Figura 4.10: Micro vibrador.....	45
Figura 4.11: Entorno de programación de las Tarjetas Arduino.....	46
Figura 4.12: Pantalla principal de MATLAB.....	47
Figura 4.13: Plataforma de programación en X-CTU.....	47
Figura 4.14: Diseño de un objeto en Pepakura Designer.....	48
Figura 4.15: Pantalla principal de ISIS Proteus.....	49
Figura 4.16: Diseño del sistema de movilización.....	49
Figura 4.17: Dispositivo detector de Obstáculos.....	50
Figura 4.18: Alcance de detección del dispositivo.....	51
Figura 4.19: Programación del dispositivo.....	52
Figura 4.20: Simulación en ISIS.....	53
Figura 4.21: Diseño del sistema de posicionamiento.....	54
Figura 4.22: Montaje del sensor GPS.....	54
Figura 4.23: Protocolo NMEA.....	55
Figura 4.24: Trama NMEA recibida.....	57
Figura 4.25: Interfaz del receptor GPS.....	57
Figura 4.26: Trama NMEA recibida.....	58
Figura 4.27: Diagrama del sistema de Posicionamiento.....	59
Figura 4.28: Diseño de la interfaz de Comunicación XBEE.....	60
Figura 4.29: Transmisor XBEE.....	60

Figura 4.30: Interfaz de comunicación XBEE.....	61
Figura 4.31: Configuración XBEE.....	62
Figura 4.32: Diseño de la apariencia del prototipo electrónico. ....	63
Figura 4.33: Simulación para la fabricación del prototipo. ....	63
Figura 4.34: Implementación del prototipo. ....	64
Figura 4.35: Portador del sistema de Posicionamiento. ....	64
Figura 4.36: Presentación del diseño final del dispositivo. ....	65
Figura 4.37: Diseño de la Interfaz gráfica de usuario. ....	66
Figura 4.38: Interfaz gráfica de Monitoreo. ....	66
Figura 4.39: Configuración de parámetros de habilitación del puerto COM. ....	67
Figura 4.40: Botones de inicio de captura de datos. ....	67
Figura 4.41: Visualización de los parámetros de posicionamiento.....	68
Figura 4.42: Archivo KML.....	68
Figura 4.43: Visualización de Trayectorias.....	69
Figura 4.44: Pruebas de funcionamiento. ....	70

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1: Características de los sensores de proximidad. ....	34
Tabla 4.2: Selección de sensores ultrasónicos .....	34
Tabla 4.3: Características de los módulos GPS. ....	36
Tabla 4.4: Comparación de Tecnologías Inalámbricas. ....	37
Tabla 4.5: Características de los módulos XBEE. ....	37
Tabla 4.6: Plataformas de hardware libre. ....	38
Tabla 4.7: Características de las Tarjetas Arduino. ....	39
Tabla 4.8: Características del XBEE pro S1.....	40
Tabla 4.9: Características de la placa Arduino UNO. ....	42
Figura 4.7: Sensor Ultrasónico HC-SR04. ....	43
Tabla 4.10: Características del Sensor Ultrasónico HC-SR04.....	43
Tabla 4.11: Características del Receptor GPS - EM-406A. ....	43
Tabla 4.12: Características de un micro vibrador. ....	45
Tabla 4.13: Parámetros de configuración. ....	62
Tabla 4.14: Principales características del prototipo.....	65
Tabla 4.15: Principales características de la aplicación de usuario.....	69
Tabla 4.16: Pruebas de funcionamiento. ....	71
Tabla 4.17: Pruebas de funcionamiento de la interfaz gráfica.....	72
Tabla 4.18: Costos de Implementación. ....	73
Tabla 4.19: Análisis respecto a otros dispositivos. ....	74

## RESUMEN

En la presente investigación se indica el desarrollo de un prototipo encaminado a generar autonomía a personas no videntes. El diseño y funcionamiento del dispositivo de detección de obstáculos ofrece lecturas confiables con una precisión de 0,3 cm y ángulo de detección formado por varios sensores de 120°; además cuenta con un receptor GPS que recibe datos de satélites y envía en forma inalámbrica al computador permitiendo al usuario conocer diferentes parámetros sobre la posición en tiempo real. La metodología del diseño está centrada en el usuario con deficiencia visual, presentando un prototipo con forma estética, confortable y fácil transporte. Este sistema permitirá a los usuarios no videntes el desplazamiento a los destinos requeridos sin dificultades, incluso en ambientes desconocidos, cumpliendo con las expectativas de funcionalidad previstas.

**Palabras clave:** Sistema de movilización y posicionamiento, Detección de obstáculos, No Videntes.

## **ABSTRACT**

In this research the development of a prototype designed to create autonomy for blind people indicated. The design and operation of the obstacle detection device provides reliable readings with a precision of 0.3 cm and detection angle formed by several sensors 120 °; also has a GPS receiver that receives data from satellites and sends it wirelessly to your computer allowing the user to know different parameters on the position in real time. The design methodology is centered on the user visually impaired, presenting a prototype aesthetically, comfortable and easy transport. This system will allow blind users shifting to the required destinations without difficulty, even in unfamiliar environments, meeting the expectations of functionality provided.

**Keywords:** System mobilization and positioning, Obstacle detection Blind.

## INTRODUCCIÓN

En el presente proyecto se implementa un sistema de movilización y posicionamiento para personas no videntes, construido con placas de hardware libre. Este prototipo electrónico opera mediante el uso de sensores que proporcionan información sobre posicionamiento y aproximación a objetos, mejorando la calidad de vida de las personas no videntes. A continuación se hace una breve descripción de los capítulos que componen esta investigación.

En el Primer capítulo se presenta información sobre las características, problemas y la forma actual en que se desempeñan las personas no videntes en la sociedad, para así conocer sus principales necesidades.

El Segundo capítulo presenta antecedentes sobre investigaciones de sistemas electrónicos realizadas a personas no videntes, además muestra el desarrollo de la teoría que fundamenta esta investigación, revisando conceptos como movilización y posicionamiento enfocados a personas con diferentes tipos de discapacidad visual.

El Tercer capítulo muestra las diferentes técnicas de investigación utilizadas, la forma de obtención y análisis de la información, además de los mecanismos que llevaron a la construcción del dispositivo electrónico.

En el Cuarto capítulo se explica de una manera detallada la elaboración del sistema embebido de movilización y posicionamiento para personas no videntes.

En el Quinto capítulo se muestran las conclusiones y recomendaciones obtenidas durante el diseño y construcción del dispositivo electrónico para personas con discapacidad visual.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1. Tema**

Sistema Embebido de Movilización y Posicionamiento para personas no videntes mediante Hardware libre.

### **1.2. Planteamiento del Problema**

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Grupo del Banco Mundial alrededor de un 15% de la población mundial sufren algún tipo de discapacidad, de estos tan solo entre el 1 y 1.5 % requieren los servicios de especialistas específicamente para su rehabilitación, el 13.5 % restante no requiere atención de especialistas en su rehabilitación necesariamente y puede ser manejado en centros de atención primaria, escuelas y la comunidad en general, siempre que estén debidamente capacitados.

Aproximadamente 1000 millones de personas en el mundo presentan diversos tipos y grados de discapacidad y a ellos se suman sus familias como parte del problema, entonces el número estimado llega a representar alrededor del 25 % de la población mundial y aproximadamente el 80% de estos, viven en países con bajos ingresos económicos. [1]

En el Ecuador específicamente, en la provincia de Cotopaxi según datos proporcionados por el Consejo Nacional de Discapacidades (CONADIS) en el año 2013 se registraron 1166 personas que presentaban discapacidad visual, esta información muestra que existe una incidencia significativa de personas no videntes en la provincia, por lo que han tenido la necesidad de agruparse y formar asociaciones, sin embargo el número de sus integrantes es bajo, alrededor de 67 personas, por lo que se deduce que la gran mayoría se encuentra recluida en sus hogares con falta de recursos económicos y herramientas que ayuden a superar barreras que imponen serias limitaciones, desde el punto de vista de la movilidad y accesibilidad. [2]

En el Cantón Latacunga, frente a la desatención y limitación de este grupo poblacional, se conformó La Asociación de No Videntes y Baja Visión de Cotopaxi “ANOVIC”, que actualmente está conformada por 19 socios, fue creada con el fin de contar con un lugar adecuado para que las personas con discapacidad visual puedan desarrollar sus capacidades psicomotrices e intelectuales, además efectúan seminarios y talleres sobre motivación, autoestima, orientación y movilidad; debido a factores económicos y, a que la asociación no cuenta con servicios tecnológicos, únicamente utilizan técnicas empíricas como la enseñanza del uso del bastón blanco, el cual si bien ayuda a movilizarse no impide que ocurran accidentes, aspecto que hoy en día es totalmente prevenible con el uso de tecnologías que puedan detectar objetos y advertir al usuario antes de encontrarse con ellos. Es así que la carencia del acceso a medios tecnológicos ha generado en la Provincia de Cotopaxi y de manera particular en el cantón Latacunga una severa dificultad en la integración social y laboral de los no videntes.

### **1.3. Delimitación**

#### **Área Académica:**

Física y Electrónica

#### **Línea de Investigación:**

Sistemas Electrónicos

**Sublínea de Investigación:**

Sistemas Embebidos

**Delimitación Espacial:**

El presente proyecto se desarrolló en La Asociación de No Videntes y Baja Visión de Cotopaxi “ANOVIC”, del Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi.

**Delimitación Temporal:**

El presente proyecto de investigación se desarrolló en un periodo de 6 meses, a partir de ser aprobado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

**1.4. Justificación**

La ejecución de una investigación encaminada a contribuir con un mecanismo que facilite la movilización de las personas no videntes, es una respuesta que nace de las limitaciones que a lo largo de los años ha sufrido este sector de la población que si bien ha avanzado, aún se encuentra relegado en múltiples aspectos de la cotidianidad de la vida, los cuales para algunos llegan a ser hasta imperceptibles, pero que para ellos son determinantes, así la capacidad para desplazarse de un lugar a otro o la facultad de moverse dentro de su propio entorno, el manejarse con autonomía y el tomar sus propias decisiones sobre cómo moverse, cuándo y hacia dónde hacerlo, son aspectos que hoy en día están cercados por barreras arquitectónicas, idealismos segregacionales o limitaciones tecnológicas.

El interés por desarrollar herramientas que faciliten y contribuyan al mejoramiento de la calidad de vida de las personas no videntes es indiscutiblemente producto del desarrollo de una profunda conciencia social, que busca aplicar los conocimientos adquiridos al desarrollo de nuestra comunidad, entendiendo que el entorno puede favorecer o perjudicar el progreso de las personas.

La importancia de la presente investigación, se enmarca en el apoyo que un dispositivo electrónico puede generar a las personas no videntes, la confianza que podrían adquirir para desplazarse sin temores y con seguridad, sabiendo que cuentan con el respaldo de una herramienta que puede prevenir un sin número de contratiempos de mayores y menores proporciones, los cuales pueden ir desde la prevención de un accidente hasta el libre desplazamiento en lugares abiertos sin sufrir golpes.

El impacto social definitivamente será significativo, puesto que el mundo actual exige mayores retos y desafíos, ya no es una época en la que las personas con deficiencia visual estaban confinadas a sus hogares, hoy en día muchas de estas personas se dedican a actividades productivas propias o bajo relación de dependencia, la misma ley exige la contratación de un número importante de individuos con discapacidad, lo cual genera la necesidad de movilización, si estas personas logran ser independientes en el plano económico por qué no serlo en su propio desplazamiento, este mecanismo les permitiría llegar por si solos a sus destinos de manera óptima; con todo esto se ponderaría el uso de la tecnología como una herramienta de inclusión, eliminando brechas de desigualdad que por décadas hemos venido acumulando.

En cuanto a la factibilidad, la implementación de este tipo de dispositivos es totalmente realizable ya que los diferentes componentes electrónicos que se necesitan para su ejecución, pueden ser adquiridos sin dificultad, por otro lado poseen interfaces que se adaptan de una manera adecuada y cómoda, pudiendo ser desarrolladas mediante hardware libre, consecuentemente el costo del dispositivo se encuentra al alcance de cualquier persona.

De esta manera la construcción de un dispositivo especializado en la detección de obstáculos está encaminado a mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad visual quienes serán los beneficiarios directos en la utilización de esta herramienta tecnológica, mejorando el método actual de desplazamiento. Es importante colaborar en la construcción de un sistema más humano y justo, con el fin de buscar soluciones reales en este campo, conscientes de que la movilidad es un componente esencial de la dignidad del ser humano y clave de autonomía e independencia de las personas.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo General**

- Implementar un sistema embebido de movilización y posicionamiento para personas no videntes mediante hardware libre.

### **1.5.2. Objetivo Especifico**

- Analizar el nivel de precisión en la movilidad de personas no videntes.
- Identificar los mecanismos electrónicos que posibiliten la optimización de desplazamientos.
- Diseñar un prototipo electrónico para personas no videntes utilizando hardware libre.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes Investigativos**

En su proyecto el Ingeniero Llerena Zambrano Byron presenta el diseño y la implementación de un kit de aplicaciones para dispositivos con sistema operativo android, orientado a personas con discapacidad visual. El proyecto propiamente dicho fue dividido en 4 etapas, el estudio del sistema operativo android y cómo este podría ayudar a personas con discapacidad visual, el diseño del kit de aplicaciones, la implementación del mismo y por último un capítulo dedicado a realizar pruebas. Para el estudio del sistema operativo se estudió la arquitectura del mismo y se enfocó en las herramientas que este proporciona, las cuales podrían ayudar a personas con discapacidad visual. Una vez conocido el sistema operativo se pasó a diseñar el kit de aplicaciones, mediante el uso de diagramas de flujo. Para implementar el kit de aplicaciones se hizo uso de IDE y un Emulador en el cual se harían pruebas de funcionamiento. [3]

Las Ingenieras Catherine Bustos y Sofía Cobo, en su proyecto presentan el diseño e implementación de un prototipo de display táctil para personas no videntes, el prototipo consta de tres placas, la primera que abarca la parte de control, la tarjeta con el pic 16F628A, la segunda con la disposición de 4 relés y la tercera con 2 relés, el dispositivo

electrónico se comunica al computador a través del puerto serial RS 232 para realizar la transmisión de datos y visualización en el software labview. [4]

En su proyecto el Ingeniero Francisco Espinel presenta un sistema electrónico para la inclusión de no videntes en la actividad laboral de manejo de estantería de biblioteca, su trabajo está enfocado en el desarrollo de un dispositivo electrónico basado en tecnología RFID, destinado a ser utilizado como herramienta de apoyo para que personas no videntes puedan desempeñarse en actividades laborales propias de una biblioteca. Para cumplir con su objetivo se parte de un análisis de la tecnología RFID, con la finalidad de conocer sus características principales y analizar las razones por las cuales se considera adecuada para cumplir con el objetivo planteado. A continuación realizó un análisis de los procesos internos que ocurren en una biblioteca, para así determinar cuáles son propicios para ser realizados por una persona no vidente teniendo en cuenta su discapacidad. Posteriormente presentó el diseño del dispositivo electrónico, documentando el desarrollo tanto a nivel de hardware como de software y detallando aspectos técnicos de su funcionamiento. Finalmente se realizaron pruebas para comprobar el dispositivo diseñado al momento de ser utilizado por una persona no vidente. [5]

## **2.2 Fundamentación Teórica**

La ceguera es la incapacidad de una persona para ver o distinguir objetos mediante el sentido de la vista , a la pérdida global de la percepción de la luz se la conoce como ceguera total, pero además existen diferentes grados de déficit en la visión, conocidos como baja visión.

Se considera que los casos mencionados anteriormente abarcan el total de discapacidades visuales que pueden presentarse en el ser humano. [6]

### **2.2.1 Técnicas utilizadas en la movilización de personas no videntes**

Las personas al carecer del sentido de la vista indispensablemente requieren desarrollar los cuatro sentidos restantes: oído, olfato, tacto y gusto, ya que por medio de estos sentidos las personas con discapacidad visual reciben información del mundo que los rodea. Al hablar de movilidad en una persona no vidente se debe considerar una serie de

factores siendo los más sobresalientes la aparición de dos sentidos adicionales, el kinestésico y la visualización.

La Visualización es la habilidad de la persona con discapacidad visual para formarse una idea abstracta de su alrededor mediante el uso de descripciones verbales, información táctil y técnicas kinésicas. En decir, visualización es la imagen mental que se forma la persona no vidente como consecuencia de su orientación. [7]

### **2.2.2 Orientación y Movilidad de personas no videntes**

La orientación es el conocimiento específico de la posición física de una persona en relación a los objetos que se encuentren en el medio que la rodea. Aparecen dos consideraciones importantes a tener en cuenta en la orientación de personas con discapacidad visual, la primera es la necesidad de conocer el medio ambiente que rodea al no vidente, objetos existentes en un determinado lugar, el tamaño, la forma y ubicación de estos objetos. La segunda consideración identifica la relación de los objetos cuando la persona no vidente cambia de posición, en conclusión, la primera consideración busca el conocimiento del ambiente y la segunda la posición de las personas no videntes.

Se define a la movilidad como la destreza que poseen las personas no videntes para transportarse de una posición a otra dentro de su medio ambiente, o a su vez se considerar a la movilidad como la acción de moverse en un determinado espacio. [7]

### **2.2.3 Métodos para orientar a persona no vidente**

Existen tres métodos que se relacionan e interactúan, el método más usual es la descripción verbal del ambiente que rodea a la persona no vidente, para este método se requiere describir con precisión la forma, ubicación, posición relativa de todos los objetos relevantes que se aproximen a la persona no vidente, el segundo método consiste en usar el sentido del tacto para conocer la forma y textura de ciertos objetos, y por último el tercer método consiste en desarrollar las habilidades kinestésicas del no vidente, esto se logra haciendo recorridos con la persona no vidente por caminos determinados con el propósito de que aprenda a reconocer curvas, desniveles y cambios

de dirección. En la práctica la mejor técnica a utilizar se obtiene combinando los tres métodos, el instructor o la persona con vista que acompañe al no vidente debe describirle detalladamente los objetos más relevantes que ve a su alrededor, además de ayudar a la persona con discapacidad visual a tocar con las manos los objetos para desarrollar el sentido kinestésico. [7]

#### **2.2.4 Elementos empleados en la guía de no videntes**

El elemento más empleado es el guía vidente, las personas que trabajan con no videntes deben conocer las técnicas apropiadas para su movilización, la persona con discapacidad visual que cuenta con la ayuda del guía vidente para su movilización pierde su independencia. El bastón es el instrumento más cómodo y el más usado, existen otros mecanismos como los perros guías y los aparatos ultrasónicos. [7]

#### **2.2.5 Sistemas electrónicos existentes para personas no videntes**

A continuación se presentan los sistemas más relevantes enfocados a personas con discapacidad visual, estos proyectos cuentan con la tecnología existente y contribuyen a mejorar la movilidad.

- **Una vara para no videntes**

Este sistema fue creado por Woo Jin Han, el dispositivo presenta una forma de vara similar al bastón blanco, la diferencia radica en el uso de un sistema electrónico capaz de detectar obstáculos sin necesidad de golpearlos.

Como se indica en la figura 2.1 el dispositivo posee sensores que miden la distancia de los objetos, y avisan por medio de vibraciones al portador sobre su cercanía, para que los evite.

La ciencia realiza contribuciones dirigidas a enfermedades o padecimientos, en este caso se tiene a la tecnología ayudando a las personas con discapacidad visual a moverse con mayor facilidad, evitando los obstáculos por medio de la vara para no videntes. [8]



**Figura 2.1:** Vara para no videntes

**Fuente:** <http://www.impresionante.net/general/una-vara-para-ciegos/>

- **Tableta con pantalla táctil para invidentes**

Es una tableta que posee pantalla táctil que usa un sistema braille para ayudar a la escritura y manejo de datos en dispositivos móviles a personas no videntes, este dispositivo genera un nuevo método para adaptar a la tecnología a personas ciegas y con discapacidades visuales, otro de los aspectos importantes es el costo de implementación de esta aplicación respecto a otro tipo de dispositivos electrónicos. Esta nueva pantalla táctil ofrece muchas más ventajas que los actuales escritores braille, ya que son adaptables y la configuración del dispositivo se ajusta al tamaño de las dimensiones de los dedos del usuario.

La figura 2.2 muestra el funcionamiento del software que posee la tableta, pese a que se presentan obstáculos técnicos y relacionados con la propiedad intelectual de ciertos componentes para la comercializar a nivel industrial de este dispositivo, se espera que en los próximos años gran parte de las personas no videntes tengan la posibilidad de contar con tabletas con sistemas braille. [9]



**Figura 2.2:** Tableta con pantalla táctil para invidentes.

**Fuente:** [http://www.tendencias21.net/Crean-una-tableta-con-pantalla-tactil-para-invidentes\\_a7934.html](http://www.tendencias21.net/Crean-una-tableta-con-pantalla-tactil-para-invidentes_a7934.html)

- **Celular para no videntes en braille**

Los sistemas electrónicos para no videntes se acoplan a teléfonos celulares, este celular braille fue desarrollado por Seon-keun Park, como se muestra en la figura 2.3 el dispositivo posee todas las funciones básicas de un teléfono celular, su interfaz cuenta con botones braille que adquieren relieve, este celular es capaz de convertir los mensajes de texto a idioma braille partiendo desde varios idiomas.

Gracias a que el celular cuenta con Electric Active Plastic (EAP) el dispositivo puede modificar los contenidos que aparezcan en su pantalla, logrando que los filamentos plásticos que forman matrices de 2 por 3, estén activos o inactivos logrando así formar las letras que contiene el mensaje de texto que recibirá el usuario. Estos filamentos se activan mediante impulsos eléctricos, permitiendo que el celular braille se conecta con cualquier celular existente en el mercado. [10]



**Figura 2.3:** Celular para no videntes en braille

**Fuente:** <http://www.fayerwayer.com/2009/08/concepto-celular-para-ciegos-en-braille/>

### **2.2.6 Sistema Embebido**

Un sistema embebido o integrado es un sistema computacional especializado, que puede formar parte de otro sistema, realiza funciones específicas de monitoreo o control y en ocasiones su función de inicio no depende de la intervención del ser humano.

Como muestra la figura 2.4 consta de uno o varios microprocesadores y circuitos integrados, además está diseñado para realizar una o varias tareas específicas que se usan frecuentemente en un sistema de computación en tiempo real.

Estos sistemas poseen una amplia gama de dispositivos que regularmente son usados para controlar equipos, algunos de estos sistemas embebidos incluyen un sistema operativo, pero muchos son tan especializados que toda la lógica puede implementarse en un solo programa. [11]



**Figura 2.4:** Sistema Embebido

**Fuente:** El Investigador, en base a fotografías realizadas del sistema desarrollado.

### 2.2.7 Componentes de un Sistema Embebido

Los componentes de un sistema embebido, se detallan a continuación:

- **El Procesador** es un circuito electrónico integrado que funciona en forma central y que es justamente el de mayor complejidad de todo sistema informático, siendo considerado el cerebro de un ordenador, además controla las operaciones que se efectúan en un sistema computacional, formando la unidad central de proceso.
- **La Memoria** es un dispositivo o sistema dedicado a almacenar datos. Se trata de pequeñas tarjetas electrónicas basadas en el uso de celdas de almacenamiento tipo NAND, las cuales permiten guardar datos por largos periodos de tiempo sin necesidad de tener alimentación eléctrica durante ese periodo de tiempo.
- **Los Periféricos** son todos los dispositivos electrónicos o unidades externas a un sistema informático, que permiten la entrada o salida de datos.

Los periféricos pueden clasificarse en 3 categorías principales:

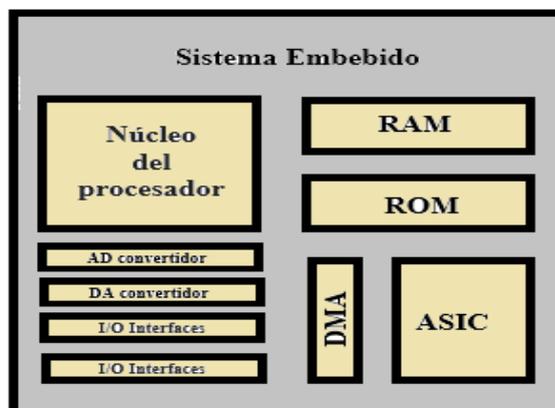
- Periféricos de entrada.

