



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE GRADUACIÓN**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN TELEINFORMÁTICA**

**ÁREA
TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA**

**TEMA
IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO PARA
MONITOREO CON GPS & GSM PARA PERSONAS
CON DISCAPACIDAD VISUAL**

**AUTOR
SILVA CASTILLO JEFFERSON ABEL**

**DIRECTORA DEL TRABAJO
ING. ELECT. GALLEGOS ZURITA DIANA ERCILIA, MG.**

**2018
GUAYAQUIL-ECUADOR**

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“La responsabilidad del contenido de este Trabajo de Titulación, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio Intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil”

SILVA CASTILLO JEFFERSON ABEL

C.C. 0952001584

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios por otorgarme la fuerza y ímpetu necesario para lograr culminar esta etapa

Agradecer a mi familia, quienes con su amor y su comprensión me impulsaron para que pueda culminar mis estudios.

Agradecer a mi tutora Ing. Gallegos Zurita Diana Ercilia por el asesoramiento y revisión durante el proceso de desarrollo hasta la culminación de esta tesis.

Agradecer al docente Ing. Andrade Greco Plinio por su paciencia, comprensión al haber contribuido con la revisión y observaciones en el desarrollo de esta tesis.

Agradecer a todos los docentes de la carrera de teleinformática quienes aportaron con sus conocimientos en mi persona.

Finalmente agradezco a todos mis amigos y amigas ya que siempre me apoyaron moralmente para continuar adelante en mis estudios.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado especialmente a mis padres Amada y Angel que siempre estuvieron guiando en el largo camino hacia esta meta, además por darme la fuerza y motivación para seguir adelante, también agradezco a mis hermanos que han estado ahí incondicionalmente, a los amigos por alentarme a seguir esforzándome, y a todas aquellas personas que me han ayudado a culminar esta meta importante.

ÍNDICE GENERAL

N°	Descripción	Pág.
	INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I EL PROBLEMA

N°	Descripción	Pág.
1.1	Planteamiento del problema	4
1.2	Formulación del problema	6
1.3	Sistematización de problema	6
1.4	Objetivos de la investigación	7
1.4.1.	Objetivo general	7
1.4.2.	Objetivos específicos	7
1.5.	Justificación	7
1.6	Delimitación del problema	8
1.6.1	Delimitación geográfica	8
1.6.2	Delimitación temporal	9
1.6.3	Delimitación del conocimiento	9
1.6.4	Dispositivo para monitoreo de la ubicación de personas	9
1.7	Alcance	9

CAPÍTULO II MARCO TEORICO

N°	Descripción	Pág.
2.1	Antecedentes de la Investigación	11
2.2	Marco Teórico	14

N°	Descripción	Pág.
2.2.1	Sistema Global para las Comunicaciones Móviles	14
2.2.1.1	Antecedentes de la red GSM	15
2.2.1.2	Arquitectura de la red GSM	16
2.2.2	Sistema de Posicionamiento Global	19
2.2.3	Funcionamiento del GPS	19
2.2.3.1	Triangulación desde los satélites	19
2.2.3.2	Medida de las distancias a los satélites	20
2.2.3.3	Control perfecto del tiempo	21
2.2.3.4	Posicionamiento de los Satélites	22
2.2.3.5	Corrección de Errores	23
2.2.3.6	Aplicaciones del GPS	24
2.2.4	Selección y descripción del sistema embebido	25
2.2.4.1	Sistema embebido	25
2.2.4.2	Características de los sistemas embebidos	26
2.2.4.3	Componentes de los sistemas embebidos	29
2.2.4.4	Microprocesador	30
2.2.4.5	Microcontroladores	30
2.2.5	Arduino	31
2.2.5.1	Arduino Pro-Mini	32
2.2.5.2	IDE Arduino	34
2.2.5.3	Comandos AT	35
2.2.5.4	Conversor USB a Serial	36
2.2.6	Módulos y tipo de comunicación	37
2.2.6.1	Módulo SIM800L GSM	37
2.2.6.2	Módulo GPS Ublox neo-6m	38
2.2.6.3	Lenguaje del GPS	40
2.2.6.4	Protocolos de comunicación serial	41
2.2.6.5	Protocolos de comunicación UART	42
2.2.6.6	Protocolo de comunicación SPI	43
2.2.6.7	Protocolo de comunicación I2C	44
2.2.7	Módulo de carga micro USB Arduino	46

N°	Descripción	Pág.
2.2.8	Fuente de alimentación eléctrica	47
2.2.9	Sistema operativo Android	48
2.2.10	Entornos de desarrollo Android	49
2.2.10.1	Aplicación móvil con App Inventor	50
2.2.10.2	Antecedentes	51
2.2.10.3	Características	51
2.2.10.4	Modo de uso de App Inventor	52
2.2.10.5	Elementos de App Inventor	53
2.3	Marco Contextual	57
2.4	Marco Conceptual	57
2.5	Marco Legal	59

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

N°	Descripción	Pág.
3.1	Diseño y metodología de la investigación	62
3.2	Enfoque de la investigación	63
3.3	Tipos de investigación	63
3.3.1	Investigación exploratoria	63
3.3.2	Investigación experimental o de laboratorio	64
3.3.3	Investigación aplicada	65
3.4	Técnicas y herramientas de investigación	65
3.5	Modalidad para el desarrollo del dispositivo	66
3.5.1	Requerimientos para el desarrollo diseño	67
3.5.2	Análisis comparativo de elementos del dispositivo	68
3.5.2.1	Análisis comparativo de tarjetas para procesamiento	69
3.5.2.2	Análisis comparativo de módulos para ubicación	70
3.5.2.3	Análisis comparativo de módulos para comunicación	71

N°	Descripción	Pág.
3.5.3	Diseño del dispositivo	72
3.5.3.1	Diagrama de conexión de módulos	72
3.5.3.2	Batería y cargador por emplear	75
3.5.4	Construcción del dispositivo	75
3.5.4.1	Programación del dispositivo con el IDE Arduino	77
3.5.4.2	Configuración del módulo GPS	78
3.5.4.3	Fases de comprobación del Módulo GPS	79
3.5.5	Pruebas del dispositivo	82
35.5.1	Captura de ubicación mediante la aplicación desarrollada	82
3.5.5.2	Comprobación con Google Maps	83
3.5.5.3	Rendimiento de batería en la prueba	84
3.6	Modalidad para el desarrollo de la aplicación	85
3.6.1	Selección del software idóneo para programar la aplicación en Android	85
3.6.2	Diseño de aplicación	87
3.6.3	Programación en bloques de la aplicación	89
3.6.3.1	Descripción de programación de la primera pantalla	89
3.6.3.2	Descripción de programación de la segunda pantalla	90
3.6.3.3	Descripción de programación de la tercera pantalla	91
3.6.4	Fase de comprobación de la aplicación	92

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

N°	Descripción	Pág.
4.1	Costos de implementación	94
4.2	Conclusiones	95

N°	Descripción	Pág.
4.3	Recomendaciones	97
	ANEXOS	99
	BIBLIOGRAFÍA	139

ÍNDICE DE TABLAS

N°	Descripción	Pág.
1	Fuentes de error del sistema GPS	23
2	Características generales de Arduino pro-mini	33
3	Características generales de sim800l	38
4	Características generales de módulo gps Ublox 6m	39
5	Comparativa de tarjetas de procesamiento	69
6	Comparativa de módulos GPS	70
7	Comparativa de módulos GSM	71
8	Distribución de pines en Arduino pro-mini	73
9	Coordenadas del dispositivo desarrollado	83
10	Coordenadas de aplicación Google Maps	83
11	Presupuesto del proyecto	94

ÍNDICE DE FIGURAS

N°	Descripción	Pág.
1	Porcentajes por tipo de discapacidad	5
2	Porcentaje de inseguridad por lugares	14
3	Arquitectura de la red GSM	17
4	Diagrama de bloques en la red GSM	18
5	Retardo de la señal	21
6	Sección de mensajes en el ide Arduino	32
7	Arduino pro-mini	32
8	Módulo sim800l	37
9	GPS Ublox 6m	39
10	Sentencias emitidas desde el GPS	41
11	Topología del protocolo UART	43
12	Ejemplo de conexión I2C	46
13	Módulo de carga lipo	47
14	Batería lipo	48
15	Menú de opciones en App Inventor	53
16	Ventana editora de bloques	54
17	Página para diseño de app inventor	55
18	Elementos para diseño	56
19	Vista previa	56
20	Editor de componentes y Propiedades	57
21	Incremento de teléfonos inteligentes 2016	58
22	Diagrama de bloques del sistema completo	59
23	Características del diseño funcional del sistema	68
24	Esquema general del sistema eléctrico del dispositivo	72
25	Diagrama de conexiones del dispositivo	74

N°	Descripción	Pág.
26	Montaje en baquelita	76
27	Montaje final en la caja	76
28	Librería TinyGPSPlus	77
29	Programación del módulo GPS y GSM en Arduino	78
30	Conexión de la placa Arduino y módulo GPS	80
31	Sketch de prueba con módulo GPS	80
32	Ventana de Software U-Center	81
33	Diagrama de conexión entre PC y módulo GPS	82
34	Registro de lugares en la Base de datos	84
35	Página web de App Inventor	86
36	Primer interfaz de la aplicación	88
37	Segunda interfaz de la aplicación	88
38	Tercera interfaz de la aplicación	89
39	Prueba en emulador de App Inventor	93
40	Programa mit app inventor tools	93

ÍNDICE DE ANEXOS

N°	Descripción	Pág.
1	Pines de módulo sim800l	100
2	Pines de módulo Ublox 6m	101
3	División de pines en Arduino pro-mini	102
4	Diagrama de pines Arduino pro-mini	103
5	Armado en baquelita	104
6	Parte inferior soldada	105
7	Conexión de módulos	106
8	Montaje en la caja	107
9	Primer bloque del programa	108
10	Segundo bloque del programa	109
11	Bloque final del programa	110
12	Programación en bloques de primera pantalla	111
13	Programación de segunda pantalla primer bloque	112
14	Programación de segunda pantalla segundo bloque	113
15	Programación de segunda pantalla tercer bloque	114
16	Programación de segunda pantalla cuarto bloque	115
17	Programación de segunda pantalla quinto bloque	116
18	Programación de tercer pantalla primer bloque	117
19	Programación de tercera pantalla bloque final	118
20	Primera captura en aplicación	119
21	Primera captura en Google Maps	120
22	Segunda captura en aplicación	121
23	Segunda captura en Google Maps	122
24	Tercera captura en aplicación	123
25	Tercera captura en Google Maps	124

N°	Descripción	Pág.
26	Cuarta captura en aplicación	125
27	Cuarta captura en Google Maps	126
28	Quinta captura en aplicación	127
29	Quinta captura en Google Maps	128
30	Sexta captura en aplicación	129
31	Sexta captura en Google Maps	130
32	Séptima captura en aplicación	131
33	Séptima captura en Google Maps	132
34	Octava captura en aplicación	133
35	Octava captura en Google Maps	134
36	Novena captura en aplicación	135
37	Novena captura en Google Maps	136
38	Última captura en aplicación	137
39	Última captura en Google Maps	138

AUTOR: SILVA CASTILLO JEFFERSON ABEL
TEMA: “IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO PARA MONITOREO CON GPS & GSM PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD VISUAL”
DIRECTOR: ING. ELECT. GALLEGOS ZURITA DIANA ERCILIA, MG.

RESUMEN

Las pocas empresas en Ecuador dedicadas al desarrollo de dispositivos para monitoreo de la localización de personas venden a precios altos este tipo de equipos, incluso la aplicación tiene un costo aparte, esto hace necesario una solución. El objetivo del presente trabajo de titulación es el desarrollo de un sistema de monitoreo para individuos con discapacidad visual de la ciudad de Guayaquil, mediante el empleo de tecnologías actuales de comunicación y posicionamiento. Se realizó varios análisis comparativos de módulos electrónicos compatibles para el proyecto, logrando así diseñar un dispositivo conforme los objetivos planteados. Los elementos que componen el dispositivo son: el microcontrolador Arduino, una batería, un módulo GPS y otro GSM, inclusive una aplicación en Android. La aplicación desarrollada permite al receptor de la información solicitar la ubicación las veces que necesite, mediante mensajes de texto y visualizar la ubicación de la persona. Se puso a prueba el dispositivo en un entorno real, esto en zonas donde circula el transporte público, se obtuvieron una serie de coordenadas geográficas en lugares específicos para luego contrastar con los datos entregados por Google maps. El proyecto se culminó con éxito, el dispositivo puede ser empleado para mejorar la seguridad de las personas vulnerables en nuestra ciudad ya que las pruebas realizadas demostraron su efectividad.

PALABRAS CLAVES: GPS, GSM, Arduino, aplicación, monitoreo, Android.

AUTHOR: SILVA CASTILLO JEFFERSON ABEL
TOPIC: “IMPLEMENTING A DEVICE WITH GPS & GSM FOR
MONITORING VISUAL IMPAIRED PEOPLE”
DIRECTOR: E E GALLEGOS ZURITA DIANA ERCILIA, MG.

ABSTRACT

There are few companies in Ecuador dedicated to develop devices for monitoring people's location selling high-priced equipment, in addition the application has another cost and this makes the necessity to develop a solution. The aim of this work is to develop a monitoring system for individuals with visual disability in the city of Guayaquil, using communication technologies and positioning's systems. There were conducted several comparative analyses about electronic modules adaptable for the project, there was a device designed according to its objective. The core elements that compound the device are: the microcontroller Arduino, a battery, a GPS and other GSM module, including an Android application. The application developed allows the receiver of the information to request location the times that text messages are need and you could see the location from the application. The device was tested in a real environment, in areas where public transportation runs, also there were a series of geographic coordinates in specific places in order to contrast with the data provided by Google maps. The objectives of the project were reached with success, the device can be used to improve safety for vulnerable people in our city since these tests showed their effectiveness.

KEYWORDS: GSM, GPS, Arduino, application, monitoring, Android.

Silva Castillo Jefferson Abel
I.D. 0952001584

E E Gallegos Zurita Diana Ercilia, Mg.
Director of Work

INTRODUCCIÓN

La continua evolución de la tecnología en los últimos años conlleva el desarrollo de sistemas informáticos complejos diseñados para satisfacer casi todas las necesidades humanas, entre ellas tenemos el monitoreo, control y localización como procesos fundamentales en la sociedad actual, y gracias al desarrollo de áreas de conocimiento como son la informática y las telecomunicaciones es posible desarrollar soluciones conformes a esta necesidad.

La seguridad e integridad de las personas siempre serán factores importantes, tanto en la sociedad y sobre todo para las familias que tienen miembros vulnerables a riesgos comunes presentes en el ambiente externo donde desenvuelven sus actividades diarias.

La sociedad está conformada por personas vulnerables como las de terca edad, niños, discapacitados mentales y visuales que llegan a extraviarse, para poder ser localizada la persona extraviada tienen que pasar 48 horas según la policía nacional del Ecuador, esto genera insatisfacción en los familiares al tener que esperar mucho tiempo para saber el estado de esta persona.