- Periféricos de salida.
- Periféricos de entrada/salida.
- **El Software** es el equipamiento lógico o soporte lógico de un sistema informático, que comprende el conjunto de los componentes lógicos necesarios que hacen posible la realización de tareas específicas.

Un software está compuesto por diferentes elementos mencionados a continuación:

- Inicialización y configuración
  - El sistema operativo o el entorno en tiempo de ejecución
  - El software de las aplicaciones
  - Gestión de errores
  - Depuración y soporte de mantenimiento. [11]
- **El Algoritmo** es un conjunto de instrucciones que realizadas en orden conducen a obtener la solución de un problema. Por lo tanto podemos decir que es un conjunto ordenado y finito de pasos que nos permite solucionar un problema. Los algoritmos son independientes de los lenguajes de programación, en cada problema el algoritmo puede escribirse y luego ejecutarse en un lenguaje de diferente programación. [12]

Como se visualiza en la figura 2.5 se presenta la estructura de un sistema embebido.



**Figura 2.5:** Estructura de un Sistema Embebido.

**Fuente:** El Investigador.

### 2.2.8 Características de un Sistema Embebido

Las características más comunes que poseen los sistemas embebidos son los siguientes:

- **La Fiabilidad** es la probabilidad de que un dispositivo realice adecuadamente su función prevista durante un período determinado, bajo condiciones operativas específicas, por ejemplo condiciones de presión, temperatura, velocidad, tensión, etc.
- **La Capacidad de Mantenimiento** es el conjunto de técnicas utilizadas para asegurar el correcto y continuo uso de equipos, maquinaria, instalaciones y servicios a fin de evitar averías, es decir aumento de su fiabilidad.
- **La Disponibilidad** se refiere a la continuidad de acceso a los elementos de información almacenados y procesados en un sistema informático.
- **La Seguridad** es la disciplina que se ocupa de diseñar normas, procedimientos, métodos y técnicas, orientados a proveer condiciones de confidencialidad, integridad y disponibilidad, para el procesamiento de datos en sistemas informáticos. [13]

### 2.2.9 Áreas de Aplicación de los sistemas Embebidos

La siguiente lista describe las principales aplicaciones que utilizan sistemas embebidos:

- Electrónica del automóvil
- Telecomunicaciones
- Sector de la salud:
- Seguridad
- Robótica. [14]

#### 2.2.10 Detección de Colisiones

Evita la posibilidad de colisión de un objeto en movimiento, en función de su trayectoria actual, velocidad, y objetos del entorno a partir de una medida de

proximidad suministrada por un sensor y la detección de espacios libres, de esta manera los objetos existentes en un entorno pueden ser detectados, previniendo gran parte de posibles colisiones. [15]

### 2.2.11 Planificación de Caminos

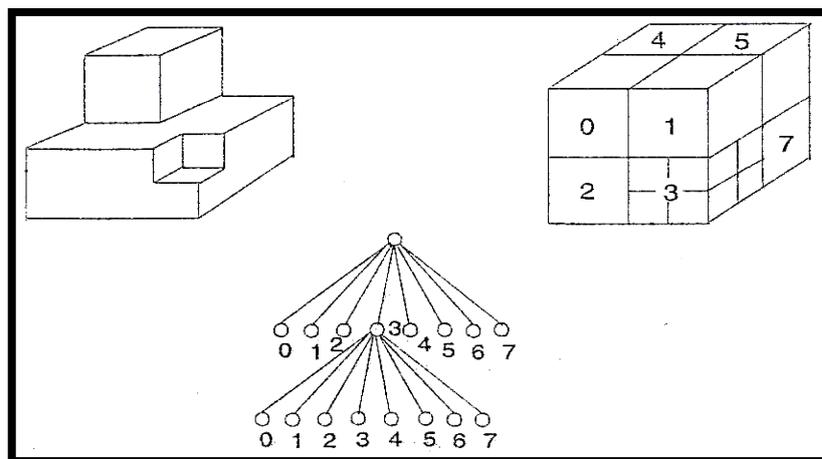
Se refiere al conjunto de algoritmos diseñados para la obtención de trayectorias libres de obstáculos realizadas por un dispositivo electrónico móvil. Generalmente se trata de optimizar algún criterio como la longitud máxima o mínima de un camino.

Además se requiere información en tiempo real obtenida mediante sensores, estos deben poseer ciertas restricciones a los movimientos en tiempo real. [15]

### 2.2.12 Empleo de Estructuras jerárquicas

Emplea estructuras de datos para generar una resolución elevada en regiones específicas donde se realizara cierto desplazamiento.

Como se muestra en la figura 2.6 el octree es una estructura jerárquica que subdivide un volumen cubico en ocho volúmenes de menor tamaño respecto al original, estas divisiones son beneficiosas ya que los volúmenes sub divididos pueden ser programados en el dispositivo en forma más precisa, ya que no se requiere trabajar con el área de desplazamiento completa. [15]



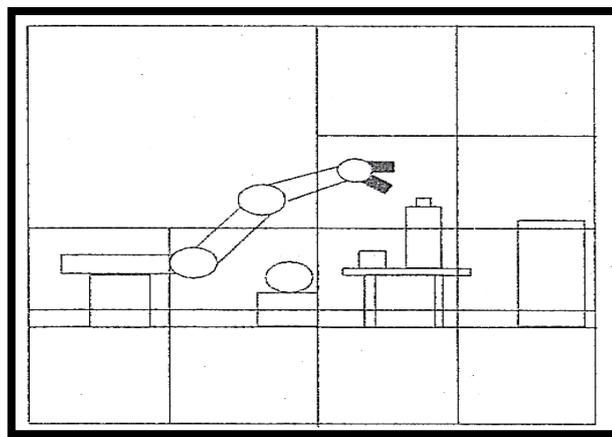
**Figura 2.6:** Representación mediante octree-región.

**Fuente:** OLLERO BATURONE A., Robótica Manipuladores y Robots móviles.

### 2.2.13 Entorno basado en primitivas 3-D sólido

Modela el dispositivo y su entorno por medio de objetos geométricos simples que en informática se les denomina primitivas.

Como muestra la figura 2.7 las primitivas más comunes son esferas, conos, paralelepípedos, cilindros y planos, los objetos son representados con la unión de las primitivas. Con la elección adecuada de las primitivas se puede conseguir una representación confiable y precisa de un determinado entorno. [15]



**Figura 2.7:** Quadtree N – Objetos.

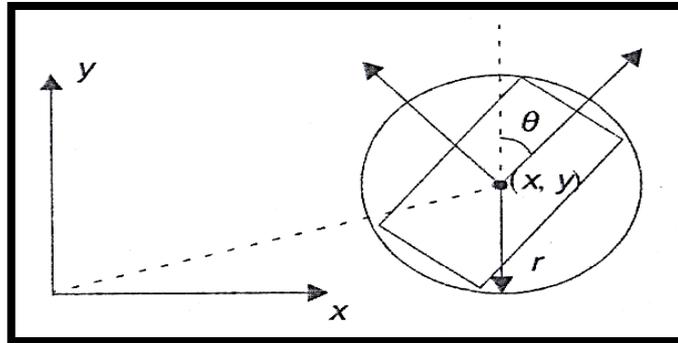
**Fuente:** OLLERO BATURONE A., Robótica Manipuladores y Robots móviles.

### 2.2.14 Expansión de obstáculos

La expansión de obstáculos es un sistema que consiste en el uso de una serie de algoritmos mediante los cuales se determinan la ruta más corta y libre de obstáculos entre dos puntos, se deben aplicar modelos apropiados con diferentes algoritmos dependiendo del tipo de objeto en movimiento y sus dimensiones.

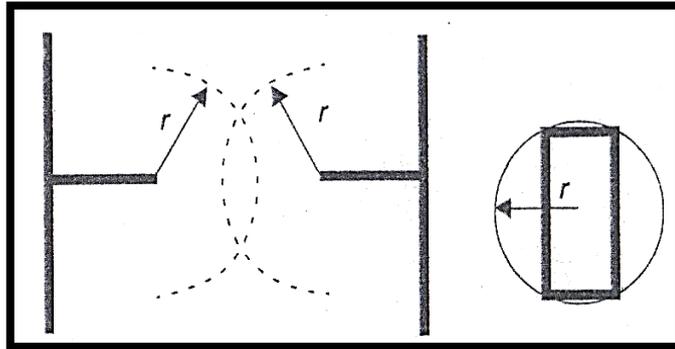
Como se muestra en las figuras 2.8 y 2.9 cuando el desplazamiento del objeto se desarrolla en el plano se realiza un círculo con un radio que envuelve a este, logrando así que los posibles obstáculos se expandan por medio de arcos circulares de radios distintos, además ya que el objeto está envuelto en una circunferencia se puede

desarrollar algoritmos que supongan que el objeto es un punto que se desplaza en un determinado plano. [15]



**Figura 2.8:** Representación de un dispositivo móvil en el plano.

**Fuente:** OLLERO BATURONE A., Robótica Manipuladores y Robots móviles.



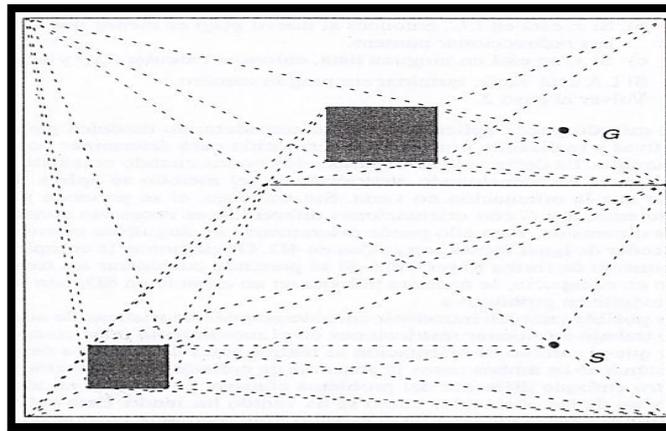
**Figura 2.9:** Expansión de obstáculos mediante arcos circulares de radio  $r$ .

**Fuente:** OLLERO BATURONE A., Robótica Manipuladores y Robots móviles.

### 2.2.15 Método en Espacio Cartesiano

Este método es de los primeros utilizados en la planificación de rutas y trayectorias libres de obstáculos con el fin de obtener el desplazamiento más corto.

Este sistema de planificación de trayectorias trabaja en dos dimensiones, como se puede apreciar en la figura 2.10 su principio de operación se fundamenta en que el objeto móvil es un punto en el plano y los obstáculos que los rodean son convexos a él, estos obstáculos forman segmentos que mediante vértices se conectan entre sí mostrando las diferentes rutas libres de obstáculos, además este método puede ser transformado a 3-D conservando todas sus características. [15]



**Figura 2.10:** Gráficos de visibilidad.

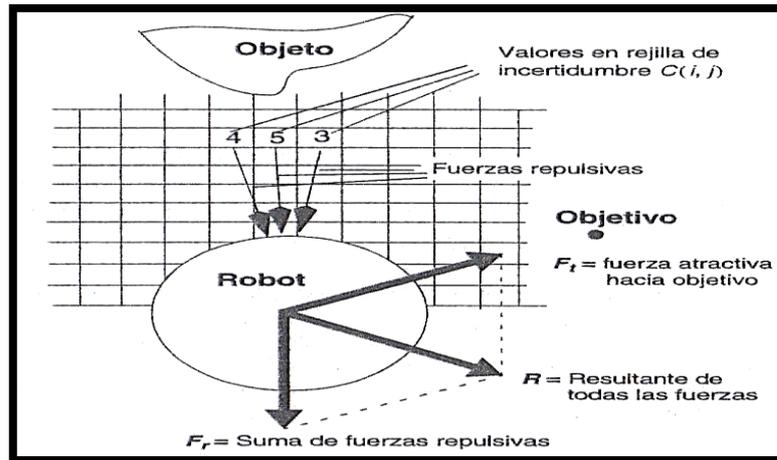
**Fuente:** OLLERO BATURONE A., Robótica Manipuladores y Robots móviles.

### 2.2.16 Métodos reactivos

EL Método reactivo es el que genera respuestas de información mediante el uso de sensores para conocer la distancia y posición de obstáculos, sin considerar la geometría de los objetos del entorno.

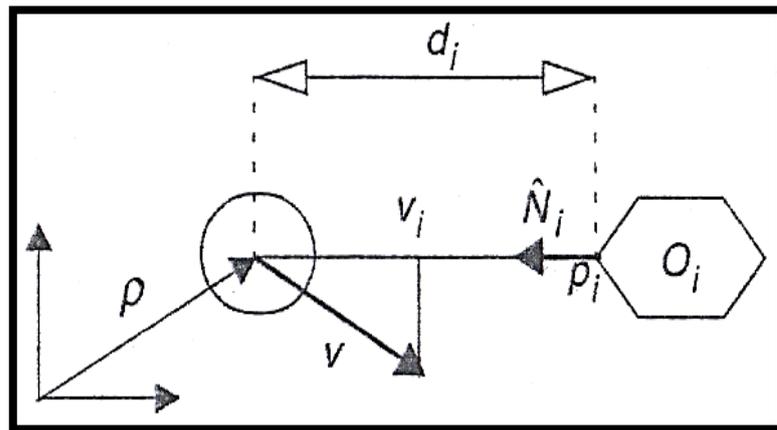
Como se muestra en la figura 2.11 mediante el uso de los campos potenciales se puede valorar el movimiento de un campo de fuerza con relación a los obstáculos, esto genera fuerzas repulsoras que permiten obtener la posición de objetos y considerar la velocidad de aproximación a un obstáculo. Mediante el uso de esta técnica se consigue incrementar el área de aplicación y al acoplarla con otros métodos se puede obtener un área de cobertura más extensa.

La detección de colisiones son adquiridas mediante sensores que por lo general son de ultrasonido, en la figura 2.12 se muestra cómo reducir el error en las mediciones mediante la toma de varias lecturas del mismo objeto cuando se desplaza con el dispositivo. [15]



**Figura 2.11:** Método de fuerzas virtuales

**Fuente:** OLLERO BATURONE A., Robótica Manipuladores y Robots móviles.



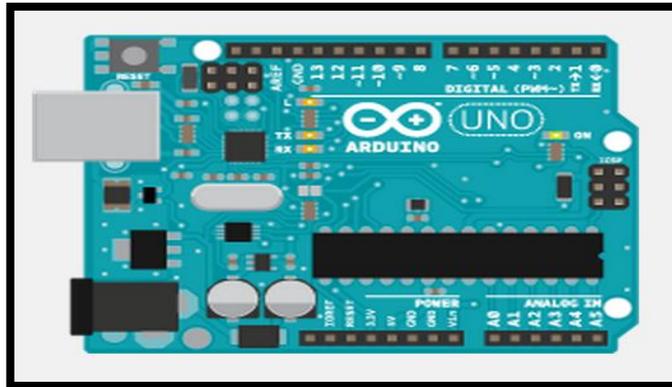
**Figura 2.12:** Dispositivo aproximándose a obstáculo.

**Fuente:** OLLERO BATURONE A., Robótica Manipuladores y Robots móviles.

### 2.2.17 Hardware Libre

Es el hardware que proporciona su diseño de tal manera que cualquier persona pueda entender su funcionamiento, modificar su estructura o incluso comercializarlo de una manera libre, además los diseños fuente del hardware deberán estar en un formato apropiado para poder realizar modificaciones sobre el original. Normalmente el hardware libre debe estar formado de materiales y componentes de fácil adquisición en el mercado, programas de código abierto, información detallada del hardware, procesos

normados y herramientas de fuentes libres con el fin de facilitar el uso del hardware, la figura 2.13 muestra una placa que cumple con los requerimientos del hardware libre.[16]



**Figura 2.13:** Ejemplo de Hardware libre.

**Fuente:** <http://www.arduino.cc/>.

### 2.2.18 Requerimientos del Hardware Libre

A continuación se detallan los componentes requeridos para que un hardware sea considerado libre:

- **Documentación**

El hardware libre debe incluir la documentación mediante ficheros que contengan la información del diseño, permitiendo así modificar y redistribuir el hardware de acuerdo a los intereses del desarrollador. Cuando no es posible proporcionar la información de una manera física se deberá especificar la manera de adquirir la documentación, esta puede ser comercializada pero el valor de adquisición deberá ser sensato, de preferencia se recomienda que la descarga se pueda realizar en forma online y gratuita. Uno de los aspectos importantes es que los archivos del diseño del hardware presenten formatos que permitan su modificación un ejemplo de archivos no válidos son la captura de imágenes que limitan la modificación o mejoramiento del diseño, además existen archivos que de forma intencional buscan ocultar partes del diseño.

- **Alcance**

La documentación proporcionada sobre el hardware debe ser clara y específica, presentando todas las partes que forman el diseño para evitar que el hardware tenga conflictos de licencia y pueda ser usada por cualquier persona.

- **Sistema Informático**

Cuando el diseño del hardware libre requiere de un sistema informático para su uso, la licencia requiere que se cumplan con ciertos requerimientos que se mencionan a continuación:

a) Las interfaces de entrada y salida del Hardware contarán con la documentación suficiente, para así tener la posibilidad de que algún desarrollador cree un sistema informático de código abierto, que permita operar y configurar al dispositivo para distintas aplicaciones.

b) El software informático y sus paquetes de herramientas posean una licencia de código abierto certificada por la OSI.

- **Derivaciones del hardware libre original**

La licencia proporcionada por el diseñador permitirá modificar el diseño original, además la distribución del nuevo diseño se establecerá bajo los mismos parámetros que la licencia original, esta licencia incluye libre construcción, distribución y uso de los diseños creados a partir del proyecto original.

- **Libre redistribución**

La licencia del hardware libre no puede prohibir la venta o repartición de la documentación del diseño. La licencia menciona que no se podrá hacer reclamos de pago por derechos de autoría sobre la venta de los diseños ya sea el proyecto original o derivados del mismo.

- **Autoría**

Es opcional que los documentos sobre los derechos de copyright de los dispositivos cuenten con los datos de autoría sin embargo los dispositivos derivados pueden contar con la autoría de quien los modifico.

- **Distribución de la licencia**

Los derechos de licencia se aplican a todas las personas ya sea en el producto original o una derivación sin la necesidad de ejecutar una licencia adicional. [16]

### **2.2.19 Licencias de hardware libre**

Existen dos clases de licencias de código libre, Las licencias Copyleft que usan los mismos términos de licencia en los derivados del diseño original y las licencias permisivas que permiten cambiar el diseño del hardware siempre y cuando este no se distribuya, el hardware libre busca facilitar la modificación y el uso de diseño en otras aplicaciones por lo que evita las licencias comerciales. [16]

Los principales tipos de licencias se muestran a continuación:

#### **Licencias Copyleft:**

- BY-SA
- GNU
- Licencias exclusivas de hardware:
  - ✓ TAPR OHL,
  - ✓ CERN OHL.

#### **Licencias permisivas:**

- FreeBSD
- MIT
- Creative Commons Attribution.

### **2.3 Propuesta de Solución**

El sistema embebido de movilización y posicionamiento permitirá optimizar el desplazamiento de personas con discapacidad visual mediante el uso de hardware libre.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Modalidad de la Investigación**

##### **3.1.1 Modalidad**

Se utilizó la modalidad bibliográfica ya que se obtuvo la información de fuentes secundarias como libros, revistas, periódicos, tesis, para ampliar los conocimientos, profundizar, actualizar y contrastar diferentes teorías o criterios de distintos autores.

La metodología de campo permitió al investigador obtener información real del lugar de los hechos, la presente investigación fue enfocada a personas con discapacidad visual que requieran desplazarse.

Se aplicó la modalidad experimental ya que el enfoque estuvo orientado a dar soluciones a problemas específicos que responden a necesidades o intereses de tipo técnico o tecnológico.

##### **3.1.2 Nivel de Conocimiento**

La presente investigación llegó al siguiente nivel de profundidad de conocimientos de la investigación:

- La investigación fue de tipo exploratorio ya que permitió al investigador examinar el entorno donde se desarrolla el problema, para encontrar la raíz del mismo y conocer los parámetros que se deben tomar en cuenta en el desarrollo de la investigación.
- El nivel descriptivo ayudo a analizar el problema una vez identificado en cada una de sus partes, para tener un mayor conocimiento y acercamiento al mismo, lo que permitió tener una mejor comprensión del objeto de estudio.

### **3.2 Población y Muestra**

Para el desarrollo del proyecto la población a la cual se dirigió la investigación fue “La Asociación de No Videntes y Baja Visión de Cotopaxi” la misma que consta de 19 socios.

Por tanto, como la población no es mayor a 100 personas, la población pasa a ser la muestra.

### **3.3 Recolección de Información**

Para la recolección de la información se utilizó estados de opinión proporcionados por las personas con discapacidad visual sobre las diferentes necesidades que tienen al momento de realizar desplazamientos de un lugar a otro, además se recopiló información mediante la revisión de textos que resultaron de gran utilidad a la hora de implementar el dispositivo, que contienen diferentes métodos electrónicos para realizar movilización guiada, para el diseño se realizó una verificación física del desplazamiento de las personas con discapacidad visual, además se consultó al personal operacional del dispositivo de las necesidades que tienen en el campo de los servicios de movilización y posicionamiento.

### **3.4 Procesamiento y Análisis de la Información**

Para la presente investigación se realizó el siguiente procesamiento y análisis de la información, detallado de la siguiente manera:

- 1.- Recolección de estados de opinión a personas no videntes, con el fin de conocer características o hechos específicos sobre su movilización y desplazamiento actual.
- 2.- Estudio de fuentes bibliográficas, como libros, textos, módulos, periódicos, revistas, internet, así como de documentos válidos y confiables a manera de información primaria.
- 3.- Revisión y validación de los instrumentos de recolección de la información.
- 4.- Aplicación de simulaciones del funcionamiento del dispositivo.
- 5.- Revisión y mejoramiento de la información de acuerdo a los resultados de la simulación del dispositivo.
- 6.- Análisis e Interpretación de los Resultados.

### **3.5 Desarrollo del Proyecto**

El presente proyecto fue desarrollado de una manera estructurada que permitió avanzar con el diseño del dispositivo electrónico para personas con discapacidad visual de la mejor manera posible.

Los aspectos básicos al momento del desarrollo del proyecto se detallan a continuación:

1. Recolección de información sobre la movilización y desplazamientos que utilizan las personas no videntes.
2. Identificación de los diferentes obstáculos que aparecen durante desplazamientos físicos en lugares abiertos y cerrados.
3. Análisis de los principales requerimientos para mejorar el desplazamiento de no videntes.
4. Selección de los componentes electrónicos que cumplan con las necesidades de movilización de las personas no videntes.
5. Evaluación sobre las características de los componentes electrónicos que formarán parte del prototipo de movilización y posicionamiento.
6. Diseño de las diferentes interfaces que conforman el dispositivo electrónico de movilización.

7. Programación de sensores, controladores y dispositivos afines al sistema de movilización.
8. Construcción de las diferentes partes del sistema acorde a los diseños ya desarrollados.
9. Pruebas de funcionamiento del dispositivo electrónico por personas no videntes.
10. Análisis de Resultados.

## **CAPÍTULO IV**

### **DESARROLLO DE LA PROPUESTA**

#### **4.1. Datos Informativos**

##### **4.1.1. Tema de la Propuesta**

“Sistema Embebido de Movilización y Posicionamiento para personas no videntes mediante Hardware libre”

##### **4.1.2. Institución Ejecutora**

- **Institución:** Asociación de No Videntes y Baja Visión de Cotopaxi “ANOVIC”
- **Tipo de Organización:** Pública

##### **4.1.3. Beneficiarios**

- La Asociación de No Videntes y Baja Visión de Cotopaxi “ANOVIC”
- Personas no videntes

##### **4.1.4. Ubicación**

- **Provincia:** Cotopaxi
- **Cantón:** Latacunga
- **Dirección:** Barrio la Laguna – Calle Chimborazo - Vía a Santán
- **Teléfono:** 095720592

## **4.2. Objetivos**

### **4.2.1. General**

- Implementar un Sistema Embebido de Movilización y Posicionamiento para personas no videntes mediante hardware libre.

### **4.2.2. Específicos**

- Analizar el nivel de precisión en la movilidad de personas no videntes.
- Identificar los mecanismos electrónicos que posibiliten la optimización de desplazamientos.
- Diseñar un prototipo electrónico para personas no videntes utilizando hardware libre.

## **4.3. Análisis de Factibilidad**

El estudio de factibilidad permitió obtener un análisis general de la investigación, para la recolección de la información más relevante, luego se procedió al estudio, desarrollo e investigación del proyecto.

Se profundiza este estudio mediante varios análisis, los cuales fundamentaron la implementación del prototipo electrónico, mostrados a continuación:

- Análisis Institucional
- Análisis Técnico
- Análisis Operativo
- Análisis Económico

### **4.3.1. Factibilidad Institucional**

La construcción de un sistema electrónico de movilización y posicionamiento es de gran utilidad para la Asociación de No Videntes y Baja Visión de Cotopaxi “ANOVIC” desde el punto de vista humano, tecnológico, social y educativo ya que permite a este grupo reducido de la población adaptarse a esta nueva era de la información, ya que en

la última década el desarrollo tecnológico ha tenido fuertes aceleramientos, reduciendo muchas limitaciones que presentaba el ser humano.

#### **4.3.2. Factibilidad Técnica**

Técnicamente es factible la implementación de este proyecto de investigación, ya que se cuenta con las herramientas tecnológicas existentes en el mercado para el desarrollo de un sistema de movilización y posicionamiento orientado a personas no videntes, además se posee los conocimientos requeridos para diseñar, implementar y mantenimiento del prototipo electrónico.

#### **4.3.3. Factibilidad Operativa**

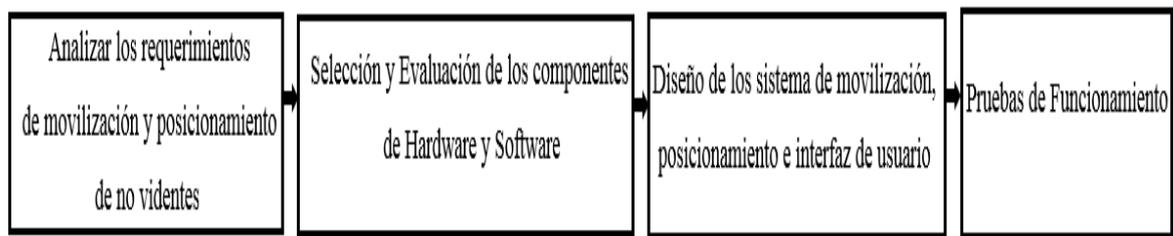
Desde el punto de vista operativo, el impacto de este dispositivo electrónico aplicado a las personas no videntes fue positivo porque el sistema se enfoca a resolver problemas de movilización y posicionamiento de la manera más cómoda y accesible para el usuario, por lo que este no presenta inconvenientes al momento de utilizarlo.

#### **4.3.4. Factibilidad Económica**

El proyecto de investigación es factible económicamente ya que el costo total de construcción del dispositivo es accesible, el investigador cubre con el valor total de los gastos de implementación de hardware y software, que incluyen mano de obra y componentes electrónicos.

#### **4.4. Etapas para el desarrollo de la propuesta**

La figura 4.1 indica el desarrollo sistemático que permitió la implementación del dispositivo, en estas secciones se mostrará de una manera detallada los procesos que ayudaron a la obtención del dispositivo.



**Figura 4.1:** Etapas de construcción del prototipo.

**Fuente:** El Investigador.

Las etapas para el desarrollo del sistema se detallan a continuación:

- **Analizar los requerimientos de movilización y posicionamiento de no videntes.**
  - Información sobre la movilización y posicionamiento de no videntes
  - Identificación de requerimientos para la movilidad de no videntes.
  
- **Selección y Evaluación de los componentes de Hardware y Software necesarios para la aplicación de la propuesta**
  - Selección y Evaluación de componentes
  - Características de los componentes seleccionados.
  - Establecimiento y análisis de Softwares requeridos.
  
- **Diseño de los sistema de movilización, posicionamiento e interfaz de usuario**
  - Diseño del sistema de Movilización.
  - Diseño del sistema de Posicionamiento.
  - Diseño y Construcción final del prototipo electrónico.
  - Diseño de la interfaz gráfica de usuario.
  
- **Pruebas de Funcionamiento**
  - Pruebas del funcionamiento del prototipo electrónico para no videntes.
  - Pruebas de monitoreo de la interfaz gráfica de usuario.

#### **4.5. Análisis de movilización y posicionamiento de no videntes**

Para la orientación de personas no videntes se requieren varios procesos cognitivos como la percepción, la memoria y la atención que permiten conocer su posición actual e ir actualizando según el desplazamiento realizado, por medio de la utilización de información sensorial mediante el desarrollo de los demás sentidos como el auditivo y táctil. [7]

##### **4.5.1 Información sobre la movilización y posicionamiento de no videntes**

Mediante la observación, revisión de textos y estados de opinión proporcionados por personas no videntes el investigador presenta la siguiente información sobre su condición actual al desplazarse en diferentes entornos:

Las personas no videntes o con baja visión por lo general presentan problemas para desplazarse en entornos desconocidos, usar el transporte público o caminar por calles llenas de personas, porque la infraestructura existente en nuestra sociedad no está diseñada para albergar personas con deficiencia visual. La poca concientización por parte de los videntes genera inconvenientes, ya que en muchas ocasiones suelen dejar obstáculos en lugares de tránsito como bolsas de basura sobre las aceras, automóviles mal estacionados, déficit de señalizaciones en cruces de calles y demás obstáculos que para los videntes resultan poco relevantes pero para las personas con deficiencia visual representa grandes retos.

Por estas razones en gran parte de los casos las personas no videntes requieren de una persona que los guíe en entornos desconocidos, además se ven obligados a recordar la ubicación de todos los objetos existentes en su hogar, los obstáculos de mayor tamaño como muebles deben permanecer en lugares determinados sin ser cambiados de posición con el fin de prevenir lesiones, por lo que cada miembro del hogar tiene la obligación de no realizar cambios al entorno del hogar y mantener los lugares de tránsito como pasillos y escaleras libres.

#### **4.5.2 Identificación de requerimientos para la movilidad de no videntes.**

Los principales requerimientos de las personas no videntes al realizar desplazamientos son:

- ✓ Problemas con lugares desconocidos, calles, caminos, escalones, rampas y lugares cerrados.
- ✓ Carencia de puntos de referencia para establecer representaciones espaciales.
- ✓ Orientación Espacial sin desplazamiento.
- ✓ Necesidad de caminar con un guía vidente.
- ✓ Establecer la posición de los objetos.
- ✓ Poseer información sobre su ubicación, posición, dirección y distancia de los objetos que lo rodean.
- ✓ Relacionar objetos con el medio ambiente
- ✓ Localizar cosas y lugares.
- ✓ Aumentar la confianza en sí mismo.
- ✓ Saber dónde se encuentra un determinado lugar
- ✓ Las ciudades y medios de transporte no son accesibles para discapacitados visuales.

#### **4.6 Selección y Evaluación de los componentes de Hardware y Software**

Antes de explicar la construcción del sistema, se realizó el estudio y selección de los diferentes componentes. A continuación se detalla los parámetros y métodos para escoger cada uno de los componentes del sistema, basados en las características específicas que deben poseer estos materiales.

##### **4.6.1 Selección y Evaluación de componentes**

- **Selección de sensores**

Como muestra la tabla 4.1 para la construcción de este sistema embebido se realizó un análisis de los sensores de proximidad, comparando sus características.

**Tabla 4.1:** Características de los sensores de proximidad.

<b>Sensores de Proximidad</b>	<b>Características</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>	<b>Aplicación</b>
<b>Inductivo</b>	Posee bobina electromagnética	Detecta objetos metálicos	Interferencia por campos electromagnéticos intensos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Detección de piezas metálicas</li> <li>• Control de válvulas</li> </ul>
<b>Capacitivo</b>	Producen campos electroestáticos	Detecta objetos metálicos y no metálicos	Alcance de detección corto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Detección de nivel</li> <li>• Presencia de fluidos</li> </ul>
<b>Réflex</b>	Envía un haz de luz	Detección de colores y objetos diminutos	Alto tiempo de respuesta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Detección de materiales no deseados</li> </ul>
<b>Ultrasónico</b>	Emiten pulsos de ultrasónicos	Amplio rango de dirección	En ciertas superficies posee un mínimo rango de error	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Detección de objetos en movimiento</li> </ul>
<b>Óptico</b>	Utiliza la luz y la estructura que componen los objetos	Puede ser utilizado en rede con varios sensores a la vez	Se ve afectado por medios ambientales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La industria</li> </ul>

**Fuente:** El Investigador. [17]

Para establecer el sensor ultrasónico más idóneo al sistema desarrollado se realizó la evaluación de distintos sensores mostrados en la tabla 4.2.

**Tabla 4.2:** Selección de sensores ultrasónicos

<b>Sensor Ultrasónico</b>	<b>Tensión, Corriente</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Rango</b>	<b>Resolución</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Angulo de cobertura</b>
<b>HRLV-MaxSonar-EZ1</b>	5 V, 3mA	19.9*21.1*15 mm	0.3 a 5 m	0.01 m	42Hz	<15°
<b>DEVANTE CH SRF02</b>	5 V, 4mA	24*20*17 mm	0.16 a 6 m	0.03 m	40Hz	<15°
<b>HC-SR04</b>	5 V, 15mA	45*20*15 mm	0.03 a 4 m	0.03 m	40Hz	<15°
<b>HC-SR05</b>	5 V, 30mA	45*20*15 mm	0.02 a 4.5 m	0.03 m	40Hz	<15°
<b>SRF08</b>	5 V, 15mA	43*20*17 mm	0.03 a 6 m	0.03 m	40Hz	<15°

**Fuente:** El Investigador. [18], [19], [20]

### ➤ Sensor Seleccionado

Se ha seleccionado el sensor ultrasónico HC-SR04 ya que posee las siguientes características:

- ✓ Reconocen y detectan varios materiales.
- ✓ Diferentes ambientes y condiciones de operación.
- ✓ Posee adaptabilidad y fiabilidad.
- ✓ Recibe lecturas a altas velocidades.
- ✓ Bajo costo.
- ✓ Utilización sencilla.
- ✓ Aplicaciones en robótica móvil.

### • Selección del receptor GPS

Como se muestra en la figura 4.2 se realizó la comparación de los GPS SUP500F, EM406a, Copérnico, LS23060, DS2523T y MN5010 exponiendo sus principales características y modos de funcionamiento, para así establecer sus ventajas y desventajas.



**Figura 4.2:** Receptores GPS

**Fuente:** <https://www.sparkfun.com/>. [18]

Las principales características que poseen los receptores GPS se indican en la tabla 4.3, realizando un análisis comparativo para la elección final del receptor GPS que mejor se adapte al sistema.

**Tabla 4.3:** Características de los módulos GPS.

Receptor GPS	Alimentación	Dimensión	Número de canales	Sensibilidad	Exactitud	Arranque
Copérnico	2.7 - 3.3V 44 mA	19x19x2.54 mm	12	-144 dBm	5 m	38s
SUP500F	3.0 - 5.5V 33 mA	22x22 mm	65	-161 dBm	2.5 m	29s
MN5010 (uMini)	3.30 - 5.5V 36 mA	10x10x1.9 mm	20	-159 dBm	2.5 m	35s
LS23060	3.3V 41 mA	30x30x5mm	66	Alta	3 m	32s
DS2523T	3.3V 43 mA	25 x 23 mm	50	-160 dBm	2.5 m	29s
EM-406A SiRF III	4.5 - 6.5V 70 mA	30x30x10.5 mm	20	-159 dBm	5 m	42s

Fuente: El Investigador. [18]

#### ➤ Receptor GPS seleccionado

Después de realizar el análisis de factibilidad y funcionamiento, además de ser comparado con otros receptores GPS el que más se adapta al sistema es el módulo EM-406A SiRF III, ya que cuenta con las siguientes características:

- ✓ Estable y confiable
- ✓ Indicador encendido
- ✓ Excelentes datos proporcionados
- ✓ PCB está completamente protegido
- ✓ Bajo costo
- ✓ Posee documentación para su uso
- ✓ Rápido arranque en frío
- ✓ Adaptable
- ✓ Gran variedad de accesorios

- **Selección de los módulos Inalámbricos**

A continuación se detallan las tecnologías inalámbricas más utilizadas, la tabla 4.4 muestra la selección de la tecnología con la que cuenta el sistema desarrollado.

**Tabla 4.4:** Comparación de Tecnologías Inalámbricas.

Tecnología	Topología	Velocidad	Tipo de red	Aplicación	Alcance	Costo
RFID	P2P	400 Kbs	PAN	Trazabilidad	<0.10 m	Bajo
NFC	P2P	400 Kbs	PAN	Trazabilidad	<3 m	Bajo
Bluetooth	P2P	700 Kbs	PAN	sustitución de cable	<30 m	Bajo
WI-FI	Arbol	11-100 Mbs	LAN	Internet	4-20 m	Medio
ZigBee	Mesh, estrella, árbol	250 Kbs	LAN	Sensores	10-300 m	Medio
WIMAX	Mesh	11-100 Mbs	WAN	Internet	5000 m	Alto

**Fuente:** El Investigador. [21]

Para la selección de los módulos que utilizan tecnología Zigbee se realizó un cuadro comparativo, en la tabla 4.5 se presentan las características que poseen diferentes dispositivos Xbees.

**Tabla 4.5:** Características de los módulos XBEE.

Dispositivo XBee	Alcance (Millas)	Consumo de energía	Frecuencia	Protocolo	Potencia	Velocidad de TX	Antena
XBee 1mW Antena chip - Serie 1	0,0568	50mA 3.3v	2.4GHz	802.15.4	1mW	250kbps	Chip
XBee 2mW Antena PCB - Serie 2	0,0757	40mA 3.3v	2.4GHz	ZigBee Mesh	2mW	250kbps	PCB
XBee Pro 60mW Antena Wire - Serie 1	1	215mA 3.3v	2.4GHz	802.15.4	60mW	250kbps	Alambre
XBee Pro 900 Antena de alambre	6	210mA 3.3v	900MHz	Multi-Point	50mW	156kbps	Alambre

**Fuente:** [https://www.sparkfun.com/pages/xbee\\_guide/](https://www.sparkfun.com/pages/xbee_guide/). [18]

➤ **Módulo XBEE seleccionado**

Se escogió el módulo XBee Pro 60mW Wire Antenna - Series 1 (802.15.4) dadas las siguientes características:

- ✓ Sencilla adquisición
- ✓ Bajo consumo de potencia.
- ✓ Uso de bandas libres
- ✓ Sencilla instalación
- ✓ Redes flexibles y extensibles.
- ✓ Velocidad de transmisión de datos de hasta 250kbps
- ✓ Antena incorporada
- ✓ Bajo costo

- **Selección de la tarjeta de hardware libre**

Analizando las distintas plataformas de hardware libre existentes se seleccionó las tarjetas Arduino, en la tabla 4.6 se indican las principales características que posee la plataforma seleccionada.

**Tabla 4.6:** Plataformas de hardware libre.

Características	OSWarrior DK	SKYPIC	Arduino	Netduino
<b>Microcontrolador</b>	S08AC60 de Freescale Semiconductor	16f87x y 18fxxx	Atmegaxx8	AT91SAM7X51 2 ATMEL
<b>Voltaje de operación</b>	5V	Entre 5 y 6 voltios	(3.3 a 5)V	Entre 7.5 y 12 voltios
<b>Corriente salida</b>	40 mA	40 mA	(40 a 130) mA	8 mA
<b>Posee E/S Digitales</b>	Si	Si	Si	Si
<b>Posee Entradas Analógicas</b>	Si	Si	Si	Si
<b>Memoria Flash</b>	64 KB	8 KB	(2, 32, 512) KB	128 KB
<b>SRAM</b>	2 KB	0.368 KB	(2, 2.5, 8 ,96) KB	60 KB
<b>Velocidad de reloj</b>	40 MHz	20 MHz	(16 y 84) MHz	48 MHz
<b>Tipo de USB</b>	USBDM	No posee	Mini USB y Estándar	USB Estándar

Fuente: El Investigador. [19], [22], [23], [24]

A continuación se muestra un análisis comparativo de las tarjetas Arduino más representativas utilizadas por desarrolladores, para implementar prototipos o aplicaciones electrónicas, mostradas en la tabla 4.7.

**Tabla 4.7:** Características de las Tarjetas Arduino.

Modelo	Arduino UNO	Arduino Leonardo	Arduino Mega 2560	Arduino DUE
<b>Microcontrolador</b>	ATmega328	ATmega32u4	ATmega2560	AT91SAM3X8E
<b>Voltaje de operación</b>	5V	5V	5V	3.3V
<b>E/S Digitales</b>	14	20	54	54
<b>Entradas Analógicas</b>	6	12	16	12
<b>Corriente salida</b>	40 mA	40 mA	40 Ma	130 mA
<b>Memoria Flash</b>	32 KB	2 KB	256 KB	512 KB
<b>SRAM</b>	2 KB	2.5 KB	8 KB	96 KB
<b>EEPROM</b>	1 KB	1 KB	4 KB	0 Kb
<b>Velocidad de reloj</b>	16 MHz	16 MHz	16 MHz	84 MHz
<b>Tipo de USB</b>	USB Estándar	Mini USB	USB Estándar	Mini USB
<b>Costo (No incluye IVA, ni envío)</b>	\$33.93	\$43.00	\$85.00	\$64.00

Fuente: El Investigador. [19]

### ➤ Tarjeta Arduino seleccionada

Dadas las características que posee la tarjeta Arduino UNO fue considerado por el investigador como la más óptima, ya que resuelve todas las necesidades para el desarrollo de esta investigación, detalladas a continuación:

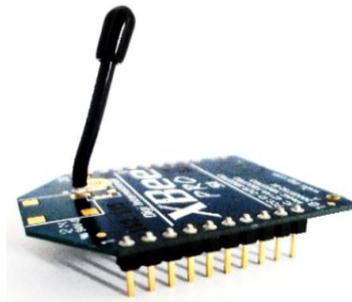
- ✓ Número de Salidas digitales requeridas.
- ✓ Conexión USB.
- ✓ Convertidor USB a serial.
- ✓ Capacidad de almacenamiento requerida.
- ✓ Aceptable velocidad de procesamiento.
- ✓ Bajo costo.

Todos los elementos fueron seleccionados de acuerdo a los principales requerimientos que poseen las personas con discapacidad visual.

#### 4.6.2 Características de los componentes seleccionados.

- **XBee Pro 60mW Wire Antenna - Series 1 (802.15.4)**

El XBee Pro Serie 1 es un módulo XBee de 2.4GHz, la serie Pro posee las misma distribución de pines y configuraciones que la serie básica, la diferencia radica en el aumento de la potencia de salida a 60mW. Como se observa en la figura 4.3 Este módulo incorpora una antena omnidireccional.



**Figura 4.3:** Modulo XBee Pro 60mW Wire Antenna.  
**Fuente:** El Investigador, en base a fotografías realizadas.

Este módulo opera mediante el estándar 802.15.4, el XBee Pro Serie 1 posibilita la comunicación entre microcontroladores, sistemas de funciones específicas, computadores y diferentes equipos que posean un puerto serie de una manera simple y con altos grados de confiabilidad, además permite la conexión entre dispositivos mediante redes punto a punto o redes multipunto.

En la tabla 4.8 describe las principales características de este módulo XBEE y sus parámetros de alimentación. [18]

**Tabla 4.8:** Características del XBEE pro S1.

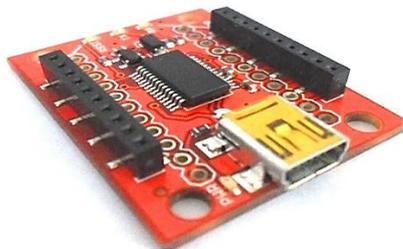
<b>Alimentación(voltaje, corriente )</b>	3.3V , 215mA
<b>Tasa de datos</b>	250 kbps Max
<b>Potencia</b>	60 mW (18 dBm +)
<b>Alcance</b>	1 milla (1.500 metros) Rango
<b>Antena incorporada</b>	Si
<b>Certificado</b>	FCC
<b>pines de entrada ADC de 10 bits</b>	6
<b>pines IO digitales</b>	8
<b>Cifrado</b>	128 bits

**Fuente:** El Investigador. [18]

- **XBee Explorer USB**

XBee Explorer es un sencillo USB que facilita la conexión de los productos Digi XBee al computador. Este dispositivo se acopla a todos módulos XBee, para poder acoplar el XBee Explorer USB al ordenador se requiere contar con un cable mini USB, por medio de esta conexión y el software de configuración pertinente se tendrá acceso a los pines de programación del módulo XBEE que esté conectado a la placa.

Para acondicionar los datos entre el computador y el módulo XBee se realiza una conversión de USB a Serial. Como se observa en la figura 4.4 la placa posee regulador de voltaje, además posee cuatro LEDs indicadores de transmisión, recepción, RSSI y energía. [18]

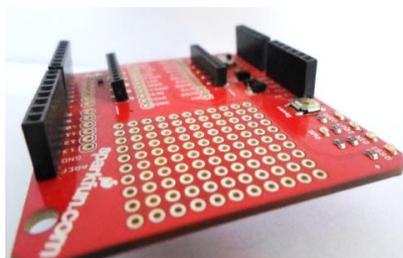


**Figura 4.4:** Placa XBee Explorer USB.

**Fuente:** El Investigador, en base a fotografías realizadas.

- **XBee Shield**

El XBee Shield es una interfaz perfecta para XBee, en la figura 4.5 se indican los diferentes componentes que posee este tipo de placas que facilitan la construcción de redes de XBee. [18]



**Figura 4.5:** XBee Shield.

**Fuente:** El Investigador, en base a fotografías realizadas.

- **Arduino UNO**

Arduino uno es una placa de hardware libre que posee un microcontrolador de modelo Atmega328 cuyo propietario es Atmel, en la figura 4.6 se observa los componentes de

la placa Arduino uno, esta cuenta con 14 pines digitales que pueden ser usados como entradas o salida, posee 6 entradas analógicas, oscilador de 16 MHz, ICSP, conectores de USB y alimentación, Además posee un botón de reset. [19]



**Figura 4.6:** Placa Arduino.

**Fuente:** El Investigador, en base a fotografías realizadas.

Los parámetros de operación y principales características que presta la placa Arduino UNO se indica en la tabla 4.9.

**Tabla 4.9:** Características de la placa Arduino UNO.

<b>Microcontroladores</b>	ATmega328
<b>Tensión de funcionamiento</b>	5V
<b>Voltaje de entrada (recomendado)</b>	7-12V
<b>Voltaje de entrada (límites)</b>	6-20V
<b>Digital pines I / O</b>	14 (6 proporcionan PWM)
<b>Pines de entrada analógica</b>	6
<b>Corriente DC por Pin I / O</b>	40 mA
<b>Corriente DC de 3.3V Pin</b>	50 mA
<b>Memoria Flash</b>	32 KB ( ATmega328 )
<b>SRAM</b>	2 KB ( ATmega328 )
<b>EEPROM</b>	1 KB ( ATmega328 )
<b>Velocidad de reloj</b>	16 MHz

**Fuente:** <http://arduino.cc/>. [19]

- **Sensor Ultrasónico HC-SR04**

El sensor HC-SR04 es el que utiliza señales de ultrasonido para conocer la distancia de un objeto, este sensor posee una detección de objetos de alta precisión, ya que realiza lecturas confiables con un reducido margen de error. En la figura 4.10 Se muestra el diseño de un sensor Ultrasónico HC-SR04.



**Figura 4.7:** Sensor Ultrasónico HC-SR04.  
**Fuente:** Cytron Technologies.

Las características más importantes para el funcionamiento del sensor HC-SR04 se indican en la tabla 4.10.