Según el Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades, encargado de dictar políticas y coordinar acciones sobre el área de discapacidades, en el presente mes Julio del año 2018 a nivel nacional se encuentran registrados 52.679 personas con discapacidad visual. Se estima que en nuestra ciudad Guayaquil viven el 14,71%, exactamente 7.748 personas con este tipo de discapacidad, estos valores ubican a la ciudad con la mayor cantidad de personas con esta discapacidad.

Por estas razones es necesario plantear mediante este proyecto de titulación una idea que nos ayude a monitorear y localizar a las personas vulnerables tomando ventaja de los avances tecnológicos que existen, como módulos de fácil adquisición que emplean tecnología con GPS/GSM, además una Micro-SIM para el desarrollo de los servicios basados en el monitoreo y localización en un ambiente móvil, esto conforma la sección primaria del proyecto.

La sección secundaria que complementa al prototipo está formada por una aplicación que desarrolle en Android, esto porque hay un mayor porcentaje de personas empleando este Sistema Operativo en los teléfonos inteligentes, la aplicación obtiene automáticamente las coordenadas receptadas por SMS, después muestra la ubicación exacta a través de un mapa.

En tal sentido el proyecto emplea estas tecnologías para una localización segura, más rápida, mayor cobertura, con disponibilidad de horario 24 x 7 y transferencia de información. Este dispositivo debe brindar información de georreferencia de acuerdo con las solicitudes enviadas con una palabra clave por mensaje hacia el dispositivo que lleva la persona discapacitada.

El dispositivo de monitoreo se desarrolla principalmente para ser implementado en discapacitados visuales, también puede ser usado en otros casos como es la enfermedad de Alzheimer, niños, mascotas y en varias formas más.

El proyecto de titulación propone desarrollar un dispositivo compacto de fácil transporte para garantizar la movilidad del usuario, este se encuentra dividido en cuatro capítulos que se exponen a continuación:

El capítulo número uno toma el nombre de El Problema; dentro de

este capítulo se explica el planteamiento del problema, formulación del problema, sistematización del problema, luego se describen los objetivos tanto general como específicos, la justificación del porqué del proyecto, la delimitación del problema tanto geográfica, temporal y del conocimiento, después se explica una breve explicación del dispositivo para monitoreo de la ubicación de personas, además del alcance y la hipótesis de la investigación por las cuales se desarrolla la implementación.

El capítulo dos lleva el nombre de Marco Teórico y está compuesto principalmente de una clara descripción del Sistema Global para las Comunicaciones(GSM)y del Sistema de Posicionamiento Global(GPS), luego se explican términos importantes como Sistema embebido, Arduino, conceptos sobre los módulos SIM800L y Ublox 6M, protocolos empleados para el funcionamiento, el tipo de sistema operativo en que se basara la aplicación donde se mostrara la ubicación, además de aclarar cada tipo de marco ya sea contextual, conceptual y legal del proyecto.

El capítulo tres lleva el nombre de Metodología, en este se explica a detalle cada paso realizado para desarrollar el dispositivo entre estos está el diseño, enfoque y modalidad de la investigación, luego se expande la información detallando la metodología de desarrollo del hardware, pasando por el análisis, diseño, montaje y pruebas del dispositivo realizadas. Se anexo la metodología para el desarrollo de la aplicación móvil, parte importante para lograr los objetivos planteados.

Finalmente, en el capítulo denominado Análisis y Conclusiones de Resultados, se revisan las pruebas e impresiones finales del dispositivo, además se anexa una tabla donde detalla los costos bajos de cada elemento final implementado.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

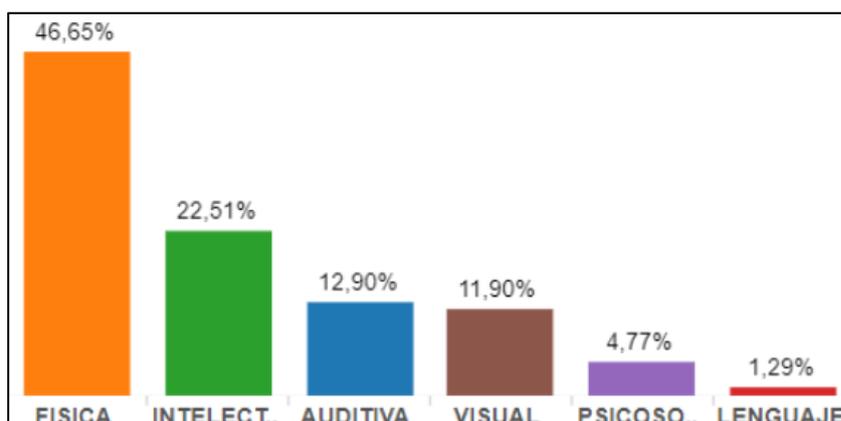
Actualmente hay muchas empresas que se dedican al desarrollo de sistemas de rastreo cuyo propósito exclusivo es monitorear mercadería y vehículos, para esto deben contar con un dispositivo especial, el cual se encarga de obtener ubicación exacta del lugar donde se encuentre. En el mercado existen gran cantidad de dispositivos con ciertas características, pero ninguno de ellos es flexible ni configurable u orientado solo ha miembros especiales de la sociedad como: personas con la enfermedad de alzhéimer, tercera edad, niños y discapacitados visuales.

El proyecto va dirigido primordialmente a la población ecuatoriana que tiene discapacidad visual, se puede verificar en la Figura 1 de manera más detallada con respecto a otro tipo de discapacidades el porcentaje de personas que la tienen, entonces Guayaquil al ser la ciudad más poblada del país alberga 7636 de personas con este tipo de discapacidad y la mayor cantidad a nivel nacional, propensas a sufrir accidentes, robos, secuestros, entre otros problemas sociales que suceden en la ciudad.

Con respecto al diseño y desarrollo de tecnología aplicada a este ámbito, se han desarrollado una serie de dispositivos que ayuda a las personas parecientes de esta discapacidad; el individuo mantiene cierta autonomía y estando en actividad física puede perderse, también se dificulta el recibir ayuda, porque muchas personas viendo la situación de salud de la persona no brindan ayuda para guía u orientación, haciendo que la persona se tenga que valer por sí misma y posiblemente perderse.

Adicionalmente, existen dispositivos ya desarrollados que graban cada lugar por un intervalo de tiempo, luego se guardan en una memoria externa, para ser revisadas al día siguiente, pero esto no brinda información actualizada en caso de una eventualidad.

FIGURA N° 1
PORCENTAJES POR TIPO DE DISCAPACIDAD



Fuente: www.consejodiscapacidades.gob.ec, 2018
Elaborado por: Investigación Directa

En la actualidad en Ecuador existen pocas empresas que ofrecen el servicio de rastreo de ubicación en tiempo real a personas, porque la mayoría de los servicios están diseñados solo para vehículos o exclusivamente para empresas, la inseguridad tanto en el transporte público como en la calle hace necesario tener localizados a la persona con discapacidad visual.

El gran inconveniente para la población ecuatoriana con estos dispositivos sería el costo por cual el usuario común no puede adquirirlo. Para hacer uso del dispositivo primero tendrá que pagar un precio elevado, luego tendrá que acceder a realizar un pago mensual por el servicio, además la aplicación donde visualiza la ubicación tiene su costo, por lo que un sistema independiente y alternativo es necesario.

Por tanto, es imperioso el desarrollo de una solución para el rastreo de estas personas con discapacidad visual, en ese contexto esta

propuesta aborda dicho asunto para su implementación, bajo el empleo de señales GSM y GPS. Estas señales transportan información de georreferenciación, entonces estos datos serán procesados mediante una aplicación que será desarrollada en una plataforma compatible para los dispositivos Android y permitirá al familiar tener acceso a la ubicación en cualquier momento.

1.2. Formulación del problema

¿Por qué es necesario un dispositivo de bajo costo para monitoreo en tiempo real de personas con discapacidad visual en la ciudad de Guayaquil?

1.3. Sistematización del problema

En vista de la necesidad de tener a personas con discapacidad visual monitoreada constantemente su ubicación por los riesgos en la ciudad de Guayaquil, los precios altos de servicios similares, y la carencia de un dispositivo que permita tenerlos rastreados. Se plantea las siguientes interrogantes a contestar en la investigación:

1. ¿Cómo el dispositivo que se planea desarrollar reducirá costos con respecto a empresas que ofrecen el mismo servicio?
2. ¿Cómo el uso de dispositivos de open source y open hardware ayudara a que se creen avances tecnológicos?
3. ¿Cuáles son los factores que hacen necesario un dispositivo de rastreo para estas personas?
4. ¿Qué características de este dispositivo tecnológico dan seguridad y comodidad a su usuario?

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Implementar un dispositivo para monitoreo de la ubicación de personas con discapacidad visual de bajo costo para mejorar la seguridad al desplazarse el beneficiario en la ciudad de Guayaquil.

1.4.2. Objetivos específicos

1. Realizar un análisis comparativo de las tecnologías actuales en el mercado ecuatoriano para rastreo de personas.
2. Seleccionar adecuadamente los elementos que formen el dispositivo de seguimiento.
3. Diseñar un dispositivo de seguimiento de sencillo acondicionamiento a las actividades de estas personas.
4. Implementar el dispositivo de rastreo por GPS & GSM usando elementos de bajo costo para hacerlos accesibles al grupo de interés.

1.5. Justificación

Se consideró la importancia para realizar este dispositivo de rastreo para personas con discapacidad visual por la alta tasa de robo, la prevalencia de delitos a personas y percepción de inseguridad en la ciudad de Guayaquil, haciendo uso de herramientas tecnológicas reduciría ampliamente el nivel de riesgo. En caso de desaparición o secuestro sería rápidamente localizado al sujeto portador del dispositivo sin la necesidad de una acción previa por esta persona.

Con el desarrollo de esta Tesis, las personas que deseen implementarlos en sus familiares que padezcan esta discapacidad se sentirán más seguras al momento de dejarlo salir solo a realizar sus actividades cotidianas, el receptor de la localización del dispositivo podrá desempeñar sus actividades con tranquilidad.

Se demostrará la factibilidad de desarrollar este proyecto por razones de costo en comparación a dispositivos actuales, además la aplicación donde se visualiza la ubicación no tendrá costo alguno y el hardware del dispositivo es open source, lo que permitirá mejoras a futuro.

Se programara una aplicación basa en el Sistema Operativo Android, donde el receptor visualizara la ubicación del dispositivo emisor que tiene el usuario con la discapacidad, para ello usare una placa Arduino, que hoy es usada por la comunidad de desarrolladores mayoritariamente y se basa en un microcontrolador ATmega328 que permite realizar proyectos donde es necesario trabajar con elementos de reducido tamaño, la implementación del dispositivo de seguimiento en los discapacitados visuales ayudará considerablemente a su calidad de vida.

1.6. Delimitación del problema

El desarrollo de este proyecto consiste en la fabricación de un prototipo que permite tener ubicado en tiempo real a la persona que lo tenga, esto a través de una aplicación basada en el sistema operativo Android que estará instalada en el Smartphone el cual receptara las coordenadas para la localización.

1.6.1. Delimitación geográfica

El lugar donde se realiza el trabajo de investigación se centra específicamente en la ciudad de Guayaquil, donde podemos encontrar la

mayor cantidad de personas con discapacidad visual.

1.6.2. Delimitación temporal

El desarrollo del presente proyecto de implementación es llevado a cabo durante los meses comprendidos entre febrero y agosto del presente año, será obtenido mediante varias etapas desde el diseño del dispositivo hasta realizar las pruebas finales en el ambiente externo.

1.6.3. Delimitación del conocimiento

El presente proyecto tiene una cobertura a nivel de la ciudad de Guayaquil de la provincia del Guayas, y se pretende desarrollar un dispositivo para la implementación en pro de mejorar la seguridad de discapacitados visuales, académicamente se aplica conocimientos del área de tecnología electrónica, en el campo de sistemas en tiempo real.

1.6.4. Dispositivo para monitoreo de la ubicación de personas

En Ecuador los sistemas de seguimiento para personas son escasos, existen muchas empresas dedicadas en exclusivo solo al rastreo de vehículos, flotas y activos.

La empresa "GPSManager S.A." provee del servicio de GPS personal mediante el dispositivo denominado "Equipo Syrus Titan" por el precio de \$106,40, a esto se adiciona el pago del servicio mensual de rastreo por \$16,80, entonces este costo es elevado para que acceda a este dispositivo un ciudadano común.

1.7. Alcance

El presente proyecto permitirá una solución práctica para el

monitoreo en tiempo real de los individuos con discapacidad visual de la ciudad de Guayaquil, personas que todavía no tienen un dispositivo junto a ellos para su seguimiento y mejora de su seguridad. Esto permitirá una forma más segura de viajar a cualquier ubicación de la ciudad con el menor costo posible en la realización del proyecto.

El desarrollo de la tesis se enfocará en el diseño del dispositivo y de la aplicación receptora de la ubicación, el mismo que comprenderá de varios elementos implementados en una tarjeta de un tamaño relativamente pequeño. Se usará la tecnología GPS y GSM, por tal motivo se empleará una tarjeta SIM, la misma que proporciona un grado de seguridad más elevado tanto al usuario del dispositivo, como al receptor de esta información.

El sistema emitirá las coordenadas cada vez que se envíe un SMS al número de la SIM que está en el dispositivo del usuario, para así garantizar el acceso a la ubicación solo la persona que tenga el número celular registrado en el dispositivo. La aplicación donde se ingresarán las coordenadas de georreferencia será la diferencia de los demás dispositivos que existen en el mercado, será una mejora ya que el precio tradicional de muchas de estas aplicaciones es realmente el negocio, por una aplicación totalmente gratuita.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

En el país existen altos índices de criminalidad, en especial la ciudad de Guayaquil ubicada entre los primeros puestos según la encuesta de Victimización y Percepción de Inseguridad, para reducir estos riesgos optar por un dispositivo de rastreo ayudaría bastante.

El extenso trabajo de investigación que se hizo ayudo a llegar a la conclusión de que existen varios proyectos enfocados en similares temas sobre el seguimiento a personas mediante GPS y GSM con el fin de mejorar la seguridad a personas. En repositorios institucionales de universidades internacionales se hallaron los siguientes trabajos investigativos:

Acorde a Tanksale (2017), expone en el artículo científico “Cloud Based Child Tracking System Using Raspberrypi” un sistema compuesto por el autobús de la escuela, la unidad educativa y una aplicación en Android. El funcionamiento consiste en un sensor RFID en el bus, la conectividad en la nube para la transmisión de video en vivo a través de la Raspberry Pi, luego al ingresar a la escuela un escáner RFID identifica al niño, después se actualiza su ubicación mediante un módulo Wifi y en la aplicación se visualizará toda la información recopilada.

Indica Panchal (2016), en su tesis “Track Anything and Using Analytics to Improve Performance” de India, que mediante un Sistema de control usando tecnología que conecte un teléfono inteligente con la

plataforma de datos en la nube se obtiene un sistema de seguimiento y además económico. Los usuarios tienen la facilidad de modificar el sistema de acuerdo con sus necesidades, además pueden visualizar la ubicación en distintos equipos como: portátiles, PC de escritorio, tables, y smartphones.