**Tabla 4.10:** Características del Sensor Ultrasónico HC-SR04.

<b>Fuente de alimentación</b>	5 V DC
<b>Corriente de operación</b>	15 mA
<b>Ángulo Eficaz</b>	<15 °
<b>Rango</b>	2 cm - 400 cm
<b>Resolución</b>	0,3 cm
<b>Angulo de medición</b>	30°
<b>Dimensiones</b>	45mm x 20mm x 15mm

**Fuente:** El Investigador. [20]

- **Receptor GPS - EM-406A SiRF III**

EM-406A es un receptor GPS cuyo propietario es la empresa USGlobalSat, este módulo para captar las señales GPS utiliza un chipset SiRF StarIII que ofrece un muy alto rendimiento, además cuenta con un regulador de tensión, LED indicador de estado y batería para la RAM entre sus principales novedades, en la tabla 4.11 se presentan las principales características de este GPS. [25]

**Tabla 4.11:** Características del Receptor GPS - EM-406A.

<b>Alimentación</b>	4,5 ~ 6.5 V y 44Ma
<b>Canales de operación</b>	20
<b>Frecuencia</b>	1575.42 MHz
<b>Protocolo de datos</b>	NMEA
<b>Sensibilidad</b>	159 dBm
<b>Velocidad de transmisión</b>	4800 bps
<b>Temperatura de funcionamiento</b>	-40 °C a 85 °C
<b>Arranque en frío</b>	42 seg
<b>Dimensiones</b>	30mm * 30mm * 10.5mm ± 0,2 mm

**Fuente:** El Investigador. [25]

Como se muestra en la figura 4.8 el GPS EM-406A tiene un tamaño reducido que resulta de gran utilidad a la hora de realizar aplicaciones. [25]

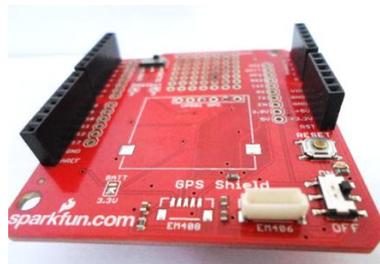


**Figura 4.8:** Receptor GPS - EM-406 A.  
**Fuente:** El Investigador, en base a fotografías realizadas.

- **GPS Shield**

El GPS Shield es una placa que conecta la tarjeta Arduino UNO a un GPS. Este hardware tiene un conector integrado para adaptar el receptor GPS EM-406 a la placa Arduino. Además el GPS shield posee la interfaz apropiada para configurar los pines de transmisor, receptor, PPS entre otros.

Como se muestra en la figura 4.9 la placa consta de un área donde se puede incorporar componentes electrónicos para facilitar el desarrollo de prototipos. [18]



**Figura 4.9:** GPS Shield.  
**Fuente:** El Investigador, en base a fotografías realizadas.

- **Micro Vibrador**

Los micro vibradores poseen el mismo principio de funcionamiento que los motores eléctrico de gran tamaño, la diferencia está en que para su funcionamiento no requieren de fuentes grandes de alimentación. Como se muestra en la figura 4.10 los micro vibradores son utilizados en proyectos de mini robótica y celulares. [26]



**Figura 4.10:** Micro vibrador.

**Fuente:** El Investigador, en base a fotografías realizadas.

Se presentan las principales características que tienen este tipo de micro vibradores y su modo de operación en la Tabla 4.12.

**Tabla 4.12:** Características de un micro vibrador.

<b>Voltaje</b>	3V
<b>Corriente</b>	70mA
<b>Construcción</b>	Imán Permanente
<b>Velocidad</b>	Velocidad (RPM): 13500rpm
<b>Función</b>	Vibración
<b>Diámetro</b>	10 ~ 12 mm
<b>Altura</b>	2.0 ~ 3.4mm

**Fuente:** El Investigador. [26]

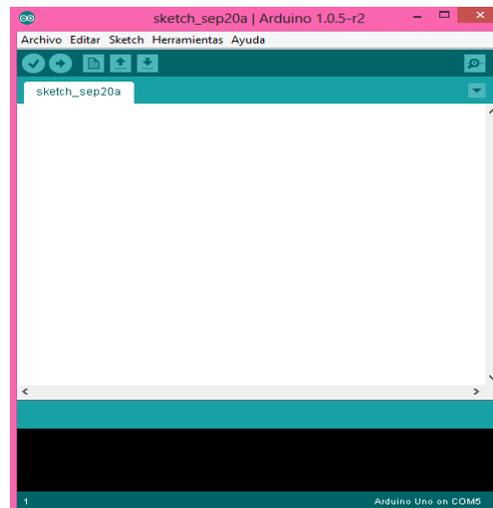
- **Componentes Varios**
  - Tela impermeable
  - Baterías
  - Conectores
  - Pulsadores
  - Cables

#### 4.6.3 Análisis de los Softwares requeridos.

- **Software Arduino**

Este software es de código abierto lo que facilita la lectura y escritura de algoritmos en diferentes modelos de tarjetas, posee versiones para sistemas operativos como Windows, Mac OS X y Linux, el entorno de programación está desarrollado en Java y otro software de código abierto, además contiene un editor de texto, área de mensajes, consola de texto, barra de herramientas y una serie de menús.

El IDE de Arduino contiene varias bibliotecas escritas en C++ que facilitan el desarrollo de programas y optimizan el tamaño de archivos. La figura 4.11 indica el entorno de desarrollo del software Arduino. [27]



**Figura 4.11:** Entorno de programación de las Tarjetas Arduino.

**Fuente:** El Investigador, en base a fotografías realizadas.

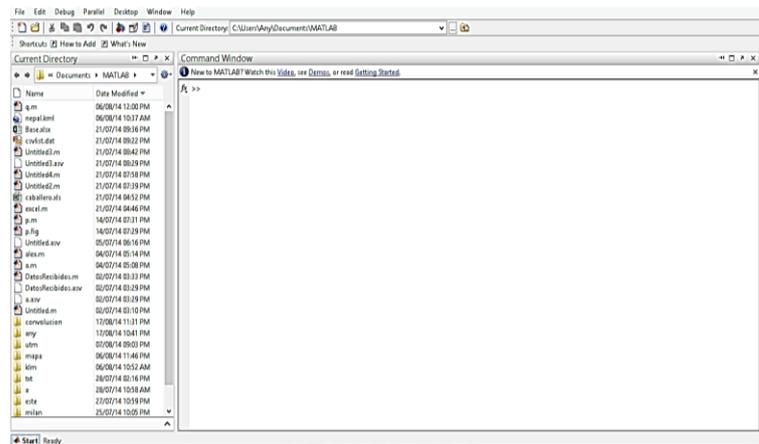
- **Matlab**

Matlab es uno de los lenguajes de computación técnica más potentes y prácticos que existen, ofrece una gama de aplicaciones muy variadas como desarrollo de algoritmos, visualización de gráficos, computación matemática, análisis y procesamiento de datos.

Dentro de sus principales características tenemos:

- ✓ Lenguaje de alto nivel
- ✓ Cálculo Numérico
- ✓ Análisis y Visualización de datos
- ✓ Programación y Desarrollo de algoritmos
- ✓ Desarrollo e implementación de aplicaciones
- ✓ Posee funciones para combinar algoritmos basados en MATLAB con aplicaciones y lenguajes externos como C, Java, .NET y Microsoft Excel [28]

Como se puede apreciar en la figura 4.12 se visualiza el área de trabajo del software Matlab al iniciarlo.



**Figura 4.12:** Pantalla principal de MATLAB.

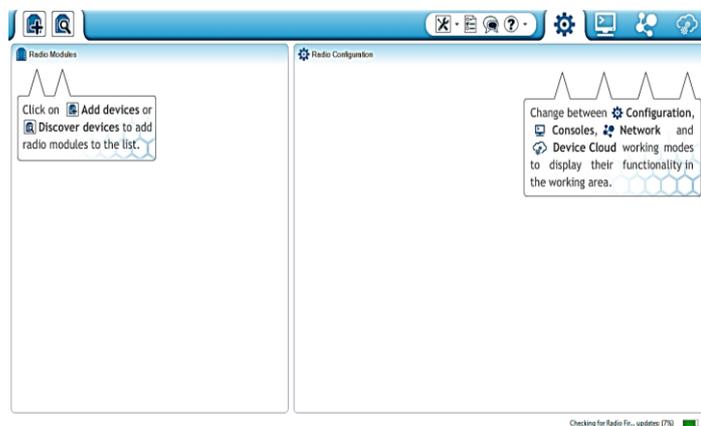
**Fuente:** El Investigador, en base a fotografías realizadas.

- **X-CTU**

X-CTU es un programa de varias plataformas que otorga licencia gratuita, esta aplicación fue creada para configurar módulos Digi RF mediante la interfaz gráfica que presenta este software, además posee herramientas que facilitan la configuración y pruebas de funcionamiento de los módulos de RF XBee® para diagnosticar su estado.

Las herramientas que ofrece XCTU tiene una rápida puesta en marcha permitiendo la fácil configuración de los módulos XBee, además posee varias características como la representación gráfica de una red XBee, la visualización de la potencia en la conexión y permite configurar los parámetros que forman la tramas API XBee, todas estas aplicaciones se combinan para facilitar la programación en dispositivos inalámbricos.

En la figura 4.13 se muestra la interfaz gráfica de X-CTU que presenta un diseño fácil y como para su utilización. [29]



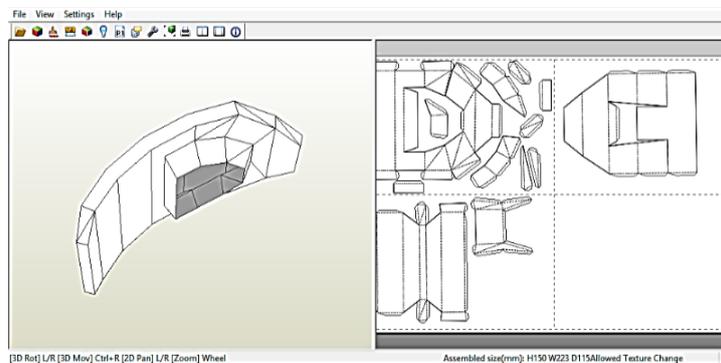
**Figura 4.13:** Plataforma de programación en X-CTU.

**Fuente:** El Investigador, en base a fotografías realizadas.

- **Pepakura Designer**

Pepakura Designer es un software que posibilita la creación de diseños 3D con el fin de ser replicados en diferentes materiales, permitiendo diseñar y recrear varios modelos de objetos.

Este software es gratuito y puede ser usado libremente, no posee dentro sus características creación de modelos 3D, su función es la de traducir diseños realizados en programas como Softimage, 3D Studio y Lightwave a un formato 2D, esta aplicación es capaz de generar un modelo listo para ser impreso, en la figura 4.14 se muestra un ejemplo de la creación y presentación de objetos en 3D. [30]

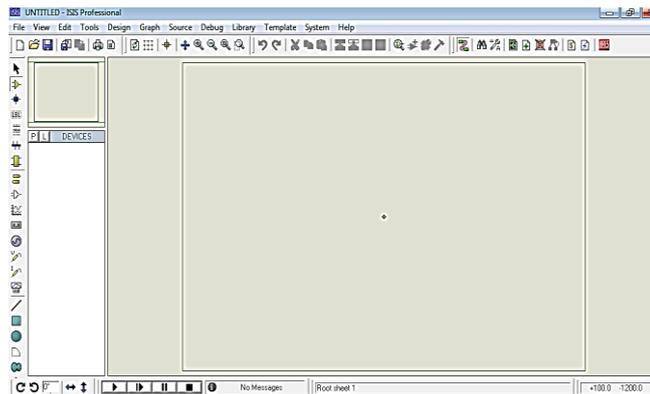


**Figura 4.14:** Diseño de un objeto en Pepakura Designer.  
**Fuente:** El Investigador, en base a fotografías realizadas.

- **Proteus VSM**

Proteus VSM es una aplicación que permite simular el funcionamiento de diseños electrónicos, para comprobar si los esquemas cumplen con las características de funcionalidad requeridas.

Está compuesto de ISIS que permite el diseño electrónico de los esquemas y ARES que ayuda a convertir las simulaciones a circuitos impresos, poseen una extensa gama de librerías con los modelos de componentes electrónicos tanto para la simulación como para realizar el circuito impreso, también presenta la opción de crear nuevos elementos de acuerdo a las necesidades de los usuarios o solicitar al fabricante el desarrollo de nuevas librerías, en la figura 4.15 se muestra el entorno de ISIS. [31]



**Figura 4.15:** Pantalla principal de ISIS Proteus.  
**Fuente:** El Investigador, en base a fotografías realizadas.

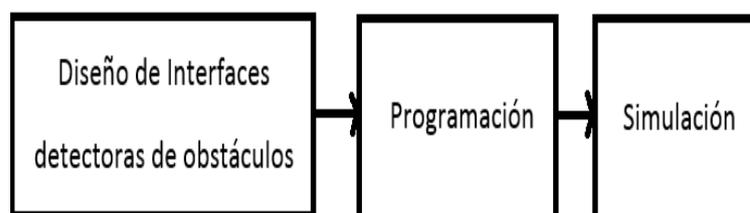
## 4.7 Diseño de los sistemas de movilización, posicionamiento e interfaz de usuario

En esta sección se muestra de una manera detallada el diseño y la implementación del Sistema Embebido de movilización y posicionamiento para personas no videntes mediante hardware libre.

Este sistema embebido contiene dos subsistemas, el primero está encargado de la movilización de personas no videntes por lo cual cuenta con sensores que detectan la aparición de posibles obstáculos y el segundo muestra en una interfaz gráfica una serie de datos obtenidos mediante el uso de un receptor GPS, logrando así visualizar la posición del usuario que utilice este dispositivo electrónico y además la interfaz gráfica es capaz de crear un archivo KML con las coordenadas de posición para observar la trayectoria recorrida.

### 4.7.1 Diseño del sistema de Movilización

En la figura 4.16 se indica el proceso para el diseño del sistema de movilización mostrado a continuación:



**Figura 4.16:** Diseño del sistema de movilización.  
**Fuente:** El Investigador.

- **Detección de obstáculos**

Para realizar las mediciones sobre la distancias de aproximación de los objetos cercanos al dispositivo se utilizó el sensor ultrasónico HC-SR04, como se indica en la figura 4.17 este dispositivo electrónico presenta características que se adaptan fácilmente a personas con discapacidad visual.

El sistema de detección trabaja mediante el uso de ultrasonidos, además detecta objetos con un rango de 2 centímetro a 4 metros y ángulo de detección elevado debido a la distribución de sensores en el dispositivo, para dar señales de aviso de la presencia de obstáculos incorpora dentro de su diseño micro vibradores, estos permiten alertar a la persona no vidente de la aparición de objetos sin generar malestar en el usuario, ya que los micro vibradores a más de dar una respuesta inmediata de la aparición de obstáculos no generan ruido que suele causar desconcierto en el no vidente.

Para controlar todos estos requerimientos el sistema incorpora una placa Arduino UNO, que es la encargada de adquirir la información de los sensores ultrasónicos y mediante su interfaz de programación dar aviso de la aparición de obstáculos, esto se logró estableciendo un rango de detección que fue escogido mediante el análisis previo a la implementación.



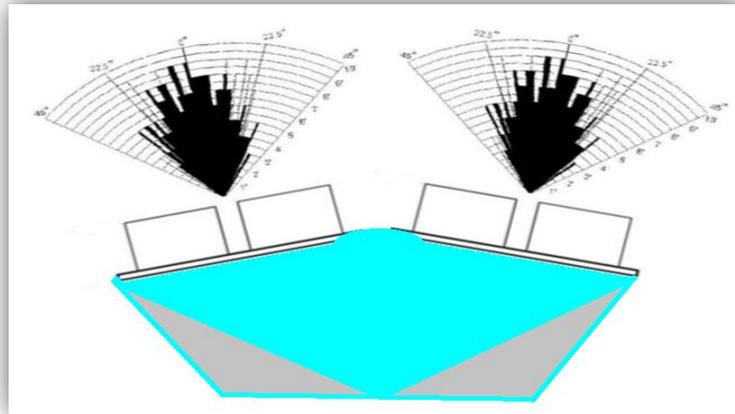
**Figura 4.17:** Dispositivo detector de Obstáculos.  
**Fuente:** El Investigador.

- **Diseño de las interfaces detectoras de obstáculos**

Para el diseño de las diferentes interfaces se toman en cuenta parámetros como el ángulo de detección, como se muestra en la figura 4.18 el área de cobertura del prototipo electrónico es de aproximadamente 120°, y cuenta con un rango de detección máximo de 4 metros, sin embargo para orientar en la movilidad a

una persona no vidente y prevenirla de la aproximación de objetos se ha establecido un rango de alerta vibrante de 48 cm, el cual proporciona una distancia óptima para que el usuario del dispositivo pueda prevenir la colisión con objetos y modifique su trayectoria.

Para la alimentación del dispositivo se utiliza una batería alcalina de 9v que proporciona la energía necesaria para el correcto desempeño del sistema implementado.



**Figura 4.18:** Alcance de detección del dispositivo.

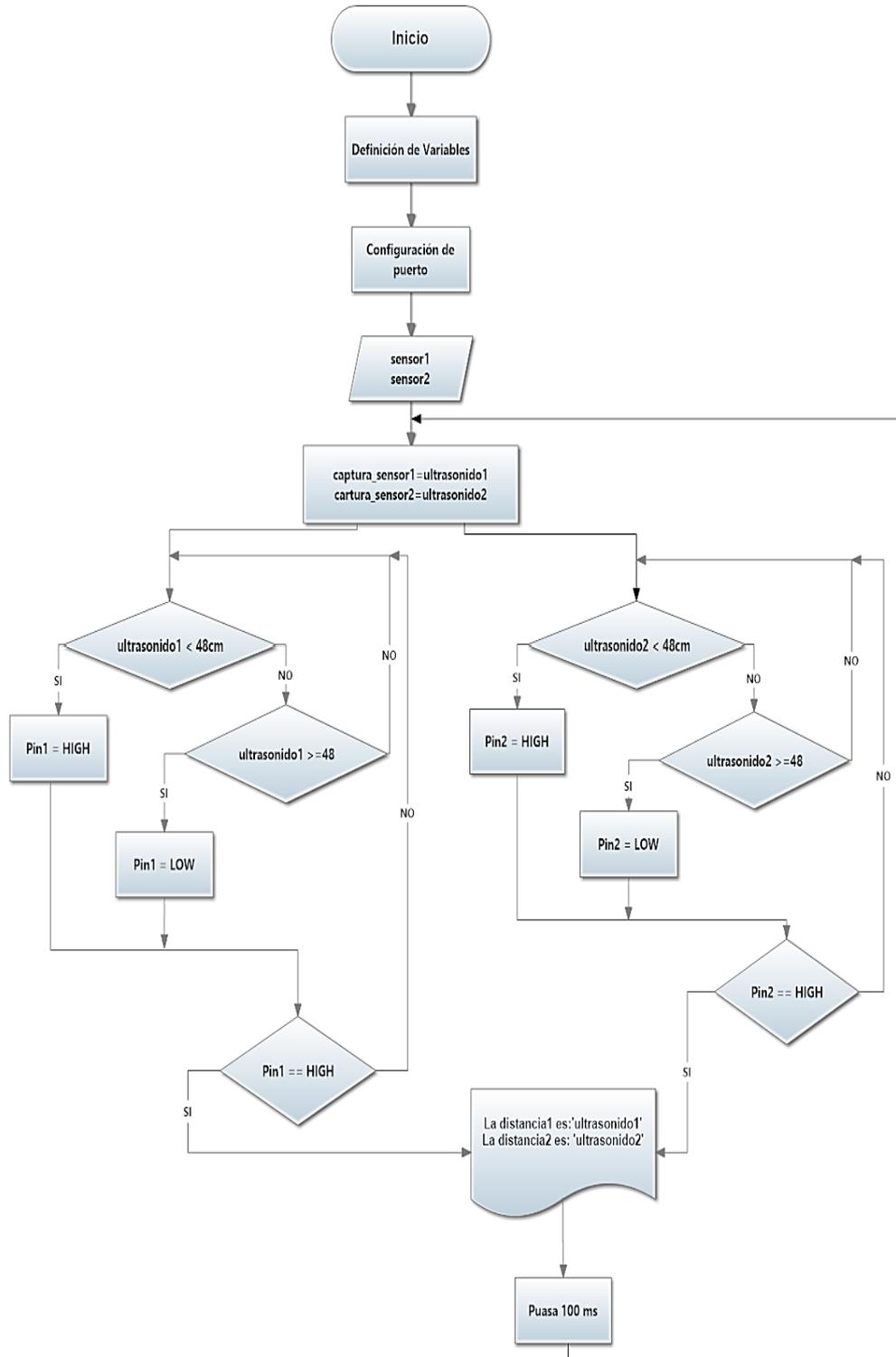
**Fuente:** El Investigador.

#### ➤ Características

- Alimentación: 5 V, 15 mA.
- Rango de detección: 2 cm a 4 metros.
- Rango de alerta: 2 cm a 48 cm.
- Interfaz: sensores, micro vibradores, tarjeta Arduino UNO, alimentación.
- Comunicación: Pulso in, Pulso out.
- Frecuencia de Operación: 40 kHz.
- Modelo: Adaptable a diferentes usuarios.
- Peso: Ligero y de fácil trasportación.

- **Programación**

En la figura 4.19 se observa el diagrama de flujo para la detección y alerta de obstáculos.



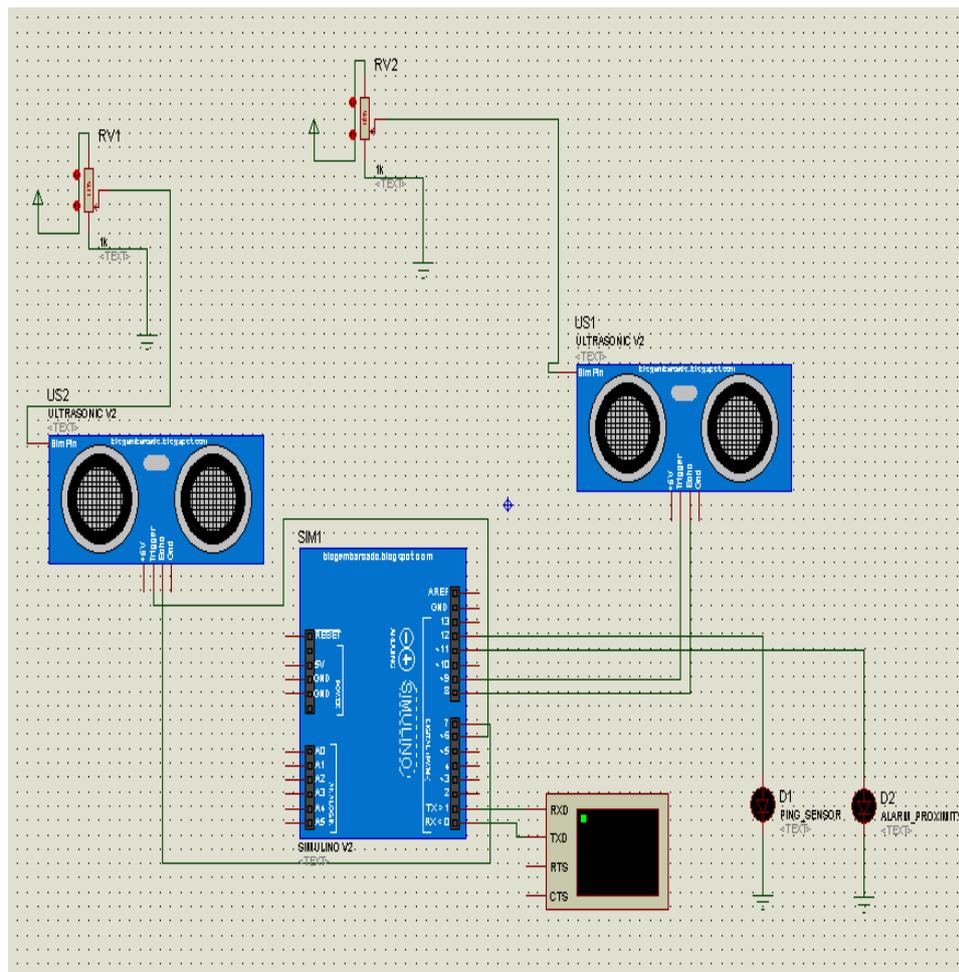
**Figura 4.19:** Programación del dispositivo.

**Fuente:** El Investigador.

- **Simulación**

Antes de la implementación del dispositivo se ha realizado pruebas sobre su funcionamiento, gracias al simulador de circuitos ISIS se comprobó que el sistema detector de obstáculos cumple con las características, ya que se simuló el funcionamiento de los sensores de proximidad y se comprobó la activación de las alarmas vibrantes al cumplir las condiciones de activación.

En la figura 4.20 se muestra la simulación del circuito, mediante el uso de librerías se logró adquirir en encapsulados que emulan el funcionamiento de las tarjetas arduino UNO y los sensores ultrasónicos HC-SR04, para lograr la detección de los sensores ultrasónicos de la simulación se hace uso de resistores variables que hacen las veces de objetos.

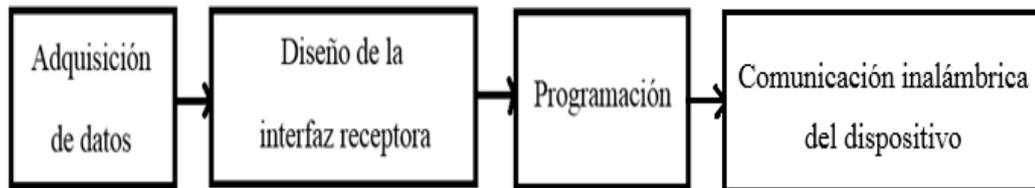


**Figura 4.20:** Simulación en ISIS.

**Fuente:** El Investigador.

## 4.7.2 Diseño del Sistema de Posicionamiento.

En la figura 4.21 se indica el proceso para el diseño del sistema de posicionamiento mostrado a continuación:

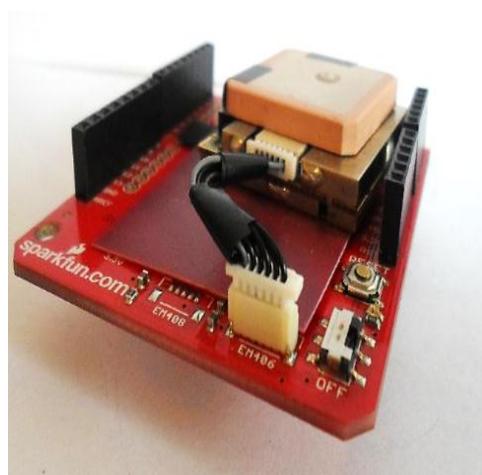


**Figura 4.21:** Diseño del sistema de posicionamiento.  
**Fuente:** El Investigador.

- **Adquisición de datos con el Receptor GPS**

Para la adquisición de datos se utilizó el sensor GPS EM-406A, este dispositivo entrega una trama de datos NMEA, este estándar de información proporcionada por receptores GPS fue creado por la Asociación Nacional de Electrónica Marina, por medio de esta trama de información se obtuvieron datos de longitud, latitud, velocidad, altura, hora y fecha.

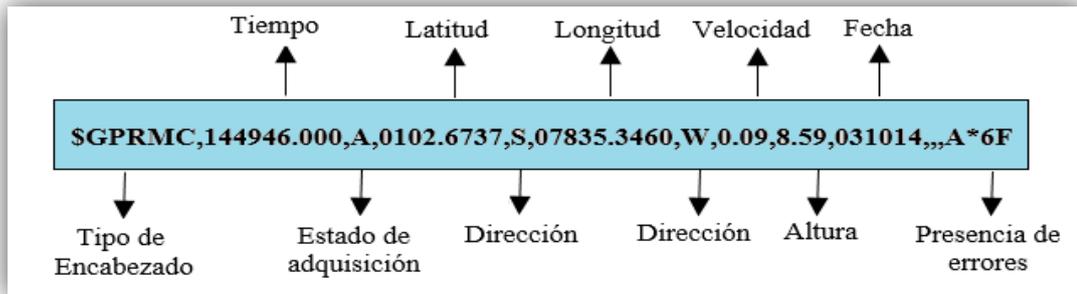
En la figura 4.22 se muestra el montaje del GPS a la placa que permitirá la conexión a la tarjeta Arduino UNO, la cual será la encargada de la decodificación de la trama. Mediante el software de arduino se programara las funciones del dispositivo de posicionamiento, las cuales consisten en recibir los datos proporcionados por el GPS, tratarlos para posteriormente mediante una comunicación XBEE recibirlos en un computador.



**Figura 4.22:** Montaje del sensor GPS.  
**Fuente:** El Investigador, en base a fotografías realizadas.

- **Diseño de las interfaz receptora de datos NMEA**

Para el diseño de la interfaz receptora se tomaron en consideración aspectos como la trama de datos obtenida mediante el GPS EM-406A, la figura 4.23 indica la trama NMEA detallada a continuación:



**Figura 4.23:** Protocolo NMEA.  
Fuente: El Investigador.

Estos datos proporcionados se analizan de la siguiente manera, primero se observa el tipo de encabezado de la trama en este caso es \$ GPRMC, este método entrega los datos en forma secuencial separados entre sí por una coma.

- El segundo valor proporciona el tiempo en UTC que presenta el siguiente formato HHMMSS.XXX, donde HH son las horas, MM minutos, SS segundos, y XXX milisegundos, por lo que nuestra trama se representa de la siguiente manera 14:49:46.000.

```
$GPRMC,144946.000,A,0102.6737,S,07835.3460,W,0.09,8.59,031014,,,A*6F
```

- El tercer valor es el estado de adquisición de datos provenientes del satélite, el GPS al adquirir la información de una manera apropiada entrega en la trama un valor A y al producirse errores de envío se entrega a la trama un valor V que indica que los datos adquiridos son erróneos.

```
$GPRMC,144946.000,A,0102.6737,S,07835.3460,W,0.09,8.59,031014,,,A*6F
```

- El cuarto valor es la latitud, y esta expresada en el siguiente formato HHMM.M donde HH son las horas y MM.M minutos, representada la latitud de nuestra trama queda de la siguiente manera 01 ° 02.6737'S.

```
$GPRMC,144946.000,A,0102.6737,S,07835.3460,W,0.09,8.59,031014,,A*6F
```

- El quinto indica si la dirección es norte (N) o sur (S).

```
$GPRMC,144946.000,A,0102.6737,S,07835.3460,W,0.09,8.59,031014,,A*6F
```

- El sexto valor muestra la longitud, y esta expresada en el siguiente formato HHHMM.M, donde HHH son las horas y MM.M minutos, representada la longitud de nuestra trama queda de la siguiente manera 078° 35.3460'W.

```
$GPRMC,144946.000,A,0102.6737,S,07835.3460,W,0.09,8.59,031014,,A*6F
```

- El séptimo valor indica si la dirección indica él es este (E) o el oeste (W).

```
$GPRMC,144946.000,A,0102.6737,S,07835.3460,W,0.09,8.59,031014,,A*6F
```

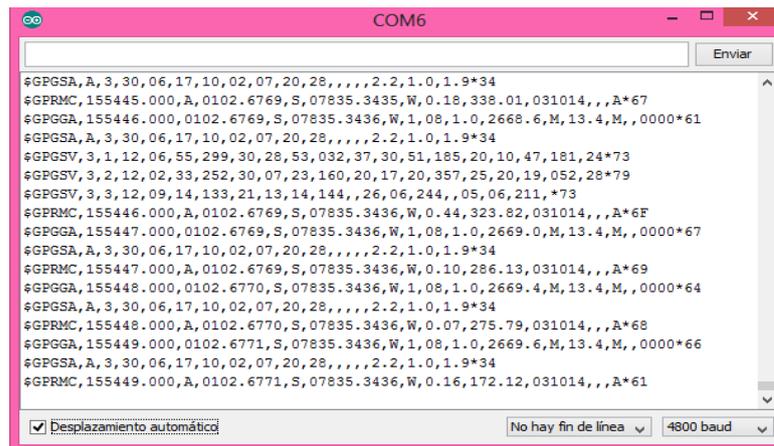
- Este dato proporciona la fecha, representada en el siguiente formato MMDDAA, donde MM son los meses, DD días y AA años. Quedando nuestra trama de la siguiente manera 03-10-2014.

```
$GPRMC,144946.000,A,0102.6737,S,07835.3460,W,0.09,8.59,031014,,A*6F
```

- EL último valor de la trama detecta la presencia de errores en la transmisión.

```
$GPRMC,144946.000,A,0102.6737,S,07835.3460,W,0.09,8.59,031014,,A*6F
```

La figura 4.24 presenta la estructura de la trama NMEA obtenida.



**Figura 4.24:** Trama NMEA recibida.

**Fuente:** El Investigador.

### ➤ Características

Entre las características más relevantes se puede mencionar la velocidad de recepción del GPS que es de 4800 baudios, además para la adquisición de coordenadas se cuenta con 20 satélites a los cuales el dispositivo tiene la capacidad de sincronizarse.

La alimentación de sistema de posicionamiento requiere una fuente de alimentación que proporcione 5v y 50mA para su correcto funcionamiento, además los diferentes componentes de este sistema poseen tamaños reducidos permitiendo una fácil transportación y gracias a esto lograr que el diseño final sea más cómodo para el usuario.

En la figura 4.25 se indica la interfaz receptora de coordenadas de posicionamiento GPS, en la que se puede apreciar la utilización de una tarjeta microcontroladora que cumple con las características establecidas para hardware libre.

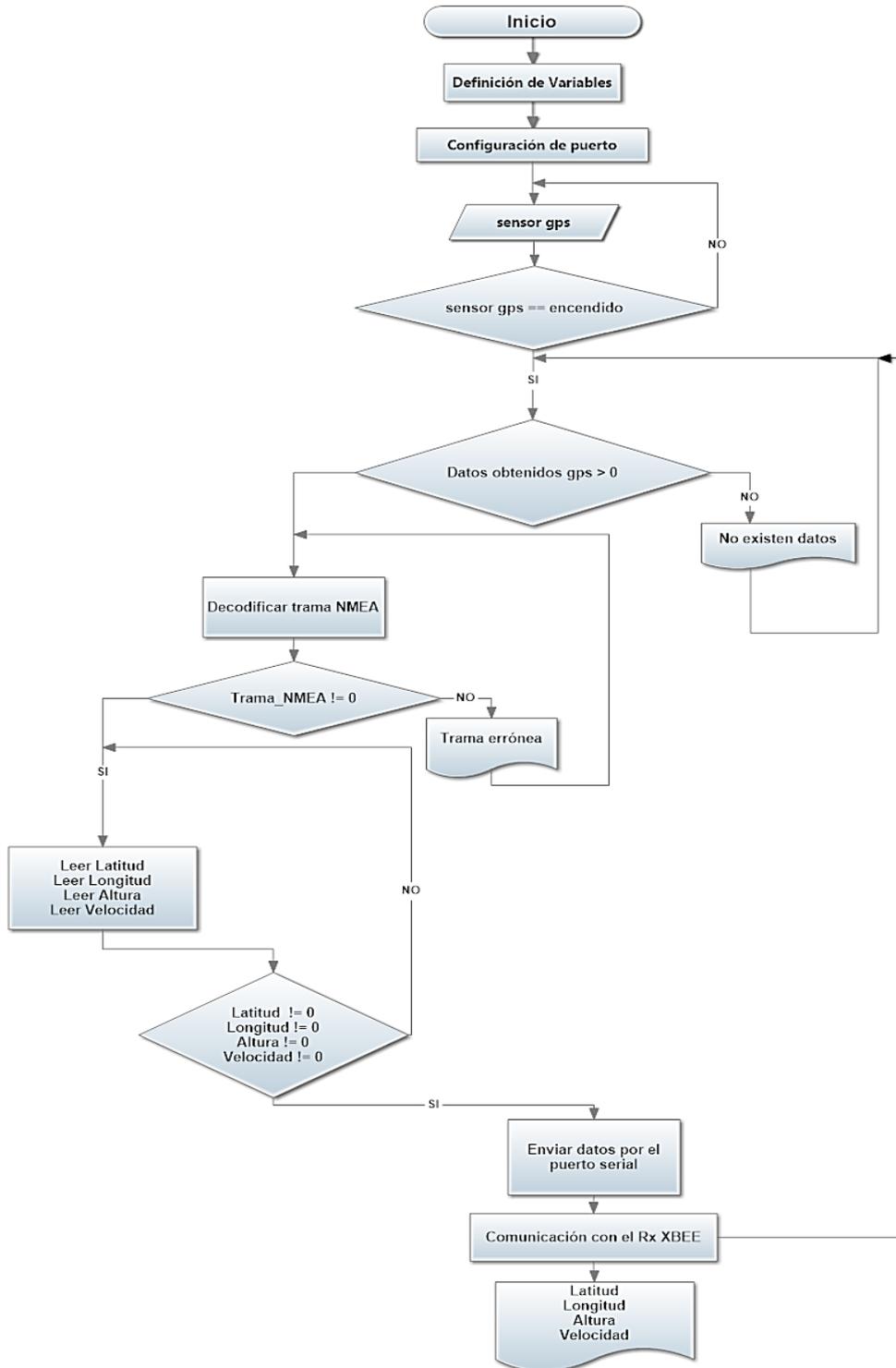


**Figura 4.25:** Interfaz del receptor GPS.

**Fuente:** El Investigador, en base a fotografías realizadas.

- **Programación**

La figura 4.26 muestra la programación realizada mediante un diagrama de flujo.

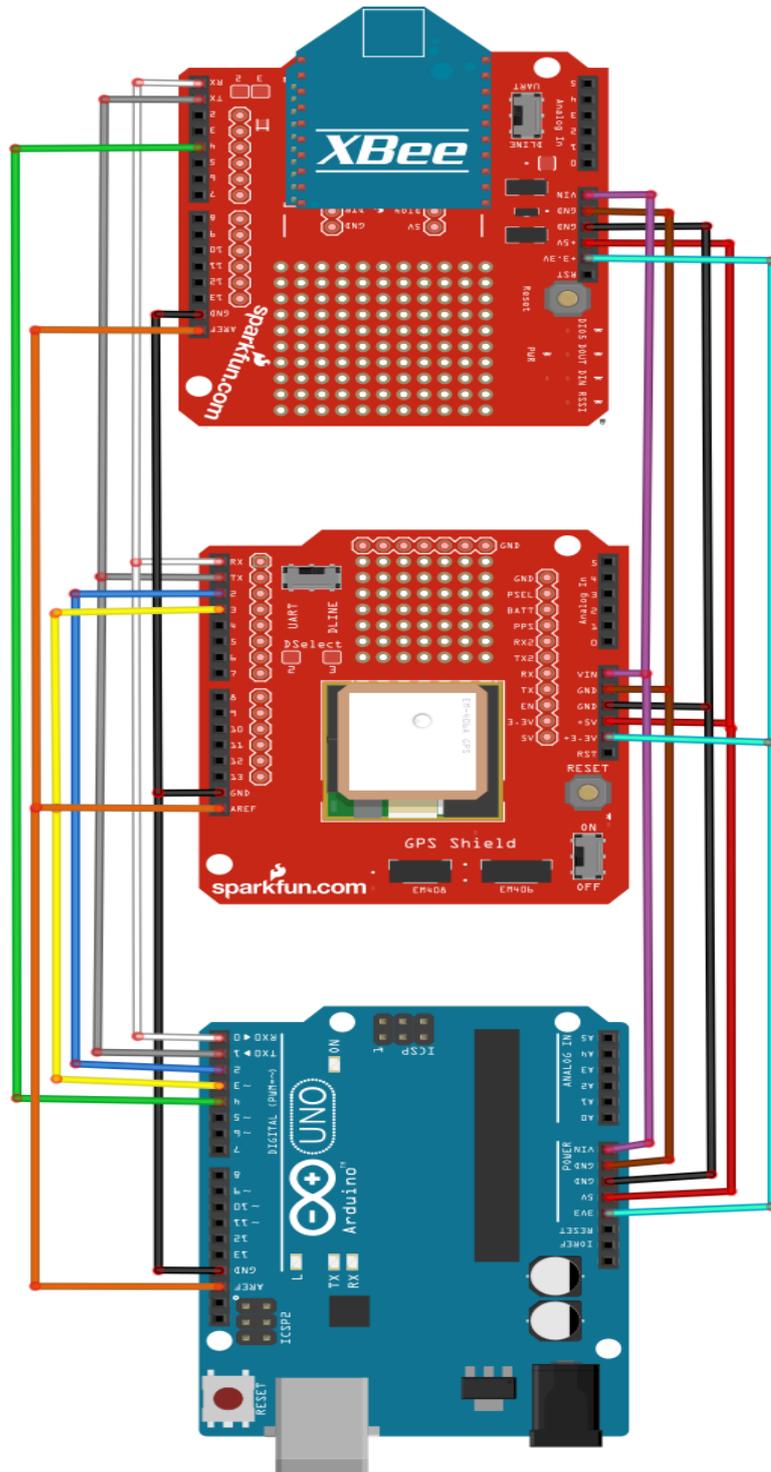


**Figura 4.26:** Trama NMEA recibida.

**Fuente:** El Investigador.

## ➤ Esquema Electrónico

La figura 4.27 indica el esquema electrónico del sistema de posicionamiento.

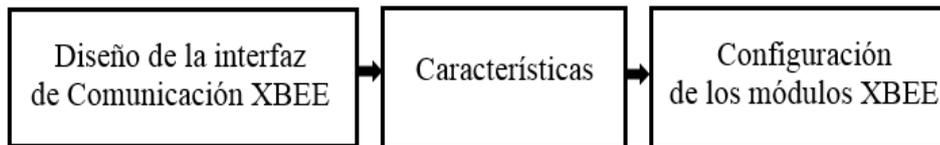


**Figura 4.27:** Diagrama del sistema de Posicionamiento.

**Fuente:** El Investigador.

- **Comunicación inalámbrica del dispositivo**

Una vez adquiridos los datos del receptor GPS y decodificados están listos para ser enviados a un ordenador, en la figura 4.28 se indica el proceso para establecer la comunicación con el ordenador mediante una red XBEE.



**Figura 4.28:** Diseño de la interfaz de Comunicación XBEE.

**Fuente:** El Investigador.

En la figura 4.29 se indica la interfaz de comunicación inalámbrica con el que cuenta el dispositivo para enviar los datos al computador, la cual está compuesta por un emisor acoplado a la interfaz de recepción del GPS que después de realiza la obtención de datos, detección de errores y decodificación enviara los datos de posicionamiento a un XBEE receptor localizado en un ordenador, el cual emulara una comunicación serial entre este y la interfaz gráfica realizada en MATLAB.



**Figura 4.29:** Transmisor XBEE.

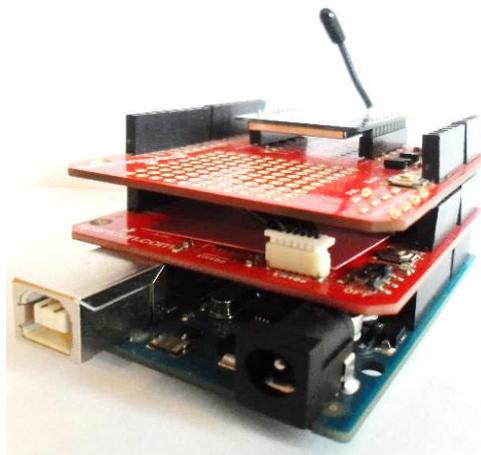
**Fuente:** El Investigador, en base a fotografías realizadas.

➤ **Diseño de la interfaz de Comunicación XBEE**

Para el diseño de la comunicación se utilizó dos módulos XBee Pro 60mW con antena que tiene un alcance de aproximadamente 1 milla, el Xbee utilizado como transmisor está ubicado en el dispositivo junto al sistema de recepción GPS, el Xbee utilizado

como receptor es conectado a un computador y mediante drivers se emulara una conexión serial entre el receptor y la interfaz gráfica, esto permite asignar un determinado puerto COM a esta conexión.

En la figura 4.30 se indica el transmisor Xbee acoplado a todo el sistema de movilización, este red Xbee posee una velocidad de transmisión de 9600 baudios muy robusta y confiable.



**Figura 4.30:** Interfaz de comunicación XBEE.

**Fuente:** El Investigador, en base a fotografías realizadas.

#### ➤ **Características**

- ✓ Alimentación requerida por el sistema: 3.3V, 215mA.
- ✓ ID de la red Xbee: 3332.
- ✓ Potencia de la conexión 60 mW.
- ✓ Alcance del sistema: 1 milla.
- ✓ Velocidad de comunicación de la red Xbee: 9600 Baudios.
- ✓ Facil manejo y conexión.
- ✓ Tamaño reducido
- ✓ Adaptable a sistemas que requieran transmitir información de forma inalámbrica.

## ➤ Configuración de los módulos XBEE

Para la configuración de los módulos Xbee se utilizó el programa X-CTU el cual permite configurar los parámetros para establecer la conexión, a continuación se detalla cómo se realizó el diseño de la red, además se explica la disposición de los módulos de transmisión y recepción.

- Configuración de los módulos

La configuración de los módulos Xbees se presenta de manera detallada en la tabla 4.13 que indica cómo se establecen los parámetros para el transmisor y receptor, también se debe configurar la velocidad de transmisión de los Xbees en 9600 baudios.

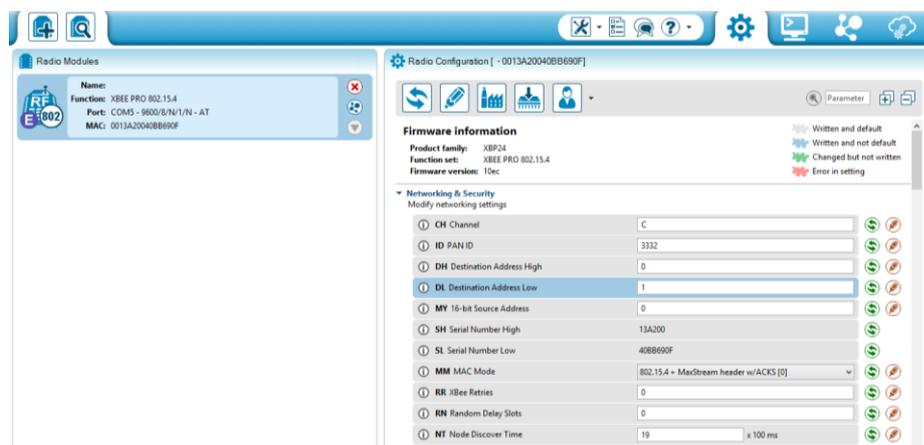
**Tabla 4.13:** Parámetros de configuración.

	<b>Transmisor</b>	<b>Receptor</b>
<b>PAND ID</b>	3332	3332
<b>DH</b>	0	0
<b>DL</b>	0	1
<b>MY</b>	1	0

Fuente: El Investigador.

- Configuración en X-CTU

Primero se conecta el XBEE a la shield mini USB que por medio del puerto COM el programa X-CTU reconoce los pines para su configuración, como se indica en la figura 4.31 el uso de este software es sencillo, consiste en modificar los valores de configuración y posteriormente se presiona el botón write para guardar los cambios.

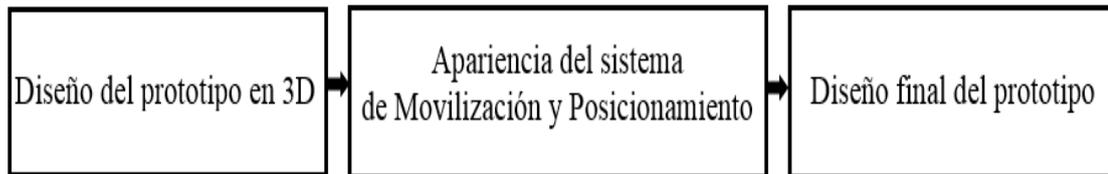


**Figura 4.31:** Configuración XBEE.

Fuente: El Investigador.

### 4.7.3 Diseño y Construcción final del prototipo electrónico.

En la figura 4.32 se indica el proceso para el diseño final del prototipo electrónico mostrado a continuación:



**Figura 4.32:** Diseño de la apariencia del prototipo electrónico.

**Fuente:** El Investigador.

- **Diseño del prototipo en 3D**

Mediante el software Pepakura Designer se presenta el diseño final del sistema embebido de movilización y posicionamiento para personas no videntes mediante hardware libre. En la figura 4.33 se puede apreciar el diseño final del dispositivo electrónico visto desde diferentes ángulos, además este software es capaz de separar el diseño por piezas mostrando las dimensiones en escala real.