Menciona Sousa (2015), en su trabajo de tesis “Monitoreo de posición segura de niños y personas con discapacidad mental”, tenían como requerimiento para la seguridad un geo cercado, donde si viola esa regla manda una advertencia de la posición de la persona. La seguridad de la información transmitida en otros proyectos no era abordada, entonces fue un objetivo que se consiguió usando el algoritmo bit AES-128 para cifrar los mensajes.

El autor Mazloum (2015), en su investigación “GPS and SMS-Based Child Tracking System Using Smart Phone” presento la propuesta de aprovechar los servicios de localización proporcionados por teléfono móvil, donde usa el GPS y SMS que vienen integrados en los dispositivos celulares para obtener la localización del niño en un mapa en tiempo real. El sistema propuesto elimina la necesidad de conexión a internet o un servidor dedicado.

De acuerdo con Melo (2014), en su proyecto de tesis denominado “Diseño de un Equipo de Rastreo Satelital de elementos usando tecnologías GPS y GSM” presenta la implementación en sus distintas etapas donde demuestra la importancia que tiene la localización geográfica ya sea en entidades públicas, privadas, alarmas caseras GSM y otros usos para esta tecnología como en personas con la enfermedad de Alzheimer en una emergencia.

Según Anderson (2009), presento en la Conferencia Internacional sobre tecnologías de la información, la Comunicación y Desarrollo el

artículo científico “Construcción de un sistema de información de transporte utilizando GPS y SMS con infraestructura básica”, enfatiza el uso de la tecnología para el desarrollo de las ciudades usando componentes ya existentes y de bajo costo. El hardware incluye dispositivos GPS y un modem GSM integrado en un solo paquete que solo requiere una SIM local.

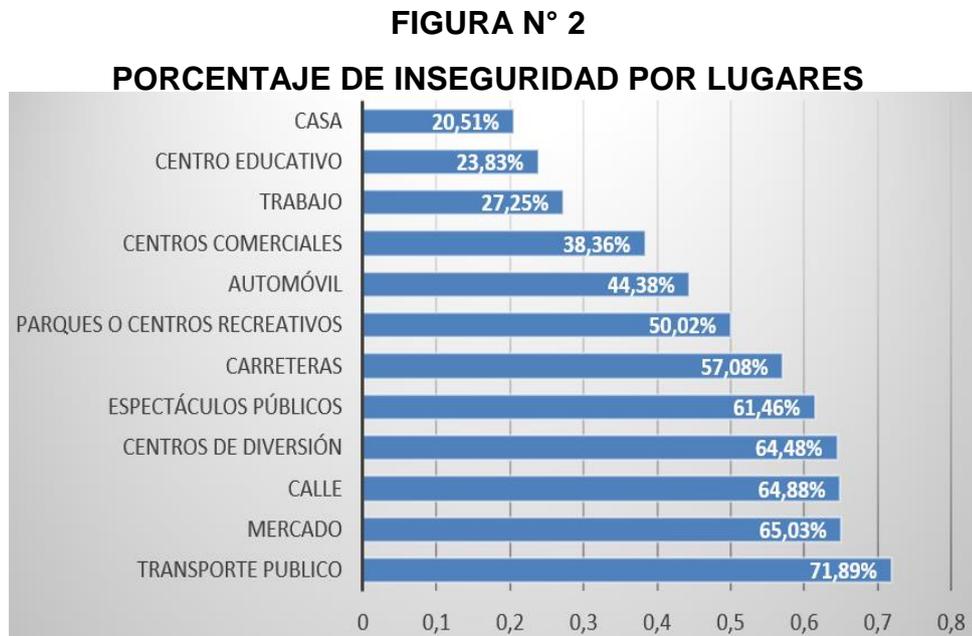
Según el autor Mamani (2014), en su tesis titulada “Localización y monitoreo de personas dentro de los límites del perímetro urbano con cobertura, basada en tecnología GPS/GSM”, planteo el diseño de un sistema para dispositivos móviles Android para monitorear a las personas vulnerables de la sociedad, con las coordenadas del usuario obtenidas se cargaran en una base de datos y donde otros usuarios podrán acceder para visualizar la posición.

La autora Sawada (2013), en su tesis denominada “Diseño de sistema de ubicación para personas con Alzheimer vía web”, enuncia la importancia de diseñar un sistema de ubicación para personas que sufren de la enfermedad de Alzheimer, claro reduciendo precios para favorecer a sectores socioeconómicos, esto implementando tecnologías GPS y GSM, así como el desarrollo de un servicio web y una aplicación basada en el Sistema Operativo Android.

Las investigaciones que fueron citadas ayudan a fundamentar mejor las razones del proyecto, e inclusive reducir las etapas que formaran parte del desarrollo del dispositivo a implementarse.

Se orienta exclusivamente la presente investigación a un sector más específico del trabajo investigativo de Sousa, la población con discapacidad visual que vive en la ciudad de Guayaquil. El dispositivo será construido con elementos de tamaño compacto para darle autonomía a la persona que use, además es importante resaltar el beneficio social

que puede brindar al usuario de este, porque se mejoraría el nivel de confianza de los ciudadanos que se desplazan por la ciudad.



Fuente: Encuesta de Victimización y Percepción de Inseguridad 2011, (INEC)
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

2.2. Marco Teórico

2.2.1. Sistema Global para las Comunicaciones Móviles

De acuerdo Cesar (2013), GSM o Global System for Mobile communications, se estima que el 82% del mercado global de teléfonos móviles lo emplea. Justamente su universalidad hace que el roaming internacional sea muy común entre los operadores de móviles, permitiendo a los usuarios suscritos a sus servicios emplear sus teléfonos en muchas partes del mundo.

Los operadores móviles también se han visto favorecidos por esta implantación tan grande ya que les ha permitido elegir su equipamiento entre multitud de fabricantes de todo el mundo que emplean GSM en sus dispositivos. Se destaca GSM, de la RTB (Red Telefónica Básica), porque digitaliza tanto los datos de voz y los datos de señalización, por esa razón

es considerada a GSM como un sistema de telefonía móvil de segunda generación(2G), gracias a esta ventaja este estándar posibilita con mucha más facilidad el poder establecer comunicaciones de datos.

GSM para lograr la comunicación entre sus usuarios emplea muchos códec de audio para comprimir el sonido transmitido a través de los terminales móviles. En el inicio fueron empleados solo dos códec, Full Rate y Half Rate, llamados así debido a la relación que estos guardaban con la forma en la que usaban el canal de transferencia, de forma parcial o de forma completa.

El códec Enhanced Full Rate (EFR) comenzó a usarse en 1997, perfecciono el estándar y usaba el canal de transferencia completamente, también se agregó el mismo año la capacidad de transportar paquetes de datos a través del servicio General Packet Radio Service(GPRS), además otros servicios como mensajes multimedia (Multimedia Messaging o MMS) o aplicaciones de Internet a través del Wireless Application Protocol (WAP). GPRS es mejor conocido como 2.5G, debido a que se encuentra entre la segunda y tercera generación de telefonía móvil.

2.2.1.1. Antecedentes de la red GSM

Según Luis (2010) en la década de los 80, después de que el sistema telefonía móvil analógico de cobertura escandinava llamado Nordic Mobile Telephone (NMT) funcionara con éxito, la demanda de usuarios fue mayor a la capacidad que podía soportar las redes analógicas, fue obvio que existían limitaciones, además entre otros sistemas de comunicación de la época en distintos países europeos no tenían compatibilidad entre sus redes telefónicas.

Se previó un sistema de radio común en el año 1978, para esto se reservó la banda de frecuencia de 900 ± 25 MHz para comunicaciones

móviles en Europa. Las telecomunicaciones estaban estandarizadas por la organización CEPT o Conferencia Europea de Correos y Telecomunicaciones, presente en más de 20 países europeos. Se creó en 1982 dentro del CEPT un nuevo cuerpo de estandarización denominado Grupo Especial Móvil (GSM) encargado de la frecuencia de 900 MHz.

En 1990 por requerimiento de Reino Unido, se añadió al grupo de estandarización la especificación de una versión GSM a la banda de frecuencia de 1800 ± 75 MHz, y se llamó DCS1800 (Digital Cellular System 1800) el cual se convirtió en un estándar internacional llamado Sistema Global para las Comunicaciones Móviles (GSM, Global System for Mobile Communications), cambiando de esta forma el significado de las siglas GSM.

2.2.1.2. Arquitectura de la red GSM

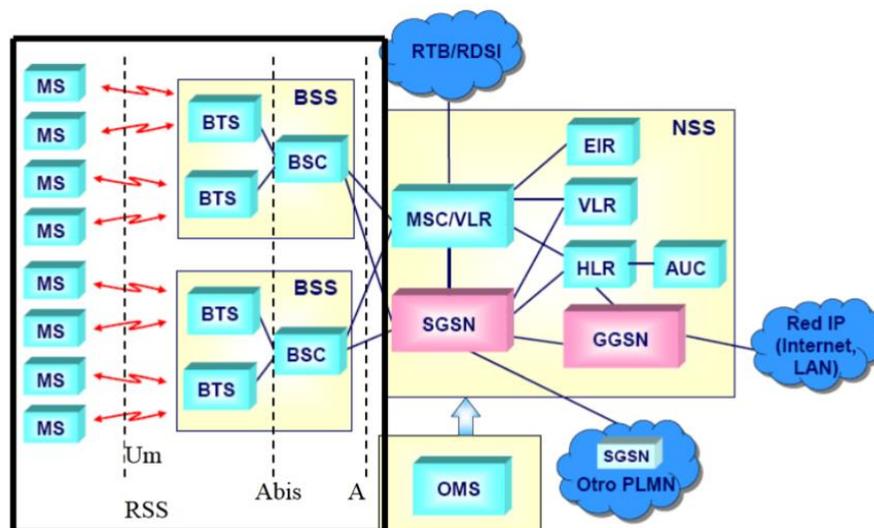
Las redes GSM se pueden dividir en cuatro partes fundamentales, se las puede diferenciar por sus distintos elementos que la conforman:

1. **La estación Móvil (Mobile Station, MS):** Está compuesta a su vez de dos elementos básicos, los cuales son el equipo móvil y el SIM o Subscriber Identify Module. El SIM es una pequeña tarjeta inteligente que sirve para identificar las características de nuestro terminal.
2. **La estación Base (Base Station, BSS):** Esta sirve para conectar a las estaciones móviles con los NSS, además son encargados de la transmisión y recepción. Los MS también constan de dos elementos diferenciados, la Base Transceiver Station(BTS) o Estación base y la Base Station Controller(BSC).
3. **Los Subsistemas de soporte y Operación (Operation and Support Subsystem, OSS):** Estos se conectan a diferentes NSS y BSC para

controlar y monitorizar por completo la red GSM.

4. **El Subsistema de Conmutación y Red (Network and Switching Subsystem, NSS):** Se encarga de administrar las comunicaciones que se realizan entre los diferentes usuarios de la red; para hacer sus funciones se divide en siete sistemas diferentes, ver Figura 3:

FIGURA N° 3
ARQUITECTURA DE LA RED GSM



Fuente: Trabajo de Titulación
Elaborado por: Investigación Directa

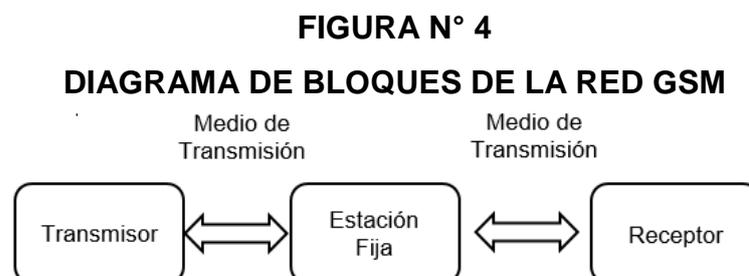
- Mobile Services Switching Center (MSC):** Es el componente central del NSS y se encarga de realizar las labores de conmutación dentro de la red, así como de proporcionar conexión con otras redes.
- Gateway Mobile Services Switching Center (GMSC):** Un gateway es un dispositivo traductor (puede ser software o hardware) que se encarga de interconectar dos redes haciendo que los protocolos de comunicaciones que existen en ambas redes se entiendan. El GMSC funciona como mediador entre las redes de telefonía fijas y la GSM.
- Home Location Register (HLR):** El HLR es una base de datos que contiene información sobre los usuarios conectados a un determinado

MSC. Entre la información que almacena tenemos fundamentalmente la localización del usuario y los servicios a los que tiene acceso.

- d. **Visitor Location Registrar (VLR):** Contiene toda la información sobre un usuario necesaria para que dicho usuario acceda a los servicios de red. Forma parte del HLR con quien comparte funcionalidad.
- e. **Authentication Center (AuC):** Proporciona los parámetros necesarios para la autenticación de usuarios dentro de la red; también se encarga de soportar funciones de encriptación.
- f. **Equipment Identity Registrar (EIR):** También se utiliza para proporcionar seguridad en las redes GSM, pero a nivel de equipos válidos. La EIR contiene una base de datos con todos los terminales que son válidos para ser usados en la red.
- g. **GSM Interworking Unit (GIWU):** Es utilizado como interfaz de comunicación entre distintas redes para la comunicación de datos.

Transmisor y receptor

En GSM el transmisor y receptor es también llamado estación móvil, el cual es encargado de convertir la información de la fuente de información (voz, datos, video, etc.), en una forma adecuada para su transmisión y recepción.



Fuente: Trabajo de Titulación
Elaborado por: Investigación Directa

2.2.2. Sistema de Posicionamiento Global

Según (Gimenez, 2010) este es un sistema de localización que realmente se llama NAVSTAR-GPS1 que usa conjuntamente una red de computadoras y una red de 27 satélites (24 operativos y 3 de respaldo) para determinar por triangulación, la longitud, latitud y altitud de cualquier cosa a una distancia aproximadamente de 20.200 km de altura en la superficie terrestre, todo este conjunto de equipos avanzados solo es usado en el ámbito militar. En el ámbito civil y alegando razones de seguridad solo se puede usar un subconjunto degradado de señales GPS.

2.2.3. Funcionamiento del GPS

Los pasos donde se resume el proceso increíblemente rápido que se produce para determinar la posición exacta y el funcionamiento del sistema GPS se organizan en cinco, estos son: triangulación, medición de distancias, medición del tiempo, posición y finalmente la corrección de errores.

2.2.3.1. Triangulación desde los satélites

La idea general, es utilizar los satélites en el espacio como puntos de referencia para ubicación en la Tierra. Esto se logra de manera exacta gracias a la medición de nuestra distancia hacia tres satélites como mínimo y en cualquier punto del planeta. La medición de esas distancias se logra de la siguiente manera, suponiendo que nuestra distancia al primer satélite es de 20.000Km no podemos por tanto estar en cualquier parte del espacio, porque se limita nuestra posición a la superficie de una esfera que tiene como centro dicho satélite y cuyo radio es de 18.000km.

La distancia es tomada a un segundo satélite y encontramos que estamos a 20.000Km del mismo. Nuestra posición no está solamente en

el primer satélite, sino también en otro satélite que se encuentra a 20.000Km del segundo satélite. En algún lugar estas dos distancias hacen intersección y es donde estamos.

Se realiza una tercera medición a otro satélite y descubrimos que estamos a 21000Km del mismo, esto restringe nuestra posición más, a los dos puntos en cuales la distancia de 21.000Km corta la circunferencia que resulta la intersección de las dos primeras medidas. En conclusión, midiendo nuestra distancia a tres satélites limitamos nuestra posición a solo dos lugares posibles y medir respecto a un cuarto satélite resulta aún conveniente.

2.2.3.2. Medida de las distancias a los satélites

Se calcula midiendo el tiempo que tarda una señal emitida por el satélite en llegar hasta el receptor de GPS ubicado en la Tierra. La fórmula se basa en la ecuación de la velocidad. Se mide una señal de radio en el GPS, que viaja a la velocidad de la luz, alrededor de 300.000km por segundo.

Velocidad x Tiempo = Distancia

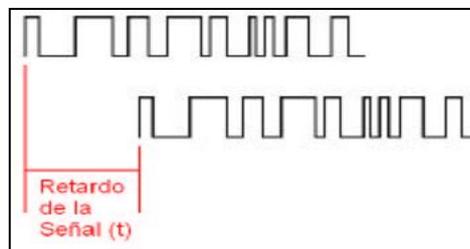
El sistema se basa en medir el tiempo de viaje que es extremadamente rápido, entonces es complejo, por tal motivo se necesita relojes muy precisos. Las señales no están sincronizadas porque hay cierto retraso cuando se genera la señal del emisor GPS hasta nuestro receptor GPS, como tuvo alrededor de 20.000km para llegar al destino. Cuando es preciso saber la magnitud de demora de la señal proveniente del satélite, se puede retardar la emisión de la señal del receptor GPS hasta lograr la perfecta sincronización con la señal que viene del satélite.

El tiempo de retardo necesario para sincronizar ambas señales es

igual al tiempo de viaje de la señal proveniente del satélite. Sabiendo ese tiempo, se multiplica por la velocidad de la luz y se obtiene la distancia hasta el satélite. La fórmula obtenida a partir de los conceptos anteriores es:

$$\text{Tiempo de retardo (seg.)} \times \text{Velocidad de la luz (km/seg)} = \text{Distancia (km)}$$

FIGURA N° 5
RETARDO DE LA SEÑAL



Fuente: <ftp://ftp.ciat.cgiar.org/>
Elaborado por: Investigación Directa

2.2.3.3. Control perfecto del tiempo

La medición del tiempo de viaje de una señal de radio es clave para el funcionamiento del GPS, los relojes que se emplean para esto deben ser exactos y perfectos, si la medición está con un desvío de un milésimo de segundo, a la velocidad de la luz eso se traduce en un error de 300km. Los satélites tienen un tiempo de coordinación perfecto porque llevan a bordo relojes atómicos, pero los receptores GPS no tienen este tipo de relojes, entonces se buscó una solución que resuelve el problema, en esencia estos receptores GPS son relojes atómicos por su exactitud.

La medición adicional por un cuarto satélite que se mencionó anteriormente remedia el desfase de sincronización. Los relojes de los receptores GPS si fueran perfectos, entonces las distancias de los satélites se interceptarían en un único lugar. La cuarta medición efectuada como control cruzado no interceptará con los tres primeros, con esto la

computadora del receptor GPS detectará la diferencia y atribuirá esa diferencia a una sincronización imperfecta con la hora universal.

La diferencia obtenida afectará a las cuatro mediciones, el receptor buscará un factor de corrección único que aplicado a sus mediciones de tiempo hará que los rangos concuerden en un solo punto. Dicha corrección permitirá al reloj del receptor ajustarse nuevamente a la hora universal y de esa manera tenemos un reloj atómico. Una vez que el receptor de GPS aplica la corrección, obtenemos un posicionamiento preciso.

2.2.3.4. Posicionamiento de los Satélites

La altura de un satélite a 20.000 km es un gran beneficio porque algo que está a esa altura está bien despejado de la atmósfera y se mantiene estable. Eso significa que orbitará de manera regular y predecible mediante ecuaciones matemáticas sencillas. La Fuerza Aérea de los EE. UU. colocó cada satélite de GPS en una órbita muy precisa. En tierra, todos los receptores de GPS tienen un registro programado en sus computadoras que les informan donde está cada satélite en el espacio, en cada momento.

El Control Constante agrega precisión, monitoreados por el Departamento de Defensa con radares muy precisos para controlar la exacta altura, posición y velocidad de cada satélite. Los errores que controlan ellos son llamados errores de efemérides, que son generados por influencias gravitatorias del sol, la luna y por la presión de la radiación solar sobre los satélites. Son muy sutiles estos errores, pero es necesario una gran exactitud.

Una vez que el Departamento de Defensa ha medido la posición exacta de un satélite, vuelven a enviar dicha información al propio satélite.

Entonces el satélite incluye su nueva posición corregida en la información que transmite a través de sus señales a los GPS. Sin embargo, es necesario aun resolver otros problemas.

2.2.3.5. Corrección de Errores

Un receptor GPS requiere el instante actual, posición del satélite y retraso respecto a la emisión de la señal para el cálculo de su posición. Para que sea preciso hay que tener en cuenta las diferentes fuentes de error que pueden afectar a la señal en su recorrido del satélite al receptor. A continuación, algunas de ellas:

- Errores debido a la atmosfera
- Errores en el reloj GPS
- Interferencias por la reflexión de las señales (multipath effect)
- Errores de orbitales, donde los datos de la órbita del satélite no son completamente precisos.
- Geometría de los satélites visibles.

TABLA N° 1
FUENTES DE ERROR DEL SISTEMA GPS

FUENTES DE ERROR	GPS ESTÁNDAR (mts)	GPS DIFERENCIAL (mts)
Reloj del Satélite	1.5	0
Errores Orbitales	2.5	0
Ionosfera	5.0	0.4
Troposfera	0.5	0.2
Ruido en el Receptor	0.3	0.3
Señal Fantasma	0.6	0.6
Disponibilidad Selectiva	30	0
Exactitud Promedio de Posición		
Horizontal	50	1.3
Vertical	78	2.0
3-D	93	2.8

Fuente: <ftp://ftp.ciat.cgiar.org/>
Elaborado por: Investigación Directa

2.2.3.6. Aplicaciones del GPS

El extenso uso en diferentes campos de aplicación, hacen destacable este sistema en la actualidad. Se detalla un conjunto de los campos civiles donde se aplican a continuación:

1. **Sistemas de alarma automática:** Hay sistemas de alarma conectados a sensores proporcionados de un receptor GPS para supervisión del transporte de mercancía tanto perecedera (alimentos congelados) como contaminantes (químicos altamente tóxicos), en los cuales se genera una alarma que permite asistencia al instante de sucedido el evento.
2. **Localización y navegación en regiones inhóspitas:** En estos casos se usa como ayuda en expediciones de investigación en regiones de difícil acceso, un ejemplo de sistemas guiados por GPS son profundizar el conocimiento de regiones polares.
3. **Estudio de fenómenos atmosféricos:** La señal que se envía de los satélites a la tierra tiene que atravesar la troposfera primero. El posterior análisis de esta señal GPS es de enorme utilidad en la elaboración de modelos de predicción meteorológica.
4. **Navegación y control de flotas de vehículos:** Se emplea el sistema GPS para planificación de rutas y control de flotas de vehículos en distintos servicios como la policía, central de taxis, empresa de reparto, servicios de socorro, etc.
5. **Sistema de aviación civil:** Se emplea tanto en vuelos domésticos, transoceánicos, como en la operación de aterrizaje.
6. **Guiado de disminuidos físicos:** Se han desarrollado sistemas GPS

para navegación de invidentes por las ciudades.

7. **Modelos geológicos y topográficos:** Se usa para el estudio lento y constante del movimiento de las placas tectónicas, para tratar de predecir terremotos.
8. **Sincronización de señales:** Esto en la industria eléctrica para localizar posibles fallos en el servicio eléctrico.
9. **Ingeniería Civil:** Se monitorea en tiempo real deformaciones en grandes estructuras metálicas y de cemento.
10. **Navegación desasistida de vehículos:** Se están incorporando sistemas DGPS como ayuda en vehículos autónomos terrestres, vigilancia en medios hostiles y maniobra de barcos.

2.2.4. Selección y descripción del sistema embebido

Es necesario conocer las diferencias entre las arquitecturas, el software y hardware que se usa actualmente, con el objetivo de tomar medidas acertadas al momento de escoger la mejor opción. Se realizará una descripción del sistema embebido con el objetivo de aclarar porque se escogió Arduino de los otros diferentes módulos que existen en el mercado.

2.2.4.1. Sistema embebido

Es cualquier sistema electrónico que utilice un chip de computadora, pero que no sea una estación de trabajo de propósito general, un ordenador de sobremesa o portátil, también se define de manera más exacta como sistemas diseñados para cumplir una o pocas funciones dedicadas y que esta embebido como parte de algún dispositivo

de hardware completo. Estos sistemas utilizan microcontroladores (MCU) o microprocesadores (MPU), o pueden usar chips diseñados a la medida.

Se puede entender mejor como todo sistema que no es una PC, ni un servidor, ni una Workstation, ni una supercomputadora, ni un clúster distribuido, en fin, no es un sistema programable de propósito general. Los sistemas embebidos no siempre son dispositivos independientes. Muchos consisten en piezas pequeñas e informatizadas dentro de un dispositivo más grande que sirve un propósito. Desplegados miles de millones cada año en miles de aplicaciones, este mercado utiliza la mayor parte de los componentes electrónicos en el mundo. (Press, 2016)

2.2.4.2. Características de los sistemas embebidos

Según lo expresado por Paolo (2015), la mayoría de los sistemas embebidos están diseñados para realizar una acción continua a bajo costo. Muchos de estos sistemas también tienen restricciones en el rendimiento en términos de hardware y software, tales cuando requieren operar en tiempo real, un sistema necesita alta velocidad mientras ejecuta algunas funciones, pero puede tolerar una velocidad más baja para otras actividades.

La mantenibilidad, es la probabilidad de que el sistema vuelva a trabajar correctamente en unidades de tiempo después de un fallo mediante un auto-reset. Muchos sistemas embebidos pueden no ser físicamente accesibles (por ejemplo, sistemas espaciales). Esta característica se obtiene con un componente llamado Watchdog que restablece el equipo en intervalos de tiempo regulares mediante un reloj interior.

Es difícil caracterizar la velocidad o el coste de un sistema embebido genérico, en especial los sistemas que procesan una gran

cantidad de datos, la mayoría de estos sistemas tienen las características esenciales que se pueden diseñar con una combinación de hardware y software de alto rendimiento. Para tener una idea, sólo pensar en un decodificador para una televisión por satélite. Aunque un sistema debe procesar decenas de megabits de datos por segundo, la mayor parte del trabajo es realizado por hardware dedicado.

Por lo general, el hardware de un sistema embebido debe cumplir con el rendimiento, requisitos mucho menos rigurosos según el hardware del sistema primario sí mismo. Esto permite que la arquitectura de un sistema embebido, por ejemplo, ser simplificada y comparada con la de un ordenador de uso general con las mismas tareas, utilizando una CPU más económica que se comporta bien para esas funciones secundarias.

En el caso de sistemas portátiles, la reducción de costes se convierte en una prioridad. Este tipo de sistema a menudo están hechos por una CPU altamente integrada, un chip dedicado a otras funciones y una sola tabla de memoria. En este caso, cada componente es seleccionado y diseñado para reducir tanto como sea posible los costos.

El software útil para gestionar muchos sistemas embebidos se llama firmware. El firmware es un tipo de software, por ejemplo, se pueden encontrar en ROM o chips de memoria Flash. El software y firmware están diseñados y probados con mucha más atención que el software tradicional para ordenadores personales.

En el diseño de un sistema integrado moderno y confiable es posible anotar dos características fundamentales: la reprogramación y la dimensión. De hecho, sería útil pensar en un sistema dedicado puede ser readaptado si, por ejemplo, se requiere la actualización del sistema. Los sistemas embebidos son elementos discretos clásicos de diseño ASIC que permiten la optimización avanzada porque el hardware ocupa el

espacio necesario estrictamente, haciendo el sistema de control fácilmente integrado.

Una computadora es la primera y más versátil: se puede programar para adaptarse a áreas de aplicación. Por el contrario, el sistema embebido es un dispositivo el desempeño de una sola tarea, o una clase muy estrecha de tareas. El propósito general de los ordenadores está diseñado con estándares y arquitecturas de referencia; y viceversa es difícil definir estándares para sistemas embebidos porque cada aplicación específica conduce a un diseño diferente de opciones. (Puentes, 2010)

Estás pueden ser descritas en los siguientes puntos:

Interfaces de comunicación: El precio de venta de un sistema embebido es bajo por lo general, la elección de interfaces de comunicación es crítica porque afecta al precio final del producto.

Interfaz de usuario: En muchos sistemas integrados la interfaz de usuario consta de unos pocos botones y/o Leds; en otros, usa la interfaz de usuario de un sistema host.

Gestión de energía: Es un factor crucial que considerar para todos los sistemas embebidos son alimentados por baterías.

Dimensiones y peso: Las características físicas son otro factor crítico; generalmente el sistema embebido debe ser pequeño y muy ligero

Calidad de servicio: Muchas aplicaciones de sistemas embebidos tienen requisitos estrictos en términos de QoS (Calidad de Servicio)

Tamaño de código: La capacidad de almacenamiento de los sistemas embebidos es limitada, por lo que es un factor importante.

Habilidades de Numeración / Comunicación / Almacenamiento: proporcional a la aplicación específica realizada por el sistema embebido.

Actualización del programa: Es útil incluir la posibilidad de actualizar los programas en sistemas embebidos para corregir errores descubiertos después de la producción e introducir nuevas características.

En la fase de diseño los siguientes aspectos que se toman en cuenta son:

1. **Confiabilidad:** evaluación realista de la probabilidad de que el sistema falla.
2. **Mantenimiento:** El sistema puede ser reparado o reemplazado dentro de un intervalo de tiempo determinado.
3. **Disponibilidad:** El sistema debería funcionar 24/7; esencialmente depende de la fiabilidad y facilidad de mantenimiento.
4. **Seguridad:** Resistencia del sistema contra el uso no autorizado. Propiedades relacionadas con la posibilidad de que en caso de fallo del sistema no cause daños a personas o cosas.

2.2.4.3. Componentes de los sistemas embebidos

Los sistemas embebidos estarían formados por un microcontrolador que viene a ser el cerebro del sistema y un software que se ejecuta sobre este. Sin embargo, ese software debe guardarse para luego ser ejecutado por el procesador, entonces es necesario una memoria RAM o ROM. Normalmente estos sistemas poseen una serie de salidas y entradas comúnmente llamadas pines, necesarias para efectuar un monitoreo del estado, hacer un diagnóstico del sistema y comunicarse con el mundo exterior.