**Figura 4.33:** Simulación para la fabricación del prototipo.

**Fuente:** El Investigador.

- **Apariencia del sistema de Movilización y Posicionamiento**

En las figuras 4.34 se indica los dos elementos que conforman el sistema de Movilización con el que cuenta el dispositivo electrónico.



**Figura 4.34:** Implementación del prototipo.  
**Fuente:** El Investigador.

En la figura 4.35 se presenta el sistema de posicionamiento que cuenta con su interfaz gráfica de usuario, que permite el monitoreo de la persona no vidente mientras realiza desplazamientos.



**Figura 4.35:** Portador del sistema de Posicionamiento.  
**Fuente:** El Investigador.

- **Diseño final del prototipo**

Se visualiza el diseño final que presenta el sistema embebido de movilización y posicionamiento para personas no videntes mediante hardware libre en la figura 4.36.



**Figura 4.36:** Presentación del diseño final del dispositivo.  
**Fuente:** El Investigador.

El dispositivo presenta un diseño liviano y adaptable a la persona no vidente, estas características hacen que el uso del dispositivo sea visto con cotidianidad, ayudando al no vidente a desarrollar nuevas destrezas mediante el uso de la tecnología, la tabla 4.14 muestra las principales características que posee el dispositivo electrónico.

**Tabla 4.14:** Principales características del prototipo.

<b>Componentes</b>	Tarjetas de hardware libre, sensores, micro vibradores, componentes electrónicos y software de usuario
<b>Alimentación</b>	5V-45 mA
<b>Rango de detección</b>	2 cm a 4 metros.
<b>Rango de alerta</b>	2 cm a 48 cm.
<b>Frecuencia de Operación</b>	40 kHz.
<b>Modelo</b>	Adaptable a diferentes usuarios.
<b>Peso</b>	Ligero y de fácil trasportación.
<b>Potencia de la conexión</b>	60 mW.
<b>Alcance del sistema</b>	1 milla.
<b>Velocidad de comunicación de la red Xbee</b>	9600 Baudios.
<b>Adaptabilidad</b>	Adaptable a sistemas que requieran transmitir información de forma inalámbrica.

**Fuente:** El Investigador.

#### 4.7.4 Diseño de la interfaz gráfica de Usuario.

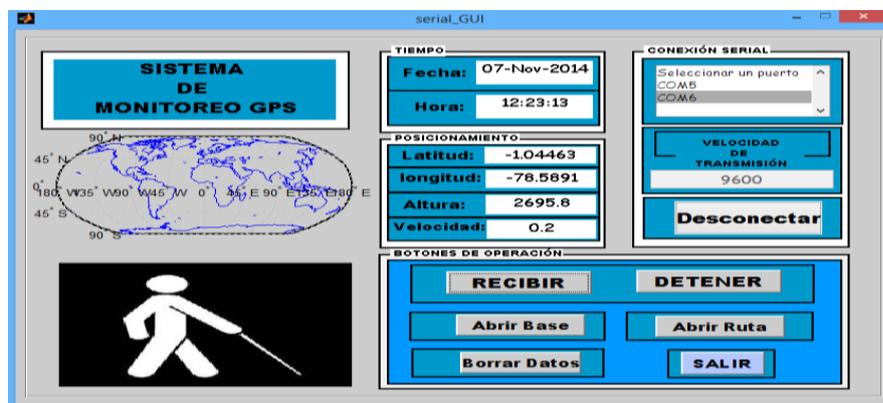
La interfaz gráfica fue desarrollada en el software Matlab, esta interfaz fue implementada con el fin de facilitar el manejo del prototipo ya que el usuario contara con una aplicación cómoda y confiable, en la figura 4.37 se indica el proceso de diseño de la interfaz gráfica de usuario.



**Figura 4.37:** Diseño de la Interfaz gráfica de usuario.

**Fuente:** El Investigador.

A continuación se presenta el diseño y desarrollo de esta interfaz gráfica para el monitoreo de personas no videntes, en la figura 4.38 se indica la interfaz desarrollada.

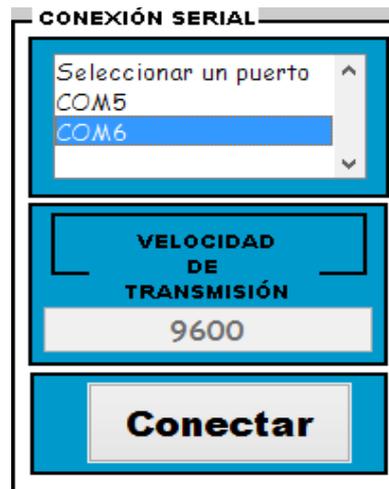


**Figura 4.38:** Interfaz gráfica de Monitoreo.

**Fuente:** El Investigador.

- **Establecimiento de Comunicación**

Antes de operar la interfaz gráfica se debe configurar ciertos parámetros de conexión, primero se debe elegir el puerto serial asignado al receptor XBEE del prototipo, una vez identificado el puerto COM lo seleccionamos, como se indica en la figura 4.39 la velocidad de transmisión con la que opera el dispositivo es de 9600 baudios por lo que se bloqueó la opción de modificar este valor, ya establecidos estos datos se procede a presionar el botón conectar que inicializa el flujo de datos del puerto serial.



**Figura 4.39:** Configuración de parámetros de habilitación del puerto COM.  
**Fuente:** El Investigador.

- **Recepción de los datos GPS en tiempo real**

Una vez habilitada la conexión se presiona el botón RECIBIR, este botón inicializa un ciclo infinito que captura la información en tiempo real enviada por el receptor, al mismo tiempo que la información es visualizada en la interfaz gráfica esta es también almacenada en una base de datos, que mediante el uso de la programación en el software MATLAB se crea un archivo KML con los datos almacenados.

Como se indica en la figura 4.40 Esta interfaz posee un botón llamado DETENER cuya función es terminar el ciclo infinito de captura de datos y terminar con la creación del archivo KML, que contendrá la ruta recorrida por el usuario del dispositivo hasta el instante donde se detiene el almacenamiento de la información.



**Figura 4.40:** Botones de inicio de captura de datos.  
**Fuente:** El Investigador.

- **Visualización de los parámetros de posición del dispositivo Electrónico**

La interfaz gráfica de usuario presenta datos de latitud, longitud, altura y velocidad, como se indica en la figura 4.41 los datos de posicionamiento que se muestran en la

aplicación se presentan de una manera clara para que el usuario se sienta cómodo a la hora de utilizarla.

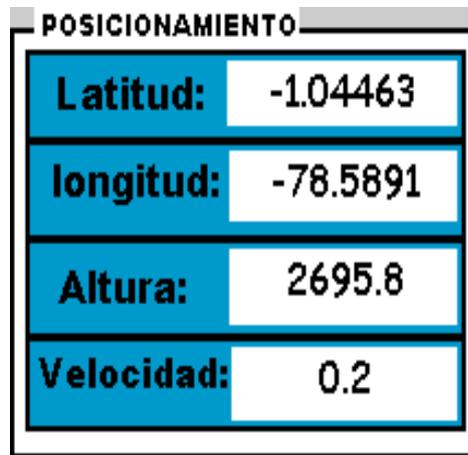


Figura 4.41: Visualización de los parámetros de posicionamiento.  
Fuente: El Investigador.

- **Creación de un archivo KML con los datos adquiridos**

Los datos enviados por el dispositivo electrónico son almacenados en variables que se acumulan en una base de datos, con esta información se diseña un archivo de tipo KML que se ejecuta con google Earth. Como se indica en la figura 4.42 la interfaz gráfica se encarga de almacenar este archivo en una carpeta establecida mediante el código de programación.

El comando básico para la creación de extensiones KML en MATLAB es `kmlwrite ( )`, esta función debe poseer los parámetros necesarios para crear el archivo.

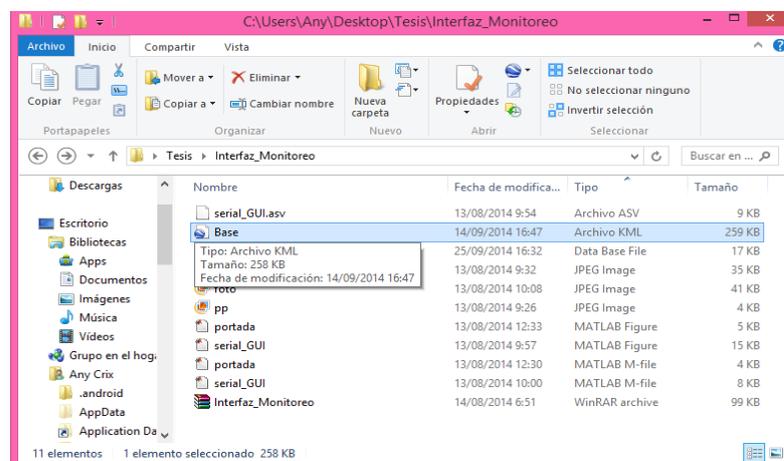
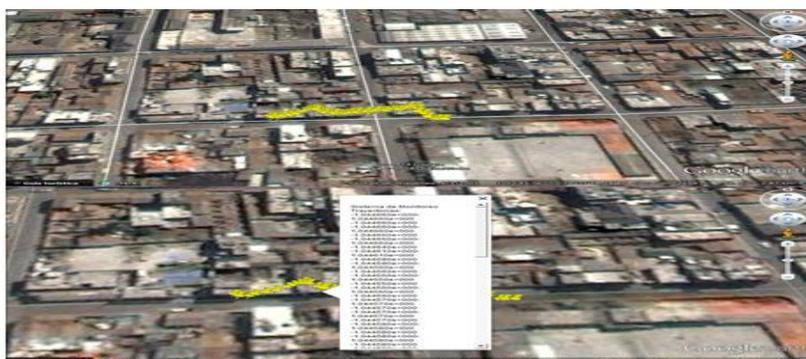


Figura 4.42: Archivo KML.  
Fuente: El Investigador.

- **Visualización de la trayectoria realizada**

Al ejecutar el archivo creado se puede visualizar en Google Earth la trayectoria realizada, en la figura 4.43 se puede apreciar una trayectoria realizada con el prototipo, esta trayectoria es el resultado de la representación de cada uno de los puntos captados por el receptor GPS, cuando los las coordenadas de los puntos coinciden estos simplemente se ubican en el mismo punto sin crear errores en la trayectoria realizada por la persona no vidente.



**Figura 4.43:** Visualización de Trayectorias.  
Fuente: El Investigador.

El entorno de desarrollo resulta amigable con el usuario, para el manejo de esta aplicación solo se requiere conocimientos básicos de computación, en la tabla 4.15 se muestran las características de la aplicación grafica del dispositivo

**Tabla 4.15:** Principales características de la aplicación de usuario.

<b>Software de desarrolló</b>	Matlab
<b>Empaquetamiento de la Aplicación</b>	Ejecutable compatible con Windows y otros sistemas operativos previa instalación de run-time de Matlab
<b>Comunicación con el dispositivo electrónico</b>	Puerto serial
<b>Velocidad de trasmisión</b>	9600
<b>Sistema</b>	Configurable
<b>Modelo</b>	Amigable con el usuario
<b>Presentación de los datos</b>	Precisa y en tiempo real
<b>Conocimientos informáticos para el manejo de la aplicación</b>	Básicos

Fuente: El Investigador.

## 4.8 Pruebas de Funcionamiento

En esta sección se describe el desempeño del sistema una vez desarrollado por completo, además se presentan las pruebas de funcionamiento realizadas y posteriormente se muestran los resultados obtenidos.

Al realizar las pruebas de funcionamiento se aprecia que el dispositivo electrónico cumple con las características propuestas en esta investigación, su diseño resulta cómodo y adaptable a diferentes personas con discapacidad visual, ya que se tiene la posibilidad de ajustar el dispositivo para que pueda ser usado por personas no videntes de diferentes contexturas físicas, la figura 4.44 presenta la colocación del dispositivo electrónico para personas no videntes en un usuario.



**Figura 4.44:** Pruebas de funcionamiento.

**Fuente:** El Investigador.

#### 4.8.1 Pruebas del funcionamiento del prototipo electrónico para no videntes

Las pruebas realizadas sobre el funcionamiento del sistema embebido de movilización y posicionamiento para personas no videntes se indican en la tabla 4.16.

**Tabla 4.16:** Pruebas de funcionamiento.

Las pruebas de funcionamiento se desarrollaron en un periodo de tiempo establecido del 17 de Octubre al 21 de Noviembre del 2014.			
<b>Usuarios de prueba</b>	<b>Persona 1</b>	<b>Persona 2</b>	<b>Persona 3</b>
<b>Condiciones Climáticas</b>	Soleado y Parcialmente nublado	Soleado, Nublado, Parcialmente Nublado, Despejado y Llovizna	Soleado y Despejado
<b>Ubicación geográfica</b>	Montañas bajas, Valles	Montañas bajas, Valles y Planicies	Montañas bajas
<b>Lugares</b>	Calles y Parques de la ciudad de Latacunga	Calles, Parques, Domicilios e Instituciones públicas de la ciudad de Latacunga	Domicilio de la persona no vidente y Calles ubicadas en el centro de la ciudad de Latacunga
<b>Precisión</b>	Aceptable	Alta	Aceptable
<b>Ventajas</b>	Ayuda a anticipar colisiones	Fácil Operatividad	Brinda seguridad
<b>Desventajas</b>	Tiempo de Adaptación	Tiempo de Adaptación	Tiempo de Adaptación

**Fuente:** El Investigador.

Los datos sobre la precisión, ventajas y desventajas presentados fueron proporcionados por las personas no videntes después de realizar las pruebas de funcionamiento del prototipo electrónico, dando a conocer su opinión sobre el desempeño del sistema de movilización y posicionamiento.

#### 4.8.2 Pruebas de monitoreo de la interfaz gráfica de usuario.

Las pruebas de funcionamiento realizadas sobre la interfaz gráfica de usuario se indican en la tabla 4.17.

**Tabla 4.17:** Pruebas de funcionamiento de la interfaz gráfica.

<b>Usuarios de prueba</b>	<b>Persona 1</b>	<b>Persona 2</b>	<b>Persona 3</b>
<b>Sistemas operativos probados</b>	Windows XP	Windows XP, Vista, Siete y Ocho	Windows XP y Vista
<b>Datos Obtenidos</b>	Latitud, Longitud, Altura, Velocidad, Tiempo	Latitud, Longitud, Altura, Velocidad, Tiempo	Latitud, Longitud, Altura, Velocidad, Tiempo
<b>Manejo de la aplicación</b>	Normal	Fácil	Fácil
<b>Ventajas</b>	Recibe información de posicionamiento proporcionada por el dispositivo	Fácil interacción entre el usuario y la aplicación	Actualización constante de la información
<b>Desventajas</b>	Requiere conexión a internet	Requiere un tiempo de ejecución de 3 minutos al abrir la aplicación por primera vez en el PC	Ninguna

**Fuente:** El Investigador.

#### 4.9 Análisis final de costos

El sistema embebido de movilización y posicionamiento para personas no videntes mediante hardware libre como se aprecia en la tabla 4.18 tuvo un precio de implementación de 968,64 dólares.

**Tabla 4.18:** Costos de Implementación.

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Valor Total
1	Xbee Wireless Kit Sparkfun	c/u	1	115,00	115,00
2	Arduino UNO R3	c/u	2	38,00	76,00
3	Atmega 328 con Bootloader de Arduino	c/u	1	10,64	10,64
4	GPS Shield kit	c/u	1	110,04	2,00
5	Sensor de distancia HC-SR04	c/u	2	16,74	33,48
6	Sensor de distancia Infrarrojo	c/u	1	27,13	27,13
7	Xbee pro 60 mW	c/u	2	62,90	125,80
8	Batería 9V Alcalina	c/u	1	2,50	2,50
9	Batería AA 1.5 V	c/u	4	1,00	4,00
10	Componentes Electrónicos	Kit	1	200,00	200,00
11	Mano de Obra [32]	horas	160	2,33	372,09
<b>TOTAL</b>					<b>968,64</b>

Fuente: El Investigador.

Se muestra en análisis comparativo de rentabilidad con respecto a otros sistemas orientados a personas con discapacidad visual en la tabla 4.19.

**Tabla 4.19:** Análisis respecto a otros dispositivos.

Sistema	Funciones	Componentes principales	Características	Ventajas	Desventajas	Costo
<b>Touch &amp; Go, sistema de navegación para ciegos [33]</b>	Sistema de navegación para ciegos	Receptor GPS, microcontroladores, modulo bluetooth, cámara.	Funciona a través de audio y señales en relieve	Muestra indicaciones de un mapa en relieve a una escala de 1:1000	Se encuentra en fase de desarrollo, no se puede adquirir	No muestra el fabricante
<b>Bastón electrónico para ciegos [34]</b>	Mide la distancia de los objetos mediante rayos láser	Sensores Infrarrojos, Microcontroladores.	Transmite la información correspondiente al usuario a través de sonidos o vibraciones	Detecta la posición del no vidente	Se encuentra en fase de desarrollo	2831 \$
<b>Trekker Breeze talking GPS [35]</b>	Sistema audible con tecnología GPS	Receptor GPS, Microcontroladores.	Detecta la posición del no vidente	Brinda seguridad a las personas invidentes al momento de trasladarse de un lugar a otro	No detecta la Presencia de Obstáculos	929 \$
<b>Sistema Embebido de Movilización y Posicionamiento para personas no videntes mediante hardware libre.</b>	Sistema de Movilización y Posicionamiento para no videntes	Sensores Ultrasónicos, Microcontroladores, receptor GPS, micro vibrador, módulos Xbee.	Detecta la presencia de objetos y da la ubicación del usuario que opere el dispositivo	Preciso y confiable	Problemas en la detección de objetos demasiado pequeños	968,64\$

**Fuente:** El Investigador, en base a otros sistemas desarrollados para no videntes.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- El diseño del dispositivo implementado genera autonomía a personas con deficiencia visual ya que posee sistemas electrónicos de ubicación y desplazamiento con una precisión del 95%, el porcentaje de error restante se debe a factores de calibración y problemas de recepción de datos adquiridos mediante el receptor GPS, solucionados almacenando la última posición recibida en la interfaz de usuario siendo actualizada cada 10 milisegundos.
- Se desarrolló un sistema inalámbrico para la interconexión y comunicación de los datos adquiridos con el receptor GPS y el computador, mediante una red punto a punto formada por módulos Xbee, la cual está diseñada para aplicaciones que requieren un alto tráfico de datos, comunicación sincronizada y baja latencia.
- El protocolo NMEA está compuesto de frases que por medio de la primera palabra define el tipo de información obtenida, permitiendo decodificar los datos de posicionamiento adquiridos por el receptor GPS y mostrarlos en forma estándar mediante la librería TinyGPS de arduino.
- El sistema de detección ofrece lecturas confiables que localizan objetos a 48 cm del dispositivo emitiendo un impulso acústico de alta frecuencia y corta duración con una precisión de 0,3 cm y un lóbulo localizador de 120°.

## 5.2. Recomendaciones

- Al momento de encender el prototipo se debe esperar un lapso estimado de operación de 3 minutos antes de su utilización, este tiempo de espera se debe a que el sensor GPS puede trabajar hasta con 20 satélites, y necesita este tiempo para conectarse y establecer cuál de estos proporciona de mejor manera la información, una vez establecidos estos parámetros solo se deberá volver a tomar en cuenta este tiempo de espera si se desenergiza por varias horas el sensor GPS.
- Para el correcto desempeño de los módulos Xbee en el sistema, el usuario deberá cambiar las baterías durante un periodo de tiempo de 10 días, con el fin de evitar la pérdida de potencia en los módulos y así brindar el alcance máximo establecido por el fabricante de una milla.
- Para validar la información obtenida por el receptor el GPS se debe controlar en la tarjeta de hardware libre la adquisición de datos erróneos, mediante un algoritmo que controle el almacenamiento de la trama NMEA, la cual entrega un valor A cuando esta es correcta y un valor V cuando los datos adquiridos son erróneos.
- El encargado de capacitar a los miembros de la asociación de no videntes debe revisar la documentación proporcionada sobre el uso, manejo y mantenimiento del dispositivo, para así dar a conocer a las personas con discapacidad visual la distancia de alerta de objetos establecida en 48 cm.

## BIBLIOGRAFÍA O REFERENCIAS

- [1] OMS, "Organización Mundial de la Salud", 2013. [En línea]. Disponible en: [http://www.who.int/disabilities/world\\_report/2011/summary\\_es.pdf?ua=1](http://www.who.int/disabilities/world_report/2011/summary_es.pdf?ua=1) [Ultimo Acceso: 22 Agosto 2014].
- [2] CONADIS, "Consejo Nacional de Igualdad de Discapacidades", 2013. [En línea]. Disponible en: <http://www.conadis.gob.ec/index.php>. [Ultimo Acceso: 18 Febrero 2014].
- [3] B. J. Llerena Zambrano (2011), "Diseño e implementación de un kit de aplicaciones para personas con discapacidad visual utilizando la Plataforma Android SDK", Tesis, Carrera de Ingeniería en Electrónica, Automatización y Control., ESPE, Sede Sangolqui. [Online]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/5158>
- [4] D. Bustos Salazar, S. Cobo Mosquera (2011). , "Diseño e Implementación de un prototipo de display táctil para personas no videntes". Tesis, Carrera de Ingeniería en Electrónica e Instrumentación., ESPE Extensión Latacunga. [Online]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/4990>
- [5] F. Espinel Sigcha (2012). , " Sistema electrónico para la inclusión de no videntes en la actividad laboral de manejo de estantería de biblioteca". , Tesis, Carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones., ESPE Sede Sangolqui [Online]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/5490>
- [6] Varios AUTORES, Diccionarios Oxford-Complutense, "Diccionarios Oxford-Complutense ", Editorial Complutense [2001], Segunda Edición., USA, pág. 132.
- [7] JAEKLE, R. Veinte preguntas y respuestas sobre orientación y movilidad., "En Orientación, Movilidad y Gimnasia para los Disminuidos Visuales". En AFOB, Oficina Latinoamericana. Córdoba (Argentina): AFOB. [Online]. Disponible en: [http://www.juntadeandalucia.es/averroes/caidv/interedvisual/ftp/veinte\\_preguntas\\_sobre\\_oym.htm](http://www.juntadeandalucia.es/averroes/caidv/interedvisual/ftp/veinte_preguntas_sobre_oym.htm)

- [8] WOO JIN, "Una vara para ciegos". [Online]. Disponible en: <http://www.impresionante.net/general/una-vara-para-ciegos/>
- [9] PIACENTE PABLO J. (Lunes, 17 de Octubre 2011), "Crean una tableta con pantalla táctil para invidentes", REVISTA ELECTRÓNICA DE CIENCIA, TECNOLOGÍA, SOCIEDAD Y CULTURA. ISSN 2174-6850. [Online]. Disponible en: [http://www.tendencias21.net/Crean-una-tableta-con-pantalla-tactil-para-invidentes\\_a7934.html](http://www.tendencias21.net/Crean-una-tableta-con-pantalla-tactil-para-invidentes_a7934.html)
- [10] POLO JUAN D. (22 Agosto 2009), "Celular para ciegos en braille", Braille Phone Concept by Designer Seonkeun Park (designcrave vía FayerWayer Brasil). [Online]. Disponible en: <http://www.fayerwayer.com/2009/08/concepto-celular-para-ciegos-en-braille/>
- [11] L. Friedrich, "A Survey on Operating System Support for Embedded Systems Properties", Departamento de Informática e Estatística - Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) Caixa - Brazil. [Online]. Disponible en: <http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/wso/2009/011.pdf>
- [12] S. Heath, Embedded Systems desing, "Embedded Processors", Editorial EDN series for desing engineers [2003], Second Edition., pág. 8 - 10.
- [13] J. Alvesfoss, W. Harrison, P. Omán AND C. Taylor (2006), The MILS Architecture for High Assurance Embedded Systems. "International Journal of Embedded Systems", pág. 239 - 247.
- [14] P. Manvedel, Embedded Systems Foundation of Ciber- Physical Systems, "Embedded System Desing". Editorial Springer Science+Busness Media B. V [2011]. Segunda edición., pág. 1 - 4.
- [15] A. Ollero Baturone, Rebotica Manipuladores y Robots móviles, "Diseño de Caminos", MARCOMBO S.A GRUPO EDITOR [2001], Barcelona - España, pág. 376 - 378.
- [16] OSHWA, "The open-source hardware statement", 2013. [En línea]. Disponible en: <http://www.oshwa.org/definition/> [Ultimo Acceso: 22 Agosto 2014].