Las tareas realizadas por ES son de relativa sencillez, los procesadores comúnmente empleados cuentan con registros de 8 o 16 bits. En su memoria solo se guarda el programa destinado a administrar una aplicación única. Sus líneas de entrada/salida soportan la conexión de los sensores y actuadores del dispositivo a controlar y todos los recursos complementarios disponibles para cubrir sus requerimientos.

Los sistemas embebidos se pueden programar directamente en el lenguaje ensamblador del microcontrolador o microprocesador incorporado sobre el mismo, o también, utilizando los compiladores específicos que utilizan lenguajes como C o C++ y en algunos casos, también pueden usarse lenguajes intérpretes como Java. (Pérez, 2014)

2.2.4.4. Microprocesador

Los microprocesadores es un circuito integrado que posee un chip único que es el cerebro del sistema y tiene la característica de ser programable. El circuito microscópico está compuesto por millones de transistores en una única pieza placa de poco espesor. Se encarga de realizar todas las operaciones de cálculo y controlar todo lo que pasa en la computadora y permiten la ejecución de un sistema operativo para que el usuario pueda interactuar y realizar operaciones específicas

Los procesadores tienen grandes arquitecturas con procesamiento rápido, cambio de contexto rápido y operaciones atómicas de Unidad de Aritmética y Lógica (ALU) son comercializados por muchos proveedores como procesadores embebidos. Ejemplos de procesadores embebidos son ARM 7, INTEL i960, AMD 29050.

2.2.4.5. Microcontroladores

Los microcontroladores realizan tareas determinadas dependiendo

de las ordenes grabadas en su memoria. Este contiene un procesador integrado, una pequeña memoria, varios dispositivos periféricos, tales como temporizadores, convertidores analógicos a digitales y dispositivos de comunicación serie todo en un chip, resultando en implementaciones compactas y de bajo consumo.

Los microcontroladores proporcionan acceso de pin que permite a los programas monitorear fácilmente sensores, establecer actuadores y transferir datos con otros dispositivos. Proporcionar instrucciones especializadas mejora el rendimiento de las aplicaciones de sistemas embebidos.

De manera general utilizan palabras de 4 bits y operan con velocidades que va desde los 31 KHz hasta más allá de los 8 MHz, y operan siempre que exista estimulación de los periféricos de entrada. Ejemplos son PIC DSPIC33 / PIC24, Motorola 6811, 8051 de Intel.

2.2.5. Arduino

Arduino es una plataforma de electrónica abierta para la creación de prototipo basada en software y hardware flexibles, y fácil de usar. Los pines de entrada toman información del entorno de toda una red de sensores. El microcontrolador en la placa Arduino se programa mediante el lenguaje de programación Arduino, basado en Wiring. Para programar Arduino es necesario descargar el software de Arduino. Se puede configurar instalando en el PC, luego simplemente se tiene que compilar y cargar el código en el microcontrolador. (Escalas, 2014)

La función que configura los parámetros iniciales se ejecuta cuando arranca un sketch. Se usa para inicializar variables, declarar si los pines digitales son de entrada o salida, empezar a usar librerías, etc. Esta función se ejecutará una sola vez, cuando se encienda Arduino.

FIGURA N° 6

SECCIÓN DE MENSAJES EN EL IDE ARDUINO

```

void loop() {
  digitalWrite(13, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage)
  delay(1000);           // wait for a second
  digitalWrite(13, LOW); // turn the LED off by making the voltage LOW
  delay(1000);           // wait for a second
}

```

Carga terminada.

Tamaño binario del Sketch: 1.082 bytes (de un máximo de 30.720 bytes)

29 Arduino Pro or Pro Mini (5V, 16 MHz) w/ ATmega328 on COM8

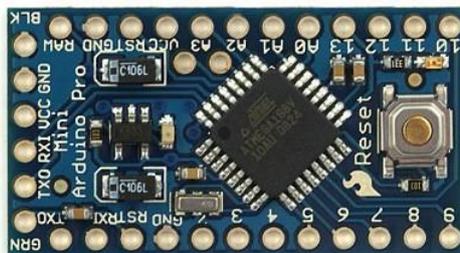
Fuente: Investigación Directa
 Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

2.2.5.1. Arduino Pro-Mini

El Arduino Pro-Mini es una placa pequeña, compacta y eficiente donde el tamaño es una restricción, su diseño fue pensando para proyectos del tipo vestuario, uso corporal, es decir el indicado para integrarlo al proyecto. Existen dos versiones y ambas contienen un microcontrolador ATmega328P, pero funcionan con 3,3V y a 8MHz y la otra funciona con 5 V y a 16 MHz. Es la placa de más bajo precio dentro del grupo extenso que conforma, aunque se debe tomar en cuenta la necesidad de adquirir también un adaptador para poder programarla.

FIGURA N° 7

ARDUINO PRO-MINI



Fuente: <https://riunet.upv.es/>
 Elaborado por: José Hernández

La placa también incorpora un botón de reinicio y los pines

necesarios para conectar un adaptador USB-Serie, mediante el cual puede programarse la placa, y alimentarla directamente vía USB. Las dimensiones en cm de esta mini placa serian 3 de largo y 1.8 de ancho. Las diferencias entre las tarjetas Pro-Mini, Micro y Nano son pocas, sin embargo, mayores beneficios se encontró haciendo uso de la placa Pro-Mini.

El diseño está pensado para dejarlo instalado de forma semipermanente en objetos o exhibiciones. Los pines no vienen montados por esa razón, sino que hay que colocarlos en los agujeros los pines-hembra de plástico, mucho mejor soldar los cables. Hay un variado uso en diferentes tipos de configuraciones según las necesidades de los proyectos a desarrollarse, en este caso esta placa será usada para la implementación del proyecto como tal.

TABLA N° 2
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE ARDUINO PRO-MINI

Descripción	Especificaciones Técnicas
Microcontrolador	Atmega328p – 8 BIT AVR controlador
Voltaje de funcionamiento	
Modelo 3.3V	3.35V – 12V
Modelo 5V	5V – 12V
Voltaje de entrada (recomendado)	5V a 12V
Pines Digitales E/S	14 (6 de los cuales proporcionan salida PWM)
Pines de entrada analógicos	6
Corriente máxima a través de cada pin de E/S	40mA
Corriente total máxima de chip	200mA
Memoria Flash	32KBytes

EEPROM	1Kbyte
RAM interna	2KBytes
Frecuencia de Reloj	3.3V - 10MHz 5V - 16MHz
Temperatura operando	-40°C a + 105°C

Fuente: <https://components101.com/>
Elaborado por: Investigación Directa

2.2.5.2. IDE Arduino

Arduino cuenta con su propia plataforma de desarrollo, donde se puede programar una amplia gama de proyectos. Para esto lo primero es descargar en su página oficial la última versión disponible del IDE Arduino. La interfaz del software es sencilla, en la parte superior se encuentra un menú con la mayoría de las funciones disponibles, se puede configurar en diferentes aspectos como el puerto donde está conectado la placa, seleccionar el tipo de placa, frecuencia de trabajo, etc.

En la parte inferior esta un botón para compilar el sketch, el software de Arduino realiza dos pasos importantes. Primero, chequea el sketch en busca de cualquier problema, estos pueden ser palabras mal escritas, signos faltantes o instrucciones que el sistema no reconoce como parte de sus funciones disponibles. Al detectarse algún error, se interrumpirá el proceso y reportará los errores encontrados. La segunda parte al compilar algún sketch es traducirlo a lenguaje de máquina, esto es necesario para que la placa pueda comprender las instrucciones.

El botón para subir el código también está en la parte inferior, luego encontramos en el centro de la interfaz el espacio donde desarrollar el código, y más abajo se muestra una variedad de mensajes cuando compilamos o subimos el código a la tarjeta, desde posibles fallos hasta el espacio de almacenamiento que ocupa. En el entorno de programación hay la posibilidad de insertar comentarios a cada línea del sketch, estos

son ignorados por la placa Arduino cuando está corriendo, para esto es necesario usar '//', es recomendable usarlos muy seguido. (Serrano, 2015)

2.2.5.3. Comando AT

Los comandos AT se llaman así porque es una abreviatura de attention. Es un estándar abierto para distintos módulos de comunicación de radiofrecuencia como es el módulo SIM800L. Se definen como instrucciones codificadas que conforman un lenguaje de comunicación entre el hombre y un terminal modem.

El juego de comandos AT fue desarrollado en el año 1977 por Dennis Hayes como una interfaz de comunicación con un modem para así poder configurarlo y darle instrucciones, como marcar un número de teléfono. (Castro, 2013)

El objetivo principal de los comandos AT es la comunicación con módems, la telefonía móvil GSM también ha acogido como estándar este lenguaje para poder comunicarse con sus terminales. Así, todos los teléfonos móviles GSM poseen un juego de comandos AT específico que sirve de interfaz para configurar y proporcionar instrucciones a los terminales, permiten acciones tales como realizar llamadas de datos o de voz, leer y escribir en la agenda de contactos y enviar mensajes SMS, además de muchas otras opciones de configuración del terminal.

El avance del baudio ayudo para que las compañías Microcomm y US Robotics siguieran desarrollando y expandiendo el juego de comandos hasta hacerlo conocido a nivel mundial. Al implementar los comandos AT estos dependen del dispositivo GSM y no del canal de comunicación por el cual estos comandos se transmiten, como cable de serie, canales infrarrojos, bluetooth, etc. La forma como se distinguen los teléfonos móviles del mercado se debe a que permitan ejecutar el juego

total de comandos AT o solo parcialmente. (Velásquez, 2016)

2.2.5.4. Conversor USB a Serial

El programar una placa Arduino Pro-Mini es un poco diferente a otras versiones existentes, se comunica para intercambiar datos con la PC usando el puerto USB, de igual manera para ser programadas, las otras placas Arduino de mayor tamaño ya vienen integradas directamente con un chip que está encargado de la conversión de USB a Serial TTL.

Las primeras versiones de Arduino las placas usaban el puerto COM o RS232 para comunicarse con la PC, pero este puerto es cada vez menos común su uso y ahora el puerto USB ocupa su lugar.

El Arduino Pro-Mini a diferencia de las demás placas no viene incluido un conversor en placa, para lograr la reducción de precio, por tanto, es necesario utilizar un conversor externo para la comunicación serial. Hay dos formas de programar la tarjeta Arduino Pro-Mini, la primera es haciendo uso de un Módulo Conversor USB serial TTL y la otra es con un Programador especial para microcontroladores Atmel AVR.

El proyecto se desarrollará con la primera forma usando los conversores USB-Serial TTL, pero de estos existen algunos conversores como: FTDI232, CP2102, CH340G y el PL2303 que será usado en el proyecto. El conversor elegido no tiene incluido el pin DTR, que es de gran utilidad cuando se programa la placa Arduino Pro-Mini. La pequeña variación que tiene el adaptador que integra el pin DTR está al cargar el programa, este pin es encargado de resetear automáticamente a la placa.

El conversor sin pin DTR necesita una acción de forma manual para un RESET del Arduino, esto presionando el botón del centro de la placa Arduino Pro-Mini al momento de visualizar en la parte inferior del

software de Arduino el cambio del mensaje de “Compilando” a “Cargando”, si todo está correcto el IDE indicara “Carga Terminada”. Si no se reseteo correctamente obtendremos un mensaje de error.

2.2.6. Módulos y tipo de comunicación

Es importante explicar los tipos de comunicación que manejan los módulos y la placa Arduino, también una descripción apropiada de cada módulo responsable de la comunicación GSM/GPS.

2.2.6.1. Modulo SIM800L GSM

El dispositivo SIM800L es un módulo GSM-GPRS cuatri-banda, cuenta con una entrada para chip SIM800L o también conocido como chip de telefonía celular. El módulo posee un puerto serial TTL, se puede conectar directo al microcontrolador sin necesidad de MAX232. La placa tiene luces incluidas para señalar el estado, cuando producen un brillo lento significa que hay señal, pero cuando produce un brillo rápido simboliza que no hay señal. (Guzmán, 2017)

FIGURA N° 8
MÓDULO SIM800L



Fuente: Naylamp Mechatronics
Elabora por: Investigación Directa

TABLA N° 3
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE SIM800L

Descripción	Detalles técnicos
Fuente de alimentación	3.4V – 4.4V DC
Consumo de corriente	modo suspensión < 2.0 mA modo ocio < 7.0 mA Transmisión GSM(avg) 350mA Transmisión GSM(peek) 2000mA
Bandas de frecuencia	Cuatri-banda GSM 850, EGSM 900, DCS 1800, PCS 1900MHz
Redes soportadas	China Mobile, China Unicom y la red global quad-band
Transmisión de energía	Clase 4 (2W) en GSM 850 y EGSM 900 Clase 1(1W) en DCS 1800 y PCS 1900
Tamaño de la SIM	Micro SIM
Antenas	2 puertos para antenas
Datos GPRS	Protocolo TCP/IP en chip
Características físicas	Tamaño: 15.8 x 17.8 x 2.4mm Peso: 1.35g
Actualización de firmware	Puerto principal serial o puerto USB
Control	Vía comandos AT (3GPP TS 27.007)
SMS	MT, MO, CB, Texto y modo PDU Almacenamiento SMS: Tarjeta SIM
Puerto Serial soporta la velocidad de baudios	Desde 1200bps hasta 115200bps
RTC	Soporta reloj en tiempo real

Fuente: https://img.filipeflop.com/files/download/Datasheet_SIM800L.pdf
Elaborado por: Investigación Directa

2.2.6.2. Modulo GPS Ublox neo-6m

La empresa suiza Ublox es la fabricante del módulo y este hecho de cerámica e incluye una antena receptora para obtener información

de la posición, hora, fecha y rumbo desde satélites de comunicación, la memoria EEPROM permite guardar la configuración de los parámetros de datos. Utiliza el protocolo establecido NMEA que le permite enviar los datos a través de transmisión serial, la posición optima se obtiene gracias a un conjunto de técnicas que utiliza el módulo para dar información. Se comunica a través del puerto serial UART. (Morales, 2015)

FIGURA N° 9
GPS UBLOX 6M



Fuente: Datasheet modulo Ublox 6m
Elaborado por: Torres Héctor

El módulo GPS neo-06 Ublox fue seleccionado por su reducido tamaño de 23 x 30mm, adecuado para el diseño del prototipo y puede satisfacer todas las necesidades de espacio en sus diferentes aplicaciones. Todas las especificaciones que se muestran a continuación demuestran que es eficiente y compacto para implementarlo en el dispositivo de rastreo para personas. (Hernández, 2015).