- [17] E. Mandado, J. Acevedo, C. Fernandezs, J. Armesto, Automatas programables y sistemas de automatización Sensores detectores de objetos, " Sensores detectores de objetos", Editorial MARCOMBO S.A [2009], Segunda Edición, pág. 444-592.
- [18] Sparkfun, "Productos", 2013. [En línea]. Disponible en: <https://www.sparkfun.com/> [Ultimo Acceso: 27 Agosto 2014].
- [19] ARDUINO, "Arduino Uno", 2013. [En línea]. Disponible en: <http://arduino.cc/> [Ultimo Acceso: 27 Agosto 2014].
- [20] Cytron Technologies, "Product User's Manual – HC-SR04 Ultrasonic Sensor", 2013. [En línea]. Disponible en: [https://docs.google.com/document/d/1Y-yZnNhMYy7rwhAgyL\\_pfa39RsB-x2qR4vP8saG73rE/edit](https://docs.google.com/document/d/1Y-yZnNhMYy7rwhAgyL_pfa39RsB-x2qR4vP8saG73rE/edit) [Ultimo Acceso: 27 Agosto 2014].
- [21] GlobalSat Technology Corporation,"GPS-EM-406A", 2013. [En línea]. Disponible en:[http://www.globalsat.com.tw/productspage.php?menu=2&gs\\_en\\_product\\_id=4&gs\\_en\\_product\\_cnt\\_id=70&img\\_id=535&product\\_cnt\\_folder=8](http://www.globalsat.com.tw/productspage.php?menu=2&gs_en_product_id=4&gs_en_product_cnt_id=70&img_id=535&product_cnt_folder=8) [Ultimo Acceso: 27 Agosto 2014].
- [21] E. Herrera, “Tecnologías y redes de transmisión de datos”, 1era Ed, Editorial Limusa S.A. de C.V., México 2003.
- [22] OSWarrior DK, "Tarjeta de Desarrollo", 2014. [En línea]. Disponible en: <http://http://oswarrior.com/> [Ultimo Acceso: 27 Diciembre 2014].
- [23] A. Moreno, J. González, Ifara Tecnologías, "SKYPIC", 2014. [En línea]. Disponible en: <http://www.iearobotics.com/proyectos/skypic/skypic.html> [Ultimo Acceso: 27 Diciembre 2014].
- [24] Netduino, "An open-source electronics platform using the .NET Micro Framework", 2014. [En línea]. Disponible en: <http://www.netduino.com/> [Ultimo Acceso: 27 Agosto 2014].
- [25] GlobalSat Technology Corporation,"GPS-EM-406A", 2013. [En línea]. Disponible en:[http://www.globalsat.com.tw/productspage.php?menu=2&gs\\_en\\_product\\_id=4&gs\\_](http://www.globalsat.com.tw/productspage.php?menu=2&gs_en_product_id=4&gs_)

en\_product\_cnt\_id=70&img\_id=535&product\_cnt\_folder=8 [Ultimo Acceso: 27 Agosto 2014].

[26] Constar Micromotor Co," motor vibrador", 2013. [En línea]. Disponible en: [http://constarmotor.en.alibaba.com/company\\_profile.html](http://constarmotor.en.alibaba.com/company_profile.html) [Ultimo Acceso: 27 Agosto 2014].

[27] O. Torrente Artero, ARDUINO, "Curso Practico de Formación", Editorial Rc libros [2013], Second Edition., pág. 63 - 71.

[28] A. Gilat, MATLAB, "Una introducción con ejemplos prácticos ", Editorial Reverte S.A [2006], Segunda Edición, pág. 1.

[29] Digi International, "CTU X software (XCTU)", 2013. [En línea]. Disponible en: <http://www.digi.com/support/kbase/kbaseresultdet1?id=2125> [Ultimo Acceso: 27 Agosto 2014].

[30] Tama Software, "Epakura Designer", 2013. [En línea]. Disponible en: <http://www.tamasoft.co.jp/pepakura-en/index.html> [Ultimo Acceso: 27 Agosto 2014].

[31] E. García Breijo, Compilador C CSS Y Simulador PROTEUS para Microcontroladores, "Proteus VSM", MARCOMBO S.A GRUPO EDITOR [2009], Barcelona - España, pág. 376 - 378.

[32] CONADES, "Consejo Nacional de Salarios y Comisiones Sectoriales", 2014. [En línea]. Disponible en: <http://www.relacioneslaborales.gob.ec/el-salario-basico-para-el-2015-sera-de-354-dolares/> [Ultimo Acceso: 27 Agosto 2014].

[33] N. Ponomareva, "Touch & Go, sistema de navegación para ciegos ", [En línea]. Disponible en: <http://blog.pucp.edu.pe/item/96073/concepto-touch-go-sistema-de-navegacion-para-ciegos> [Ultimo Acceso: 27 Diciembre 2014].

[34] Tendencias 21 (Madrid). ISSN 2174-6850. ZINE CONSULTORES S.L., "Comienza a comercializarse un bastón electrónico para ciegos", 2013. [En línea]. Disponible en: [http://www.tendencias21.net/Comienza-a-comercializarse-un-baston-electronico-para-ciegos\\_a283.html](http://www.tendencias21.net/Comienza-a-comercializarse-un-baston-electronico-para-ciegos_a283.html) [Ultimo Acceso: 27 Diciembre 2014].

[35] HumanWare, "Trekker Breeze", 2010. En línea]. Disponible en:[http://www.globalsat.com.tw/productspage.php?menu=2&gs\\_en\\_product\\_id=4&gs\\_en\\_product\\_cnt\\_id=70&img\\_id=535&product\\_cnt\\_folder=8](http://www.globalsat.com.tw/productspage.php?menu=2&gs_en_product_id=4&gs_en_product_cnt_id=70&img_id=535&product_cnt_folder=8) [Ultimo Acceso: 27 Diciembre 2014].

## Glosario de Términos

- **ANOVIC**

Asociación de No Videntes y Baja Visión de Cotopaxi

- **ASIC**

Circuito Integrado para Aplicaciones Específicas

- **CONADIS**

Consejo Nacional de Discapacidades

- **COM**

Component Object Model

- **EAP**

Electric Active Plastic

- **ICSP**

In Circuit Serial Programming

- **IDE**

Entorno de desarrollo integrado

- **KHz**

Kilohertz

- **KML**

Keyhole Markup Language

- **LED**

Light-emitting diode

- **NMEA**

National Marine Electronics Association

- **OSI**

Open System Interconnection

- **OMS**

Organización Mundial de la Salud

- **PCB**

Printed Circuit Board

- **PIC**

Programmable Interrupt Controller

- **RAM**

Random Access Memory

- **RF**

Radio Frequency

- **RFID**

Radio Frequency Identification

- **ROM**

Read Only memory

- **RPM**

Revolución por minuto

- **RSSI**

Received Signal Strength Indicator

- **SRAM**

Static Random Access Memory

- **USB**

Universal Serial Bus

- **UTC**

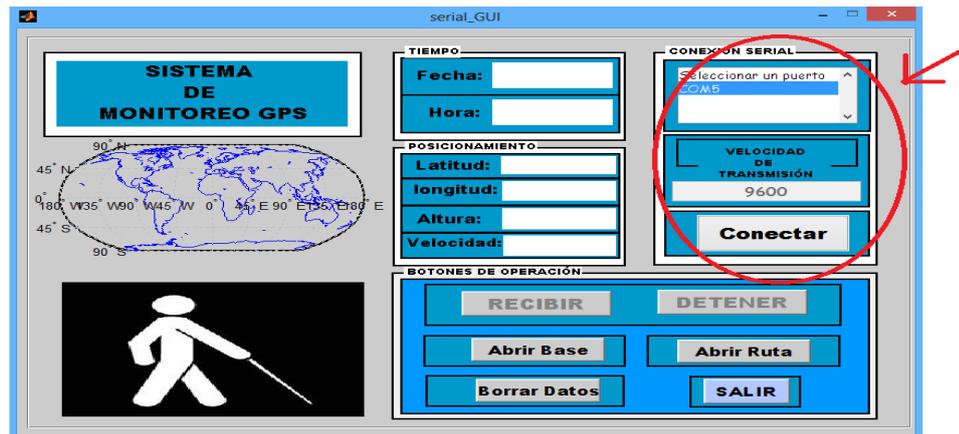
Coordinated Universal Time

# **Anexos**

# ANEXO A

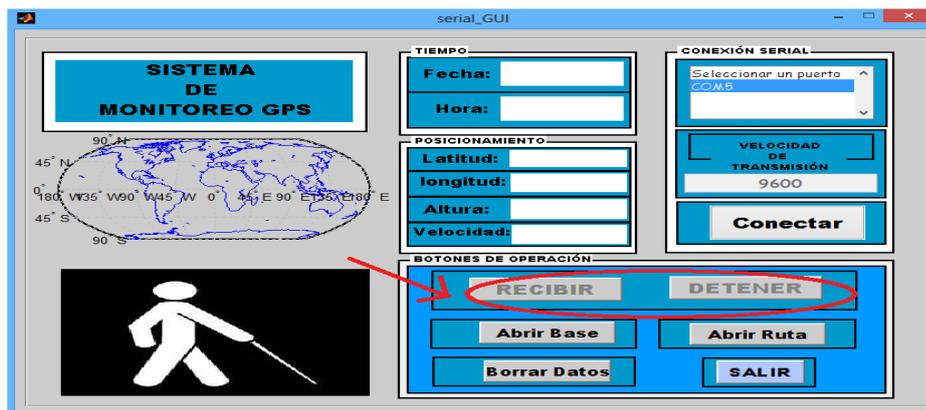
## Manejo de la interfaz gráfica de usuario:

### 1. Establecimiento de la conexión entre el dispositivo electrónico y la interfaz grafica



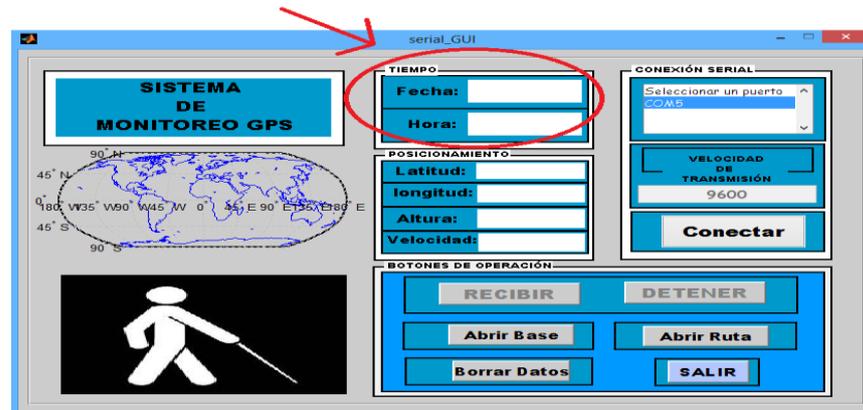
- Se selecciona el puerto COM reconocido por el Pc.
- La velocidad de transmisión establecida es de 9600 baudios.
- Se presiona el botón CONECTAR.

### 2. Habilitación y cese de la captura de información GPS



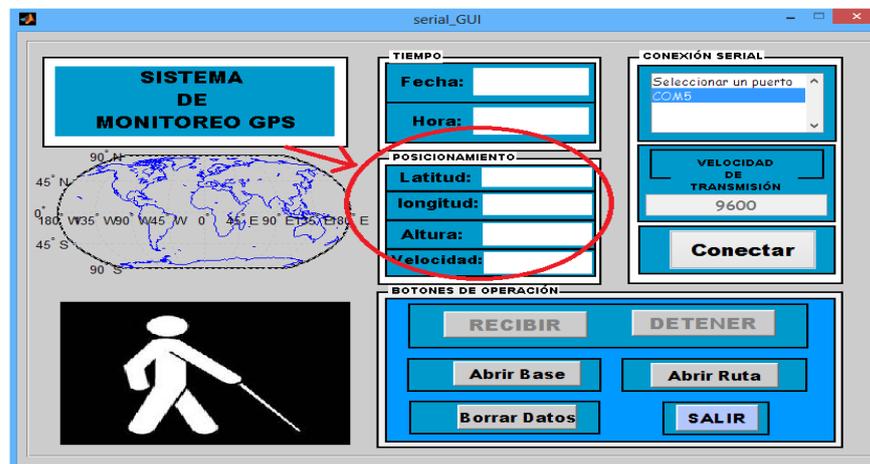
- Para recibir se presiona el botón Recibir.
- Para detener el flujo de información se presiona el botón DETENER.

### 3. Visualización de la fecha y hora



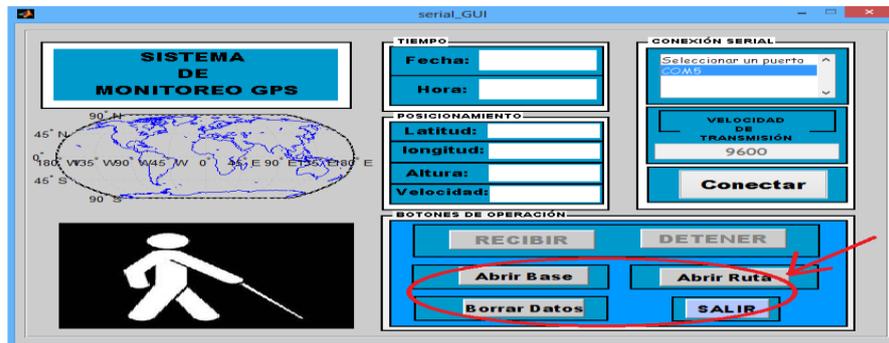
- La fecha está representada en el siguiente formato MMDDAA, donde MM son los meses, DD días y AA años.
- La Hora se presenta en UTC que presenta el siguiente formato HHMMSS.XXX, donde HH son las horas, MM minutos, SS segundos, y XXX milisegundos.

### 4. Visualización de los parámetros de posicionamiento



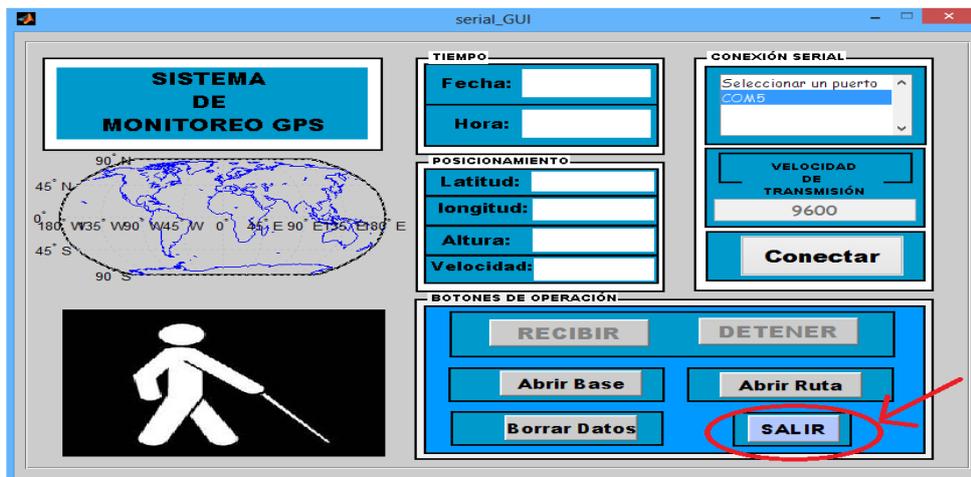
- Se visualizan individualmente los parámetros de latitud, longitud, altura, velocidad.
- La altura se presenta en metros y la velocidad en metros/segundos.

## 5. Abrir y Eliminar archivos



- Se presiona el botón Abrir para que automáticamente se ejecute los archivos creados, teniendo las opciones de abrir la ruta o las coordenadas almacenadas durante el desplazamiento.
- Al presionar Borrar Datos se elimina la información obtenida.

## 6. Salir de la aplicación



- Al presionar el botón SALIR se despliega un menú que cierra la aplicación.

## ANEXO B

### Manejo del sistema embebido de movilización y posicionamiento para personas no videntes mediante hardware libre:

- La operación y utilización del dispositivo es muy simple para comenzar la operación basta con presionar el pulsador para encenderlo.



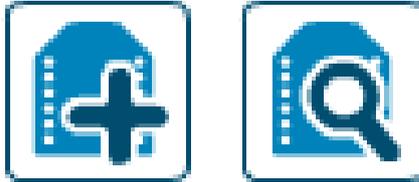
- La colocación resulta sencilla y se adapta a diferentes tamaños de usuarios.



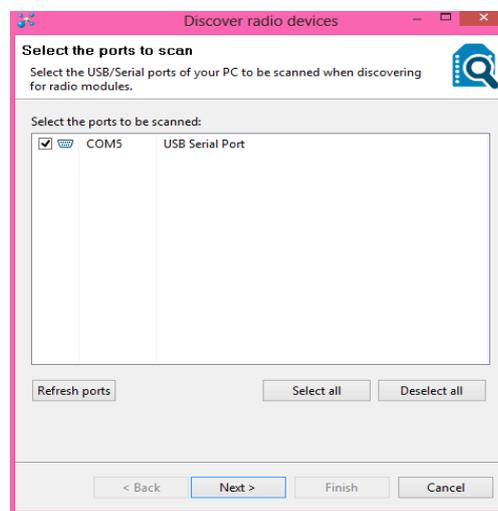
# ANEXO C

## Configuración de los módulos XBEE en el software X-CTU:

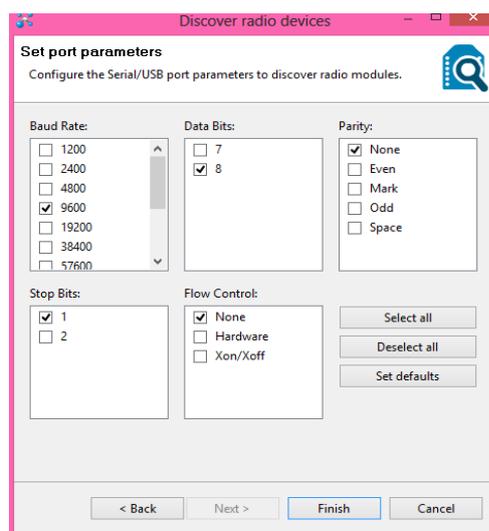
1. Buscar XBEEES conectados al computador.



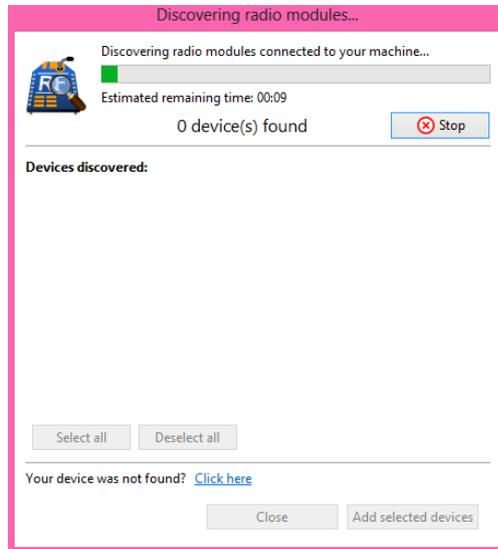
2. Seleccionar el puerto COM conectado al dispositivo



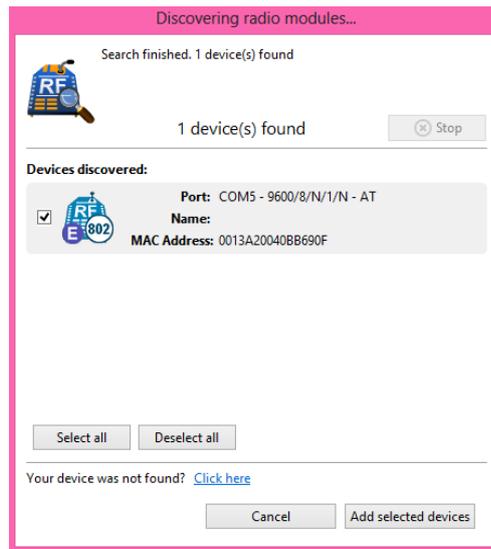
3. Configurar los parámetros de conexión.



4. Establecimiento de conexión del XBEE al software de configuración.



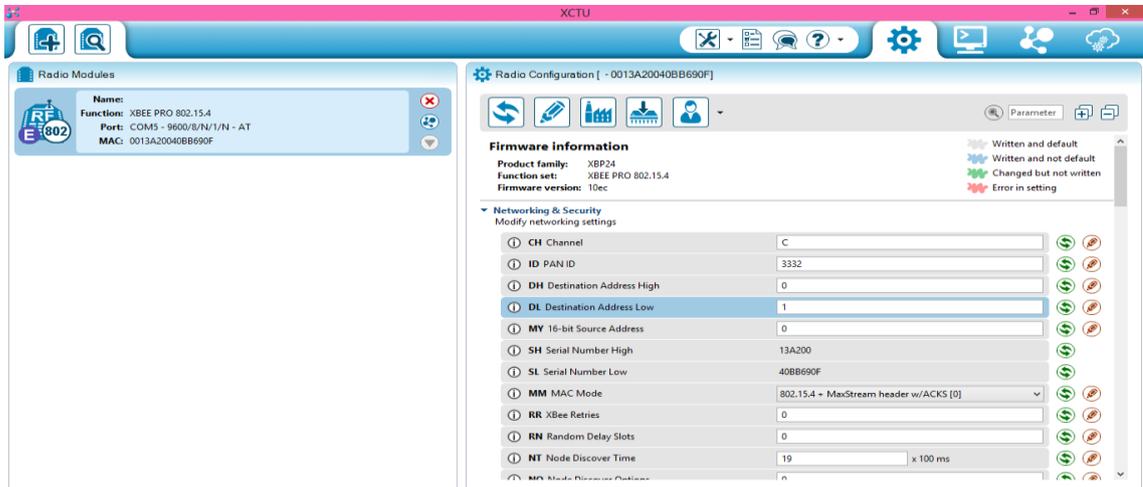
5. Conexión detectada.



6. Modulo XBEE listo para configuracion



## 7. Visualización de los parámetros de configuración del XBEE.



The screenshot displays the XCTU software interface. On the left, the 'Radio Modules' panel shows the selected module: 'Name: XBEE PRO 802.15.4', 'Function: XBEE PRO 802.15.4', 'Port: COM5 - 9600/B/N/1/N - AT', and 'MAC: 0013A20040BB690F'. The main area is titled 'Radio Configuration [- 0013A20040BB690F]' and contains a 'Firmware information' section with the following details:

- Product family: XBP24
- Function set: XBEE PRO 802.15.4
- Firmware version: 10ec

Below this is the 'Networking & Security' section, which includes a table of parameters for modification:

Parameter	Value	Status
CH Channel	C	Written and default
ID PAN ID	3332	Written and default
DH Destination Address High	0	Written and default
DL Destination Address Low	1	Written and default
MY 16-bit Source Address	0	Written and default
SH Serial Number High	13A200	Written and default
SL Serial Number Low	40BB690F	Written and default
MM MAC Mode	802.15.4 + MaxStream header w/ACKS [0]	Written and default
RR XBee Retries	0	Written and default
RN Random Delay Slots	0	Written and default
NT Node Discover Time	19 x 100 ms	Written and default
MA Mode Discover Pattern	n	Written and default

## 8. Guardar la configuración.



- Para guardar la configuración se presiona el botón writer.