TABLA N° 4
CARACTERISTICAS GENERALES DE MÓDULO GPS UBLOX 6M

Descripción	Detalles Técnicos
Tamaño de antena	22 x 22mm
Tipo de comunicación	Serial
Tamaño de modulo	23 x 30mm
Altura	13mm
Peso	12g / 14,4g

Fuente de alimentación	2.7V – 3.6V
Voltaje en pines de comunicación	3.3V
Interfaces	UART, USB, SPI, DDC
Tasa de baudios	9600
Sistema de coordenadas	WGS-84
Sensibilidad de captura	-148dBm
Sensibilidad de rastreo	-161dBm
Máxima Velocidad	515 m/s
Exactitud	1 microsegundo
Tiempo de inicio primera vez	38s en promedio
Tiempo de inicio	35s en promedio
Máxima altura medible	18000m

Fuente: <https://www.u-blox.com/>
 Elaborado por: Investigación Directa

El módulo funciona con un voltaje de alimentación en el rango de 3.4 a 4.4V, mientras que las señales que entran y salen son de 3.3V, es necesario un convertidor de niveles si una placa Arduino de 5V va a transmitir hacia el módulo GPS.

Si solo se desean recibir los datos NMEA basta con conectar el pin TX con el RX de Arduino y recibir los datos que envía el módulo, en este caso, no hace falta conversión de niveles por que el Arduino reconoce los 3.3 volts como nivel alto (Jonshon, 2014)

2.2.6.3. Lenguaje del GPS

El lenguaje del GPS es NMEA que significa National Marine Electronic Association y es una institución dedicada a establecer un estándar para la comunicación de dispositivos adyacentes marítimos. El receptor GPS NEO-6M está relacionado con el protocolo NMEA, y está caracterizado porque transmite sentencias, cada una comienza con "\$". Los dos caracteres que preceden a "\$" son los cuales identifican al

equipo.

Una vez que se conecte el receptor a una interfaz serial, comienza a enviar cada segundo una serie de comandos que ofrecen información con respecto a la posición, velocidad, entre otros datos. Es extensa la variedad de sentencias emitidas por el receptor GPS, por eso solo se ha tomado las siguientes:

GPRMC para el desarrollo de la programación.

GPRCMC: Esta contiene los datos de posición en altitud y longitud.

FIGURA N° 10

SENTENCIAS EMITIDAS DESDE EL GPS

```
GPRMC,231814.00,A,0012.31290,S,07829.03321,W,0.052,,230916,,D*72
GPVTG,,T,,M,0.052,N,0.096,K,D*2E
GPGGA,231814.00,0012.31290,S,07829.03321,W,2,07,1.17,2823.6,M,13.8,M,,0000*67
GPGSA,A,3,24,21,29,18,15,25,12,,,,,2.12,1.17,1.77*02
GPGSV,5,1,18,02,04,139,,04,,26,05,04,084,,10,02,310,*45
GPGSV,5,2,18,11,,,,27,12,19,141,43,14,09,236,24,15,16,023,25*42
GPGSV,5,3,18,18,19,338,28,20,27,038,,21,48,342,37,24,53,060,34*76
GPGSV,5,4,18,25,22,180,33,29,46,204,44,32,27,258,25,33,19,089,37*71
GPGSV,5,5,18,46,67,261,36,51,56,270,31*73
GPGLL,0012.31290,S,07829.03321,W,231814.00,A,D*63
```

Fuente: Software de Ublox

Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

2.2.6.4. Protocolos de comunicación serial

La comunicación serial es un protocolo de comunicación para instrumentación en muchos dispositivos, usado casi por cualquier PC, y muchos dispositivos compatibles GPIB vienen con un puerto RS-232. Además, se puede usar comunicación serial para adquisición de datos en conjunto con un dispositivo de muestreo remoto.

El concepto de comunicación serial es simple, el puerto serial envía y recibe bytes de información, un bit a la vez. Aunque esto es más lento que la comunicación paralela, la cual permite la transmisión entera de

bytes de una sola vez, es más sencilla y puede utilizarlo en distancias grandes. La comunicación serial entre dos dispositivos puede extenderse hasta 1200 metros. (Enlil, 2009)

Los especialistas generalmente usan la comunicación serial para transmitir datos ASCII. Completan la comunicación utilizando tres líneas de transmisión: referencia, transmisión, y recepción. Debido a que serial es asíncrono, el puerto puede transmitir datos en una línea mientras recibe datos en otra.

Otras líneas están disponibles para el intercambio de pulsos de sincronización, pero no son requeridas. Las características más importantes de seriales son: tasa de baudios, bits de datos, bits de paro, y paridad. (Salazar, 2009)

2.2.6.5. Protocolo de comunicación UART

UART es una abreviación de Universal Asynchronous Receiver/Transmitter, o receptor/transmisor asíncrono universal, este es clave de un sistema de comunicaciones serie. La función primordial por la que se desarrollo es convertir los datos serie a paralelos, cuando se trata de datos recibidos y convertir los datos paralelos a serie para transmisión. Se compone de tres pistas principales: TX, RX y GND, el pin TX de un dispositivo se debe conectar únicamente al RX del otro dispositivo, y viceversa. (Bucheli, 2017)

Es necesario conectar a los dos pines TX y RX en ambos módulos para tener una comunicación bidireccional, es decir poder enviar y recibir en ambas direcciones. La transmisión es realmente síncrona, pero tradicionalmente ha tomado el nombre de asíncrona para hacer referencia a que existe flexibilidad para la transmisión de la siguiente palabra de datos. Este protocolo también suministra funciones como señales

handshaking que son necesarias para interfaces RS-232-C. (Marin, 2006)



Las aplicaciones básicas de UART son las comunicaciones con el PC o con PDA's, transmisiones de video, audio, juegos por infrarrojos o bluetooth, vallas publicitarias, arreglos de diodos para paneles, etc. Los parámetros que deben definirse para un correcto diseño de la interfaz de comunicaciones usando este protocolo son los siguientes:

- Sincronismo entre el receptor y transmisor.
- Tasa de envío de datos
- Prioridad en el envío de los bits.
- Codificación de los datos
- Señales handshaking
- Señales eléctricas de los valores lógicos

2.2.6.6. Protocolo de comunicación SPI

Es una abreviación de Serial Peripheral Interface-SPI. Se trata de un protocolo de datos serie síncrono utilizado por los microcontroladores para comunicarse con uno o muchos más dispositivos periféricos al instante en distancias cortas entre 10 a 20 cm, también es usado para comunicar dos microcontroladores. Este protocolo posee una comunicación híbrida entre la comunicación I2C y el serial, además funciona en modo full dúplex.

El estándar SPI es libre y cada dispositivo hace su implementación según sus necesidades, esto hace entender la razón de prestar atención a la hoja de datos del dispositivo al escribir el código. Se caracteriza la conexión SPI por tener un dispositivo como máster, este rol casi siempre es representado por un microcontrolador, los dispositivos periféricos tomarían el modo esclavo. Las tres líneas comunes en todo dispositivo son:

- MISO (Master in slave out): Línea de esclavo para envío de datos al maestro.
- MOSI (Master out slave in): Línea principal para envío de datos a los periféricos.
- SCK (Series clock): Los impulsos de reloj que sincronizan la transmisión de datos generado por el maestro.
- SS (Slave Select): Es el pin de cada dispositivo que el maestro puede utilizar para activar y desactivar dispositivos específicos.

Cuando en un dispositivo el pin SS está a nivel LOW, se comunica hacia el maestro. Cuando está a nivel HIGH, no tiene en cuenta el maestro. Esto le permite tener múltiples dispositivos SPI que comparten el mismo MISO, MOSI, y las líneas de CLK. Estos modos de transmisión controlan si los datos se desplazan dentro y fuera, en el lado ascendente o descendente de la señal de reloj de datos (nombrado el reloj de fase), y si el reloj esta inactivo cuando esta HIGH o LOW (nombrado el reloj de la polaridad). (Pusay, 2012)

2.2.6.7. Protocolo de comunicación I2C

El significado de acrónimo I2C significa Inter Integrated Circuit, cuando se trata el bus I2C se entiende como un bus cuyo ámbito de aplicación es la comunicación entre dos circuitos integrados a una velocidad tolerable de 100Kbits por segundo, existen excepciones en las

cuales el reloj llega a 3,4Mhz. La aceptación enorme del protocolo es gracias a los principales fabricantes de dispositivos semiconductores que ofrecen circuitos que implementan un bus I2C para su control. (Bermejo, 2010)

El bus I2C solo define dos señales, aparte de la común o masa:

1. **SDA:** Es la línea de datos serie o en ingles Serial Data, semidireccional. Es presidida por el emisor, ya sea este maestro o esclavo. En esta línea se mueven los datos entre los dispositivos.
2. **SCL:** Es la señal de sincronía, reloj serie o en ingles Serial Clock. Se trata de la línea de los pulsos de reloj que sincroniza el sistema.
3. **GND:** Debe de manera obligatoria conectarse a la masa común de interconexión entre los dispositivos unidos al bus.

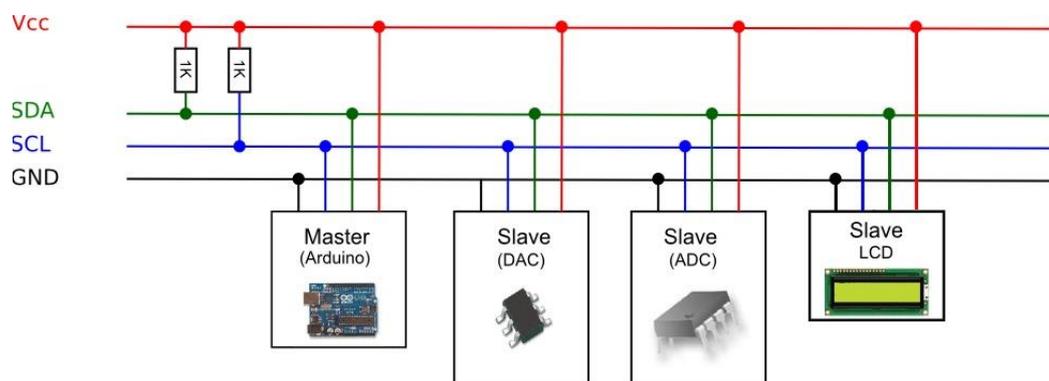
Las características principales que dispone el Bus I2C tanto en hardware y software son:

- a. Conexiones multipunto, porque hay la posibilidad de conectar distintos dispositivos al Bus, pero entre ellos no hay comunicación simultáneamente.
- b. Criterio de direccionamiento abierto, se establece con el fin de saber que esclavo se dirige al maestro. La línea SDA y SCL deben estar en Pull-Up.
- c. Velocidad de transferencia, se debe adaptar la velocidad entre el maestro y esclavo.
- d. Cuando existen más de un maestro gobernando simultáneamente, se

debe establecer un mecanismo de coordinación.

- e. El maestro también puede tomar el rol de esclavo, además los dispositivos pueden gobernar el Bus, porque el maestro puede operar como emisor o receptor.
- f. El sentido del enlace es semidireccional, solo existe una línea de datos que puede utilizarse para el flujo de datos en uno y otro sentido, pero no simultáneamente.
- g. El bus de serie síncrono existe cuando hay una sincronización entre la línea de datos y la línea de reloj, esto permite admitir datos.

FIGURA N° 12
EJEMPLO DE CONEXIÓN I2C



Fuente: www.prometec.net
Elaborado por: Investigación Directa

2.2.7. Módulo de carga micro USB Arduino

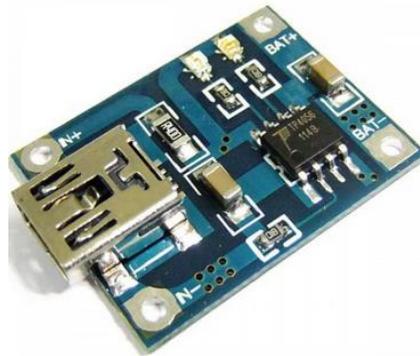
Un módulo de carga o conocido también como driver, suministra voltaje y corriente que permite cargar una batería entera. Este incluye un circuito protector contra sobrecargas para proteger la batería y extender su vida útil. Incluye dos Leds de estado:

El primero, tiene color azul y es fijo e indica que la batería no está

conectada, además se muestra alado el led rojo parpadeando débilmente.

El segundo de color rojo indica que la alimentación por micro USB es correcta, este led debe mantener fija la iluminación de su led.

FIGURA N° 13
MÓDULO DE CARGA LIPO



Fuente: Investigación Directa
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

2.2.8. Fuente de alimentación eléctrica

Se denomina fuente de alimentación eléctrica al elemento encargado de proveer la diferencia de potencial necesaria para que fluya la corriente en un circuito eléctrico y de esta manera también funcionan los dispositivos conectados al mismo. Los tipos de fuentes usados más comúnmente en los proyectos serán de dos tipos: las baterías, los adaptadores AC/DC y las pilas.

Los adaptadores AC/DC básicamente están formados por un circuito transformador, el cual convierte el voltaje AC de entrada en otro voltaje AC mucho menor y luego un circuito rectificador, el cual convierte ese voltaje ya transformado en un voltaje DC, este resultado final que se genera sale para alimentar la batería o dispositivo.

La mayoría de los adaptadores incorporan una etiqueta impresa que informa el rango de valores AC de entrada, la frecuencia de la señal

AC admitida, el valor de voltaje DC y la intensidad máxima de salida. (Torrente, 2013)

La pila es un generador no recargable, por tanto, no es factible implementarla en este proyecto, pero las baterías son acumuladores recargables, es decir almacenan energía eléctrica para luego entregarla al dispositivo que se conecte. Las baterías tienen un complemento inseparable denominado cargador, este se conecta directo a un enchufe de pared y deben cumplir dos condiciones: aporte un voltaje igual en lo posible y además aporte una intensidad igual o menor que la capacidad de la batería concreta.

El suministro de energía debe ser continuo ya que el dispositivo debe enviar las coordenadas cuando solicite la persona, para esto se deben emplear una batería lipo y un módulo de carga con especificaciones adecuados para evitar daños a los elementos internos del dispositivo.

FIGURA N° 14
BATERIA LIPO



Fuente: <https://sandorobotics.com/>
Elaborado por: Sandoro Robotics

2.2.9. Sistema operativo Android

El sistema operativo móvil más usado a nivel mundial, que junto con aplicaciones middleware se enfoca para ser utilizado en dispositivos móviles como teléfonos inteligentes, tablets y entre otros dispositivos. Las

aplicaciones finales son desarrolladas en Java, esto asegura que pueden ser ejecutadas en una extensa variedad de dispositivos, tanto presentes como futuros.

Todos los smartphones donde está integrado Android cuentan con tecnología touchscreen, esto se traduce a un aprovechamiento de espacio en el dispositivo, de esta manera aplicaciones como la planteada para mostrar la ubicación del usuario disfrutan una mejor demostración. La arquitectura es basada en componentes inspirados en Internet, el diseño de interfaz de usuario se hace en XML, lo que permite que una misma aplicación se ejecute en un móvil de pantalla reducida o una netbook. (Araneda, 2013)

Se diferencia de otros sistemas operativos debido a que cualquier persona que tenga conocimientos básicos en programación puede empezar a crear nuevas aplicaciones, o modificar el propio sistema operativo de su teléfono inteligente, esto no es ilegal debido a que se basa en el núcleo de Linux, ya conocido por su software libre.