# ANEXO D

## CÓDIGOS DE PROGRAMACIÓN

- **Interfaz grafica**

```
function varargout = serial_GUI(varargin)
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',    mfilename, ...
                  'gui_Singleton', gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @serial_GUI_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn', @serial_GUI_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn', [] , ...
                  'gui_Callback', []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end
if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT
% --- Executes just before serial_GUI is made visible.
function serial_GUI_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
movegui(hObject,'center')
global RxText3;
global KeepRunning;
global a;
global RxText;
global RxText1;
serialPorts = instrhwinfo('serial');
nPorts = length(serialPorts.SerialPorts);
set(handles.portList, 'String', ...
      [{'Seleccionar un puerto'} ; serialPorts.SerialPorts ]);
set(handles.portList, 'Value', 2);
handles.output = hObject;
guidata(hObject, handles);

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = serial_GUI_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
% varargout cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject handle to figure
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function portList_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
```

```

% hObject handle to portList (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles empty - handles not created until after all CreateFcns called

% Hint: listbox controls usually have a white background on Windows.
% See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on button press in rxButton.
function rxButton_Callback(hObject, eventdata, handles)
global KeepRunning;
global RxText3;
global a;
global RxText;
global RxText1;
global RxText2;
KeepRunning=1;
a=0;
while (KeepRunning)
    [RxText] = [fscanf(handles.serConn,'%e')];
    [RxText1] = [fscanf(handles.serConn,'%e')];
    [RxText2] = [fscanf(handles.serConn,'%e')];
    [RxText3] = [fscanf(handles.serConn,'%e')];
set(handles.text4,'String',[RxText])
set(handles.text5,'String',[RxText1])
set(handles.text6,'String',[RxText2])
set(handles.text7,'String',[RxText3])
set(handles.fecha,'String',date)
t=clock;
set(handles.hora,'String',[num2str(fix(t(4))),':',num2str(fix(t(5))),':',num2str(fix(t(6)))])
pause(0.1);
a=a+1;
c(a)= [RxText];
c2(a)= [RxText1];
c6(a)= [RxText2];
%c7(a)= {'EL PARAMETRO'};
end
%des = sprintf('%s<br>%s</b><br>%s</b>', ...
des = sprintf('%s<br>%s</b><br>%s</b>', ...
    'Sistema de Monitoreo', 'Trayectorias:', ...
    c);
kmlwrite('Base.kml',c,c2,...
    'Description', des);
%titulos={'Latitude' 'Longitude' 'Name' 'Description' 'Icon' 'IconScale' 'IconHeading' 'IconColor'
'LineStyleColor'};
%xlswrite('Base.xlsx',titulos,'BASE','A1');
%xlswrite('Base.xlsx',c,'BASE','A2');
%xlswrite('Base.xlsx',c2,'BASE','B2');
%xlswrite('Base.xlsx',c7,'BASE','D2');
function baudRateText_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject handle to baudRateText (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles structure with handles and user data (see GUIDATA)

```

```

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of baudRateText as text
%   str2double(get(hObject,'String')) returns contents of baudRateText
%   as a double
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function baudRateText_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject   handle to baudRateText (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles   empty - handles not created until after all CreateFns called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%   See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
% --- Executes on button press in connectButton.
function connectButton_Callback(hObject, eventdata, handles)
if strcmp(get(hObject,'String'),'Conectar') % currently disconnected
    serPortn = get(handles.portList, 'Value');
    if serPortn == 1
        errordlg('Select valid COM port');
    else
        serList = get(handles.portList,'String');
        serPort = serList{serPortn};
        serConn = serial(serPort, 'TimeOut', 1, ...
            'BaudRate', str2num(get(handles.baudRateText, 'String')));
        try
            fopen(serConn);
            handles.serConn = serConn;
            % enable Tx text field and Rx button
            set(handles.detener, 'Enable', 'On');
            set(handles.rxButton, 'Enable', 'On');
            set(hObject, 'String', 'Desconectar')
        catch e
            errordlg(e.message);
        end
    end
else
    set(handles.detener, 'Enable', 'Off');
    set(handles.rxButton, 'Enable', 'Off');

    set(hObject, 'String', 'Conectar')
    fclose(handles.serConn);
end
guidata(hObject, handles);

% --- Executes when user attempts to close figure1.
function figure1_CloseRequestFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject   handle to figure1 (see GCBO)
% eventdata reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles   structure with handles and user data (see GUIDATA)
if isfield(handles, 'serConn')
    fclose(handles.serConn);
end
% Hint: delete(hObject) closes the figure

```

```

delete(hObject);

% --- Executes on button press in detener.
function detener_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to detener (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA);
global KeepRunning;
KeepRunning=0;
set(handles.rxBUTTON, 'Enable', 'Off');
% --- Executes on button press in borrar.
function borrar_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to borrar (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)}
delete ('Base.kml')

% --- Executes on button press in salir.
function salir_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to salir (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
opc=questdlg('¿Desea salir del programa?', 'SALIR', 'Si', 'No', 'No');
if strcmp(opc, 'No')
return;
end
clear,clc,close all

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function axes1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to axes1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called
% Hint: place code in OpeningFcn to populate axes1
worldmap world
load coast
plotm(lat, long)
% --- Executes on button press in link.
function link_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to link (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% web http://www.earthpoint.us/ExcelToKml.aspx -browser
winopen('Base.kml')
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function axes3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to axes3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called
% Hint: place code in OpeningFcn to populate axes3
a = imread ('pp.jpg');
image (a)
axis off

```

- **Sistema de movilización**

```
#include <Ultrasonic.h>           // (librería de ARDUINO)

Ultrasonic ultral(9,8);          // (Trig PIN,Echo PIN del sensor 1)

Ultrasonic ultrar(6,7);         // (Trig PIN,Echo PIN del sensor 2)

int Pinr=12;                     // (declarando pines)

int Pinv=11;                     // (declarando pines)

void setup() {                   // (Función de inicialización)

  Serial.begin(9600);            //velocidad de transmisión

  pinMode(Pinv,OUTPUT);         //Definimos los pines de salida

  pinMode(Pinr, OUTPUT);        //Definimos los pines de salida

}

void loop()                      //ciclo repetitivo

{

  Serial.print("sensor 1: ");    // mensaje

  Serial.print(ultral.Ranging(CM)); // visualización de datos proporcionados en cm

  Serial.print(" cm  ");        // mensaje

  Serial.print("sensor 2: ");    // mensaje

  Serial.print(ultrar.Ranging(CM)); // visualización de datos proporcionados en cm

  Serial.println(" cm" );       // mensaje

  if (ultral.Ranging(CM)<48)     //condición a cumplir

  {

    digitalWrite(Pinr, HIGH);    //habilitación de la salida Pinr

  }

  else if (ultral.Ranging(CM) >=48) // condición a cumplir

  {

    digitalWrite(Pinr, LOW);     // des habilitación de la salida Pinr

  }

}
```

```

}
if (ultrart.Ranging(CM)<48)           // condición a cumplir
{
    digitalWrite(Pinv, HIGH);         // habilitación de la salida Pinv
}
else if (ultrar.Ranging(CM) >=48)    // condición a cumplir
{
    digitalWrite(Pinv, LOW);         // des habilitación de la salida Pinv
}
delay(100);                          //retardo de 100ms
}

```

- **Sistema de posicionamiento**

```

include <SoftwareSerial.h>           // ((librería de ARDUINO))
#include <TinyGPS.h>                 // ((librería de ARDUINO))
SoftwareSerial gpsSerial1 (2, 3);    // (Comunicación GPS)
TinyGPS gps;                        // (Objeto de la librería GPS)
void setup()                        // (función de inicialización de variables)
{
    Serial.begin (9600);             // (Velocidad de transmisión)
    gpsSerial1.begin (4800);         // (Velocidad de transmisión del GPS)
}
void loop()                          // (ciclo consecutivo)
{
    while(gpsSerial1.available())    // (Condición de validación de datos)

```

```
{  
  if(gps.encode(gpsSerial1.read()))          // (Decodificación de la trama GPS)  
  {  
    float latitud, longitud;                  // (declaración de variables)  
    gps.f_get_position(&latitud, &longitud); // (obtención de latitud y longitud)  
    Serial.println(latitud,5);               // (visualización de latitud)  
    Serial.println(longitud,5);             // (obtención de longitud)  
    Serial.println(gps.f_altitude());       // (obtención y visualización de altitud)  
    Serial.println(gps.f_speed_kmph());     // (obtención y visualización de velocidad)  
  }  
}  
}
```

# ANEXO E

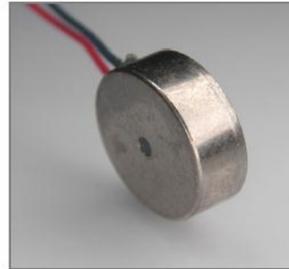
## Especificaciones Técnicas de los componentes



### 310-101

10mm Shaftless Vibration Motor  
3.4mm Button Type

Specification	Value
Voltage [V]	3
Frame Diameter [mm]	10
Body Length [mm]	3.4
Weight [g]	1.2
Voltage Range [V]	2.5~3.8
Rated Speed [rpm]	12000
Rated Current [mA]	75
Start Voltage [V]	2.3
Start Current [mA]	85
Terminal Resistance [Ohm]	75
Vibration Amplitude [G]	0.8

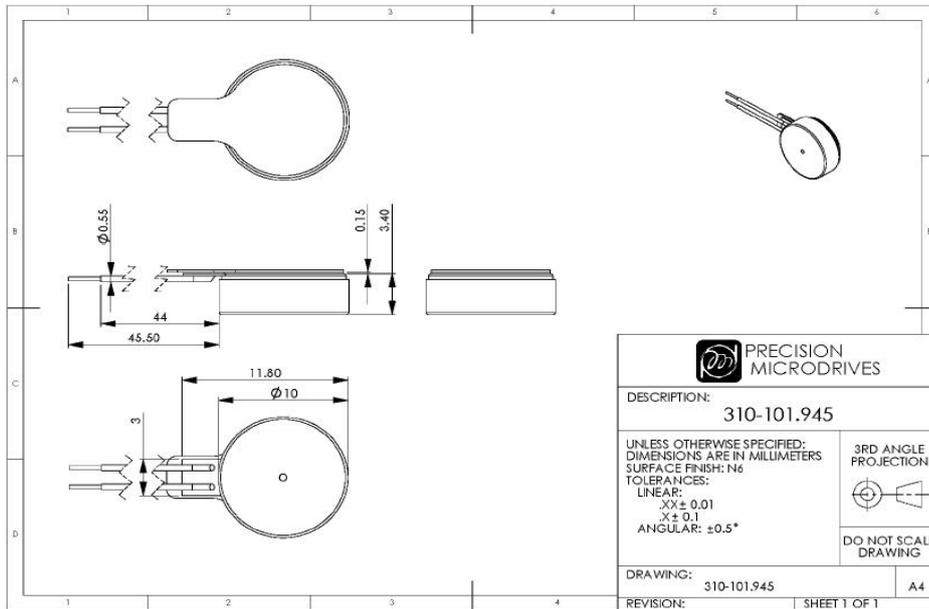


[www.precisionmicrodrives.com](http://www.precisionmicrodrives.com)

Tel: +44 (0) 1932 252482

Fax: +44 (0) 1932 325353

Email: [sales@precisionmicrodrives.com](mailto:sales@precisionmicrodrives.com)





環天衛星科技股份有限公司

**PRODUCT USER MANUAL**  
**GPS RECEIVER ENGINE BOARD**  
**EM-406A**

**GlobalSat Technology Corporation**

台北縣中和市建一路 186 號 16 樓(遠東世紀廣場)

16, No.186, Chien 1 Road, 235 Chung Ho City, Taipei Hsien, Taiwan ,R.O.C.

Tel: 886-2-8226-3799(Rep.)

Fax: 886-2-8226-3899

Web: [www.globalsat.com.tw](http://www.globalsat.com.tw)

E-mail: [service@globalsat.com.tw](mailto:service@globalsat.com.tw)

**Features:**

- SiRF star III high performance GPS Chip Set
- Very high sensitivity (Tracking Sensitivity: -159 dBm)
- Extremely fast TTFF (Time To First Fix) at low signal level
- Support NMEA 0183 data protocol
- Built-in SuperCap to reserve system data for rapid satellite acquisition
- Built-in patch antenna
- LED indicator for GPS fix or not fix
  - LED OFF: Receiver switch off
  - LED ON: No fixed, Signal searching
  - LED Flashing: Position Fixed

**Specification:**

**General**

Chipset	SiRF Star III
Frequency	L1, 1575.42 MHz
C/A code	1.023 MHz chip rate
Channels	20 channel all-in-view tracking
Sensitivity	-159 dBm

**Accuracy**

Position	10 meters, 2D RMS 5 meters, 2D RMS, WAAS enabled
Velocity	0.1 m/s
Time	1us synchronized to GPS time

**Datum**

Default	WGS-84
---------	--------

**Acquisition Time**

Reacquisition	0.1 sec., average
Hot start	1 sec., average
Warm start	38 sec., average
Cold start	42 sec., average

**Dynamic Conditions**

Altitude	18,000 meters (60,000 feet) max
Velocity	515 meters /second (1000 knots) max
Acceleration	Less than 4g
Jerk	20m/sec **3

**Power**

Main power input	4.5V ~ 6.5V DC input
Power consumption	44mA

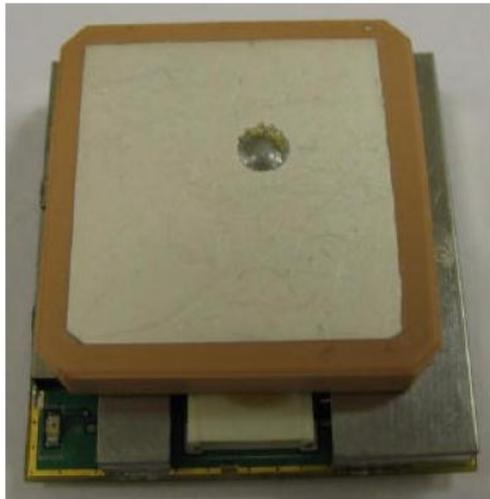
**Protocol**

Electrical level	TTL level, Output voltage level: 0V ~ 2.85V RS-232 level
Baud rate	4,800 bps
Output message	NMEA 0183 GGA, GSA, GSV, RMC, VTG, GLL

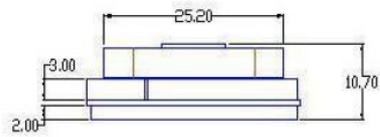
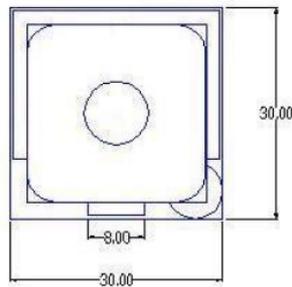
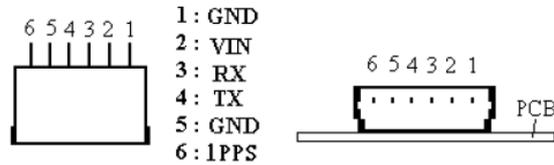
**Physical Characteristics**

Dimension	30mm*30mm*10.5mm $\pm$ 0.2mm
-----------	------------------------------

Operating temperature	-40°C to +85°C
-----------------------	----------------



### Pin Assignment



Dimension  $\pm 0.2$ mm

### Pin description

**\* VIN (DC power input):**

This is the main DC supply for a 4.5V ~6.5 DC input power.

**\* TX:**

This is the main transmits channel for outputting navigation and measurement data to user's navigation software or user written software.

**\* RX:**

This is the main receive channel for receiving software commands to the engine board from SiRFdemo software or from user written software.

**\* GND:**

GND provides the ground for the engine board. Connect all grounds.

**\* 1PPS**

This pin provides one pulse-per-second output from the engine board that is synchronized to GPS time.



Tech Support: [services@elecfreaks.com](mailto:services@elecfreaks.com)

## Ultrasonic Ranging Module HC - SR04

### Product features:

Ultrasonic ranging module HC - SR04 provides 2cm - 400cm non-contact measurement function, the ranging accuracy can reach to 3mm. The modules includes ultrasonic transmitters, receiver and control circuit. The basic principle of work:

- (1) Using IO trigger for at least 10us high level signal.
- (2) The Module automatically sends eight 40 kHz and detect whether there is a pulse signal back.
- (3) IF the signal back, through high level , time of high output IO duration is the time from sending ultrasonic to returning.

Test distance = (high level time×velocity of sound (340M/S) / 2,

### Wire connecting direct as following:

- 5V Supply
- Trigger Pulse Input
- Echo Pulse Output
- 0V Ground

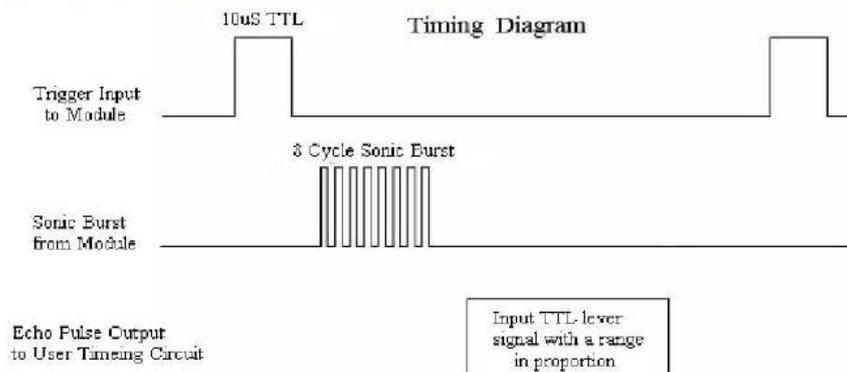
### Electric Parameter

Working Voltage	DC 5 V
Working Current	15mA
Working Frequency	40Hz
Max Range	4m
Min Range	2cm
MeasuringAngle	15 degree
Trigger Input Signal	10uS TTL pulse
Echo Output Signal	Input TTL lever signal and the range in proportion
Dimension	45*20*15mm



### Timing diagram

The Timing diagram is shown below. You only need to supply a short 10uS pulse to the trigger input to start the ranging, and then the module will send out an 8 cycle burst of ultrasound at 40 kHz and raise its echo. The Echo is a distance object that is pulse width and the range in proportion. You can calculate the range through the time interval between sending trigger signal and receiving echo signal. Formula:  $\mu\text{s} / 58 = \text{centimeters}$  or  $\mu\text{s} / 148 = \text{inch}$ ; or: the range = high level time \* velocity (340M/S) / 2; we suggest to use over 60ms measurement cycle, in order to prevent trigger signal to the echo signal.



---

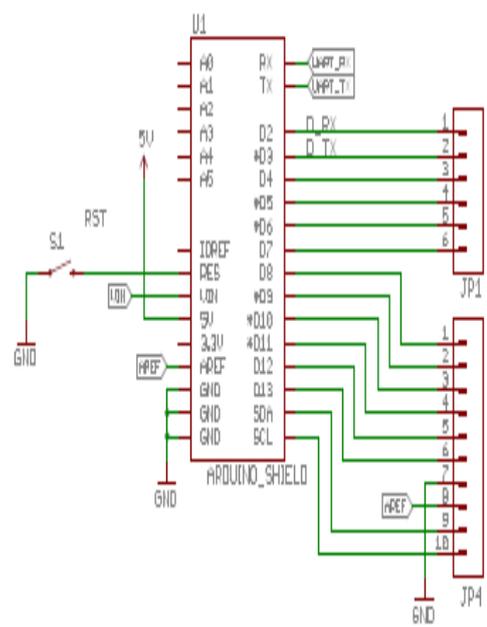
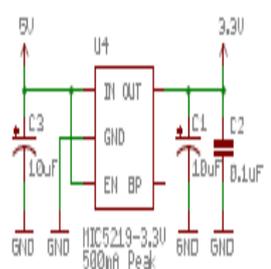
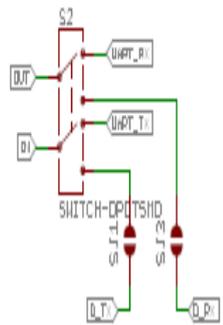
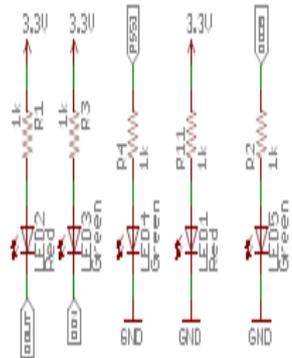
### **Attention:**

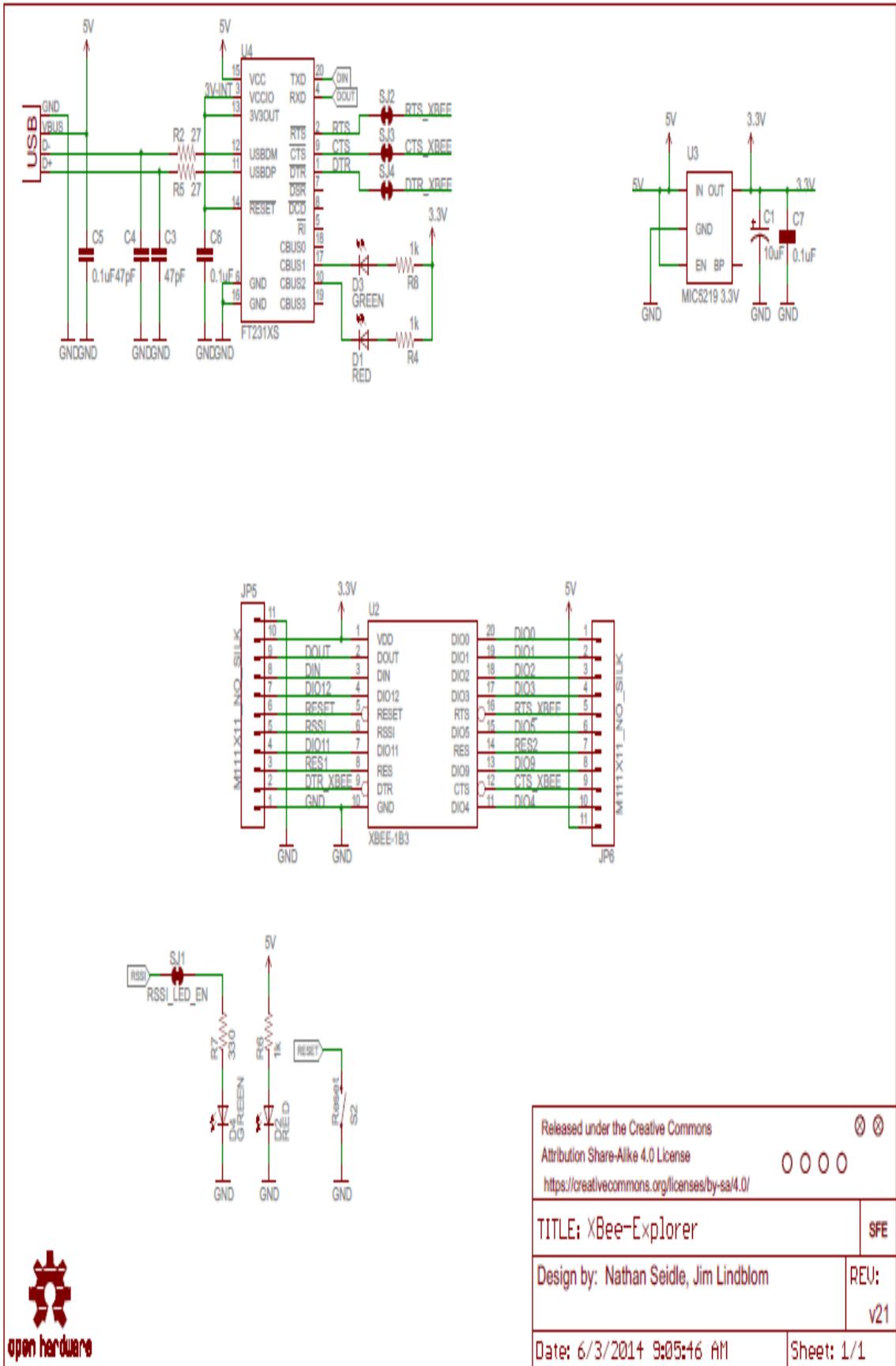
- The module is not suggested to connect directly to electric, if connected electric, the GND terminal should be connected the module first, otherwise, it will affect the normal work of the module.
- When tested objects, the range of area is not less than 0.5 square meters and the plane requests as smooth as possible, otherwise ,it will affect the results of measuring.

[www.Elecfreaks.com](http://www.Elecfreaks.com)









Released under the Creative Commons Attribution Share-Alike 4.0 License <a href="https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/">https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/</a>		© © O O O O
TITLE: XBee-Explorer		SFE
Design by: Nathan Seidle, Jim Lindblom		REV: v21
Date: 6/3/2014 9:05:46 AM	Sheet: 1/1	