Las cifras abrumadoras demuestran la enorme acogida a nivel mundial para Android con el 81,7%, no hay duda de porque se basó la aplicación a desarrollar en esta plataforma. (Conza, 2013)

2.2.10. Entornos de desarrollo Android

Son conocidos dos tipos de ambiente de desarrollo, el entorno de desarrollo para Aplicaciones de Cliente Enriquecido conocidas típicamente como instalables y las aplicaciones Cliente-Liviano basadas en navegadores.

Android Studio: Es un potente editor de código que permite el desarrollo de aplicaciones complejas y garantiza la compatibilidad con

versiones antiguas de la plataforma Android, gracias a las múltiples funciones que aumentan la productividad. La mencionada plataforma emplea licencia de software libre Apache 2.0, es decir permite hacer amplio uso para crear cualquier tipo de proyecto. El lenguaje nativo de esta plataforma es Java y es superior a eclipse por mejoras en la herramienta Android Developer Tools. (Acurio, 2017)

App Inventor: El desarrollo de este software estuvo a cargo de Google Labs y el Instituto Tecnológico de Massachusetts, su objetivo fue cambiar la manera de programar, no se necesita saber C#, ni Java o cualquier otro lenguaje de programación. El entorno es completamente visual para desarrollar aplicaciones en Android, como se dijo no necesita ingresar ningún comando de programación ya que la programación es por bloques. (Acuña, 2014)

Eclipse: Un programa informático para desarrollo compuesto por varias herramientas de programación de código abierto multiplataforma. Un lenguaje específico no tiene definido, ya que es un IDE genérico, por esta razón es bastante popular para el desarrollo. Se desarrollo con esta plataforma el entorno de desarrollo integrado IDE de Java, llamado Java Development Toolkit(JDK). (Alarcón, 2014)

2.2.10.1. Aplicación móvil con App inventor

App inventor es una herramienta web de desarrollo para iniciarse en el mundo de la programación, se pueden hacer aplicaciones muy complejas en poco tiempo, para que se ejecuten en los dispositivos móviles con Sistema Operativo Android. Este software es basado en el navegador, es decir el desarrollador no necesita descargar el programa para comenzar a programar, solo debe tener una conexión estable.

Su punto fuerte es la simplicidad y rapidez al momento de crear

aplicaciones. Se puede acceder a la herramienta de manera gratuita y directa solo con una cuenta en Google. La gran cantidad de servicios que incorpora como la localización basada tanto en GPS como en torres de telefonía móvil, hacen de este sistema muy usual a la hora de implementar un proyecto tecnológico. (Callejas, 2016)

2.2.10.2. Antecedentes

Open Blocks se distribuye por el Instituto de Formación Docente Programa Scheller de Tecnología de Massachusetts y es derivado de la investigación de tesis para Máster por Ricarose Roque, además el profesor Eric Klopfer y Daniel Wendel del programa Scheller ayudaron al esparcimiento de Open Block bajo la licencia MIT, cabe destacar la gran similitud con StarLogo TNG que es un proyecto de Kindergarten Group del Laboratorio de Medios del MIT.

Google informo en agosto del 2011 que App Inventor se suspendería como producto perteneciente a ellos, con el objetivo que ese código se convierta a abierto originario. Hoy en día forma parte del MIT para el aprendizaje móvil, en concreto en el MIT Media Lab, y dirigido por Hal Abelson, junto con sus compañeros profesores del MIT Mitchel Resnick y Eric Klopfer.

2.2.10.3. Características

Las características son varias entre ellas el editor de bloques de la aplicación emplea la librería Open Blocks de Java para establecer un lenguaje de programación visual a partir de solo bloques. El compilador que traduce el lenguaje visual de los bloques para la aplicación en Android utiliza Kawa como lenguaje de programación, desarrollado por Per Brothner y distribuido como parte del sistema operativo GNU por la Free Software Foundation.

La integración con el sistema antes nombrado la hace compatible con una colectividad mundial que alcanza los dos millones de usuarios, que representan a 195 países alrededor del mundo y más de 85 mil usuarios activos semanalmente. Se calcula que 4,7 millones de aplicaciones cargadas en la tienda de Android fueron construidas gracias al empleo de esta herramienta.

El propósito por el cual se desarrolló App Inventor fue la necesidad de programar aplicaciones complejas en un reducido tiempo, mucho menos que el empleado en lenguajes tradicionales. Esta herramienta de código abierto permite la creación de aplicaciones accesibles a una amplia gama de audiencias gracias a la facilidad de aprendizaje.

2.2.10.4. Modo de uso de App Inventor

La opción más eficaz para cualquier persona que sigue una profesión no orientada a la programación y necesita desarrollar una aplicación es el empleo de la herramienta App Inventor. Es necesario utilizar tutoriales, videos, presentaciones y libros para reforzar los conocimientos mínimo-necesarios antes de comenzar a programar por bloques. Las aplicaciones desarrolladas con esta herramienta solo son compatibles para dispositivos móviles con el Sistema Operativo Android.

Solo se requiere usar un navegador web, una cuenta en Google de forma obligatoria para iniciar sesión e internet con una conexión estable ya que los cambios se guardan en línea. Al empezar a crear el código es preciso unir piezas, ya que cada parte del código necesario está disperso, es similar a formar un rompecabezas, esto hace más interesante y sencillo para las personas que no están familiarizadas con la programación de aplicaciones para el Sistema Operativo Android.

Se debe aprender que algunos bloques solo se pueden unir entre

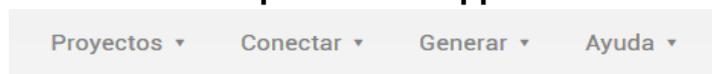
sí. Hay elementos no visibles que integran las aplicaciones generalmente, estos pueden ser Notificadores o Base de Datos que tienen importancia para el tipo de aplicación a realizar en este proyecto. Es necesario definir nombres adecuados a los componentes en la ventana de diseño, esto facilitará la identificación de elementos específicos para programar. Una vez realizado lo anterior se procede a darle funcionamiento a todos los elementos por medio del Editor de Bloques.

2.2.10.5. Elementos de App Inventor

Menú de opciones: Los botones situados en la parte superior de la página son algunos, se explicarán a continuación solo los necesarios para comenzar el desarrollo de una aplicación:

FIGURA N° 15

Menú de opciones en App Inventor



Fuente: App Inventor

Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

1. El botón proyectos es parte inicial para emprender la creación de una aplicación y es donde administraremos la aplicación a desarrollar.
2. El botón Conectar tiene menos funciones, pero son esenciales para realizar pruebas de funcionamiento de la aplicación que se desarrolle estas son: Al Companion, Emulador y USB
3. El botón Generar es empleado cuando al terminar las pruebas en un emulador se desea instalar el archivo apk de la aplicación en un dispositivo móvil físico.
4. El botón Ayuda es bastante necesario por falta de experiencia en el uso de App Inventor, tiene una variada cantidad de tutoriales para

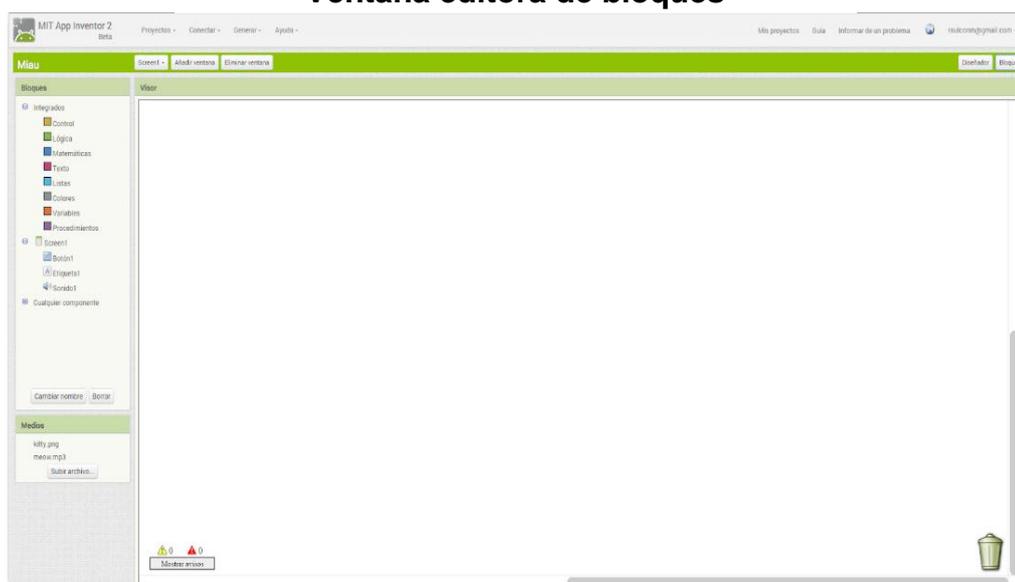
comprender la utilidad de los bloques e inclusive resolver problemas presentados al desarrollar una aplicación.

5. El siguiente botón a la derecha es llamado Mis proyectos, su función es mostrar todos los proyectos que he desarrollado.
6. El botón Idioma es ubicado en la parte derecha y permite cambiar el idioma de casi todo el contenido de la página.

Botones principales: se ubican en la parte superior derecha, estos permiten el desarrollo completo de una aplicación y están divididos en dos secciones: Diseño y Editor de Bloques para construir la aplicación.

Ventana de programación con Bloques: Se debe seleccionar en la esquina superior derecha en el botón Blocks para abrir la ventana de programación. La parte más amplia y de blanco por ahora es el editor, donde colocaremos los bloques que se necesitan para desarrollar la aplicación que recibe las coordenadas.

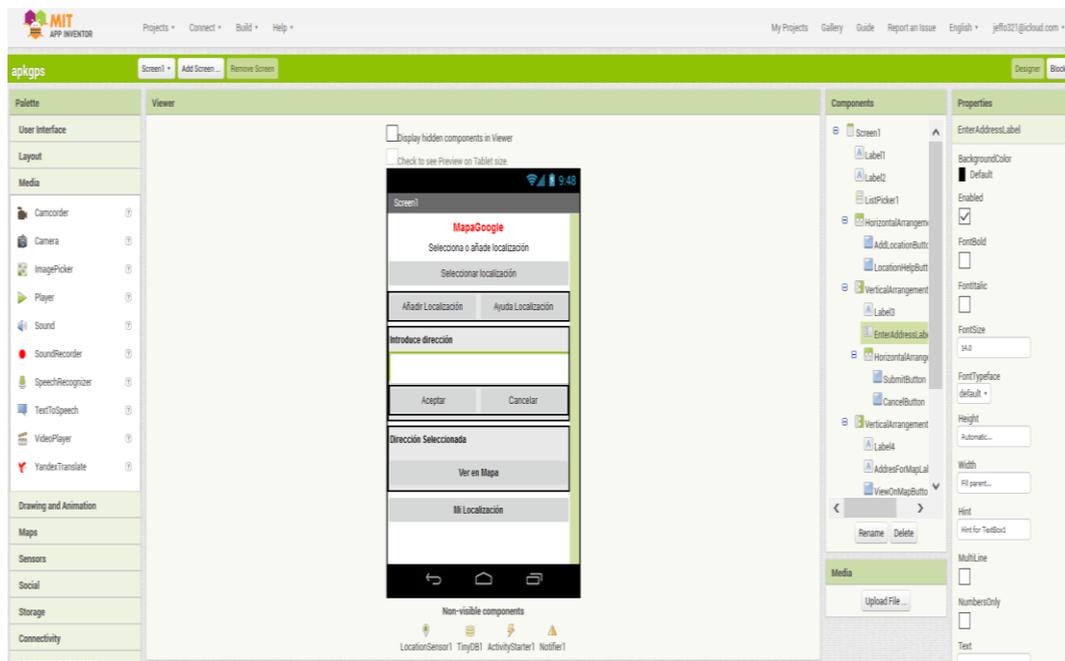
FIGURA N° 16
Ventana editora de bloques



Fuente: App Inventor
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

Ventana de diseño: Permite tener una previsualización de cómo se observará en el dispositivo ya instalada la aplicación. En esta parte se agregan todos los componentes como botones, etiquetas, colores, tipo de letra, tamaño, mapas, sensores, elementos multimedia y muchos más, todos estos elementos solo se insertan mas no tienen acciones programadas en esa sección, a continuación, varias figuras de las partes de la pantalla de diseño.

FIGURA N° 17 PÁGINA PARA DISEÑO DE APP INVENTOR



Fuente: App Inventor
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

FIGURA N° 18
Elementos para diseño

Palette
User Interface
Layout
Media
Drawing and Animation
Maps
Sensors
Social
Storage
Connectivity
LEGO® MINDSTORMS®
Experimental
Extension

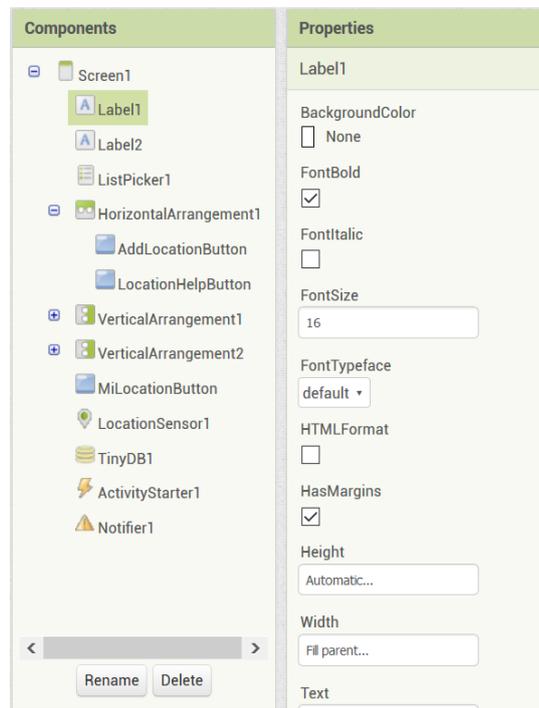
Fuente: App Inventor
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

FIGURA N° 19
Vista previa



Fuente: App Inventor
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

FIGURA N° 20
Editor de Componentes y Propiedades



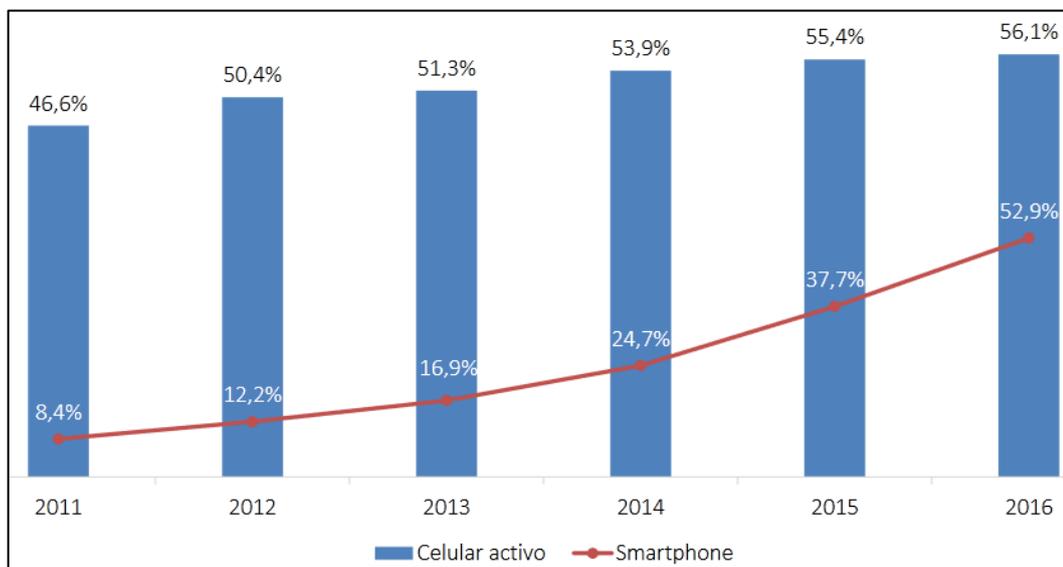
Fuente: App Inventor
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

2.3. Marco Contextual

Se diseñará e implementará un prototipo de dispositivo para seguimiento de personas con discapacidad visual, usando tecnología de open hardware. Los elementos de cuales haremos uso para desarrollar el dispositivo son: una placa Arduino mini pro junto a un módulo GPS y otro GSM, los cuales realizarán el envío de los datos a un teléfono inteligente donde estará instalada la aplicación, con esta solución propuesta se reducirá riesgos y dará mayor autonomía para trasladarse al usuario del dispositivo.

El problema de investigación se situó en la Provincia de Guayas, en específico en la ciudad de Guayaquil y donde fue necesario hacer uso de la página web del CONADIS para tener la información estadística publicada referente a la población por diferentes tipos de discapacidad.

FIGURA N° 21
INCREMENTO DE TELÉFONOS INTELIGENTES 2016



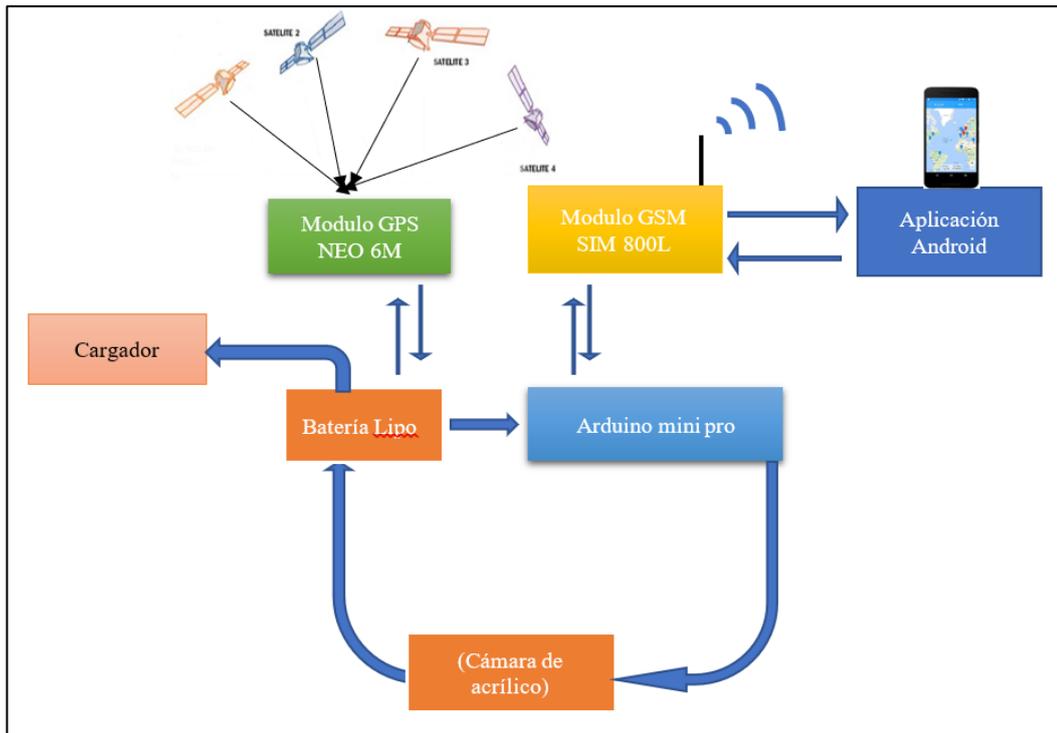
Fuente: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec>
Elaborado por: Investigación Directa

2.4. Marco Conceptual

El sistema de rastreo GPS y GSM tiene como objetivo ubicar personas, vehículos o cualquier parte del mundo en tiempo real. Se pueden considerar diferentes tipos de utilidades para este proyecto desde productos alimenticios, transporte de dinero, ubicación de cualquier tipo de medio de transporte, etc. El sistema de posicionamiento global o GPS transmite señales de microondas a los receptos GPS que utilizan datos de la señal para determinar la ubicación del receptor, tiene un alto nivel de precisión.

Las tecnologías que se usan en el proyecto son SMS, GPS Y GSM, y se integraran dentro de una caja, este será colocado en la persona a rastrear con ello en todo momento se permitirá al receptor obtener sus coordenadas del lugar donde este. Al menos una aplicación instalada en un teléfono inteligente deberá estar en ejecución en todo momento para recibir los mensajes de actualización de ubicación del dispositivo emisor y consultar al usuario.

FIGURA N° 22
DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA COMPLETO



Fuente: Trabajo de Titulación
 Elaborado por: Investigación Directa

El Sistema Global para Comunicaciones móviles o GSM es la red de teléfonos móviles estándar y en Ecuador la población ecuatoriana alcanzó la tenencia de teléfonos inteligentes del 52,9%, en la figura se visualiza los porcentajes. (Censo, 2016)

Esta persona receptora puede ubicarse en cualquier parte del país con cobertura celular. Una característica importante es el diseño de la caja para requerir mínima interacción con el usuario final. Para utilizar el dispositivo el usuario solo tiene que encenderlo mediante un botón situado en la parte superior de la caja.

2.5. Marco Legal

El marco legal del proyecto tecnológico se basa en varios artículos, entre ellos se destaca su carácter inclusivo y promueve el desarrollo en el

país, que permita la aplicación de las tarifas exclusivas establecidas en la Ley Orgánica de Telecomunicaciones del Ecuador, y otras leyes donde se controla y asegura a los beneficiarios finales como las enunciadas a continuación.

En la Constitución de la República del Ecuador, en el artículo 16 inciso 2 dice que hay acceso universal a las tecnologías de la información y comunicación, en el inciso 3 ratifica el acceso en igualdad de condiciones al uso de las frecuencias del espectro radioeléctrico, y a bandas libres para la explotación de redes inalámbricas, y además en el cuarto inciso garantiza el acceso y uso de todas las formas de comunicación ya sea sensorial y otras que permitan la inclusión de personas con discapacidad.

El Código Orgánico Integral Penal tipifica en el artículo 190 que cualquier persona que use fraudulentamente un sistema informático y de telecomunicaciones, manipulando programas para la intromisión al sistema a utilizarse en el proyecto, será castigado con pena privativa de libertad de 1 a 3 años, debido a que accede a información no permitida por el usuario de este dispositivo de seguimiento.

En la Ley Orgánica de Telecomunicaciones concuerdan con este proyecto dos artículos, entre ellos el artículo 24, inciso 26 explica sobre las obligaciones de los prestadores de servicio de telecomunicaciones que tienen para implementar planes especiales para personas con discapacidad en cumplimiento de lo resuelto en la Ley Orgánica de Discapacidades, y donde ya las operadoras Claro, CNT y Movistar han cumplido con un plan básico de \$12+IVA.

El artículo 22 de la misma ley menciona los derechos de los abonados, clientes y usuarios, se desglosa en varios incisos referentes al contexto del tema:

1. El inciso 1 a disponer y recibir los servicios de telecomunicaciones contratados de forma continua, regular, eficiente, con calidad y eficacia.
2. El inciso 2 enfatiza que hay libertad para escoger la operadora.
3. El inciso 18 menciona que los proveedores del servicio no podrán limitar, bloquear, interferir, discriminar, entorpecer limitar el derecho de sus abonados a enviar, recibir u ofrecer cualquier tipo de contenido, aplicación, desarrollo o servicio legal a través de internet o en general de sus redes u otras tecnologías de la información y las comunicaciones, ni podrán limitar el derecho de un abonado a agregar o servirse de varias clases de instrumentos, dispositivos en la red, siempre que estén funcionando legalmente.

El Plan del Buen Vivir es importante señalarlo ya que el proyecto planteado hace referencia a una mejor calidad de vida y la satisfacción de las necesidades a uno de los grupos prioritarios de la sociedad como los discapacitados, inclusive en la primera fase de la aplicación del proyecto del gobierno se incentiva a la transformación de conocimiento en ciencia, el desarrollo de proyectos tecnológicos para fomentar la productividad en el marco de una macroeconomía sostenible.

El Ministerio de Inclusión Económica y Social (MIES), está ligado al propósito del tema, porque tiene como objetivo promover la inclusión social de las personas con alguna discapacidad, garantizar la protección especial, el desarrollo integral y movilidad coordinando la implementación de proyectos destinados a fomentar la capacidad humana.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Diseño y metodología de la investigación

El proyecto en desarrollo llamado “Implementación de un Dispositivo para monitoreo con GPS & GSM para personas con Discapacidad Visual”, tiene como propósito el desarrollo de un dispositivo y para lograrlo es preciso la elaboración de este capítulo.

La necesidad de documentación técnica para entender cómo llegar a la solución de la problemática formulada en el primer capítulo hace necesario el registro de cada procedimiento, técnicas, herramientas y en especial las diferentes metodologías empleadas para cumplir el objetivo planteado en el presente proyecto de tesis.

Se emplearán algunas metodologías de la investigación debido a que son necesarios para llegar a los objetivos especificados anteriormente. Todo se realizará de forma organizada y objetiva, esto quiere decir que implicara la observación de nuestro entorno y probar si el dispositivo es funcional. Las metodologías que se usarán serán exploratoria, experimental y aplicada, caracterizados por ser claro, preciso, susceptible de verificación y explicación, definición que remite a la rigurosidad.

Entre los procesos de investigación se necesita de ordenar, esquematizar, registrar e interpretar datos, además de economizar tiempo y recursos, caso contrario el trabajo se transforma en un cúmulo de datos incoherentes difícil de transmitir.

Se realizarán análisis de algunos sistemas parecidos que previamente fueron desarrollados para diseñar un sistema adaptado para monitorear la ubicación de personas en el Ecuador.

3.2. Enfoque de la investigación

La presente investigación se realizó aplicando el enfoque metodológico cuantitativo. Su propósito es funcionar mediante etapas, es decir una etapa precede a la siguiente y no es posible evitar pasos, manteniendo un orden estricto, aunque es posible redefinir alguna fase si es necesario. El conocimiento debe constituirse en el análisis de hechos reales, de los cuales se debe realizar una descripción objetiva, neutral y compleja. (Lezama, 2017)

Este enfoque parte de una idea que va acotándose y una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se construye una perspectiva teórica. Se desarrollarán pruebas para medir la eficacia del dispositivo, después se analizarán las mediciones obtenidas empleando el método de la medición para luego establecer una serie de conclusiones.

3.3. Tipos de investigación

Se emplearán tres tipos de investigación debido a que son necesarios para llegar a los objetivos especificados anteriormente, estas son del tipo exploratorio, experimental y aplicada.

3.3.1. Investigación exploratoria

Se aplica este tipo de investigación porque este tema de proyecto elegido ha sido poco explorado y conocido en el país, tiene el fin de aumentar el grado de confianza. La falta de información respecto a

diferentes medios tecnológicos para mejorar la seguridad de discapacitados aun no es solucionada.

Apoya con ideas respecto a la forma correcta de abordar una investigación en particular, este tipo de metodología se caracteriza por ser más flexible a las otras, más amplios y dispersos, implican un mayor riesgo, demandan de paciencia y receptividad por parte del investigador. Las características que demuestran que aplicar este tipo de investigación es apropiado son:

- Analizan desde una perspectiva innovadora
- Investigan problemas poco estudiados.
- Ayudan a identificar conceptos sobresalientes.
- Preparan el terreno para investigaciones posteriores.

3.3.2. Investigación experimental o de laboratorio

En este tipo de investigación se aplican los principios del método científico y se emplean experimentos que pueden ser llevados a cabo en un laboratorio o en la vida real. La investigación experimental provee a la investigación un método sistemático, lógico para realizar prácticas científicas mediante la experimentación y cumplir con los objetivos que se persiguen del plan de investigación. El máximo objetivo en este tipo de investigación es el control máximo, se realiza en un ambiente controlado donde se crea el ambiente óptimo.

Se establece cuando se toma como criterio el papel que ejerce el investigador sobre los factores que son objeto de estudio. Las características estudiadas no solo son identificadas por el investigador, también son controladas o manipuladas con el objetivo de observar los resultados, mientras procura evitar que otros elementos entren en la observación. (Alfaro, 2012)

3.3.3. Investigación aplicada

La investigación aplicada es un proceso que permite transformar el conocimiento teórico que proviene de la investigación básica en conceptos, prototipos, productos, y conocimientos conseguidos durante las clases presenciales de la carrera estudiada. El propósito de diseñar e implementar una potencial solución a la falta de un dispositivo único, seguro y económico para seguimiento de la ubicación para discapacitados.

La creación de nuevos productos permite el progreso en el nivel de vida de la sociedad ya sea en una ciudad o sector donde se aplique mejorara por el aumento de la productividad. La investigación aplicada entonces puede representar una oportunidad de avance para la matriz productiva del país.

3.4. Técnicas y herramientas de investigación

Se maneja la técnica bibliográfica para reunir datos, principalmente de internet como medio de recolección de información, entre documentos de sitios web, base de datos, artículos científicos y libros electrónicos, fue necesaria la investigación literaria de diversos autores para obtener conocimiento respecto a cada módulo electrónico que forma el proyecto y capturar la información pertinente para mi tema de tesis. Entre las herramientas de apoyo para realizar la investigación aplicaremos las siguientes:

Observación: Se recopila hechos acerca del problema con datos cuantitativos. Las observaciones deben ser obligatoriamente concisas y bastantes numerosas, para así conseguir una base concreta de partida para lograr la solución. Una observación abierta permite libremente captar el movimiento espontaneo del individuo, es necesario hacer constar

mediante registros escritos o de cualquier forma para poder establecer los datos de experimentos a realizar.

Preguntas: Una vez realizada la etapa de observación, se debe establecer algunas preguntas generadas luego haber hecho el paso anterior. Es necesario constituir una pregunta lógica, apegada a la realidad de lo observado.

Hipótesis: Se define de manera resumida como una guía para lo que se investigue. La formulación de una hipótesis sugiere que, para alcanzar un resultado exitoso en la investigación, puede sufrir varias modificaciones, ya que son proposiciones tentativas sujetas a una comprobación.

Experimentación: Es la prueba científica de la hipótesis, el investigador tiene la obligación de diseñar un conjunto de experimentos para lograr una conclusión exitosa. La experimentación depende del grado de conocimiento científico que tengamos del sistema a investigar, entonces este diseño es resultado de pruebas fiables y no del resultado bajo condiciones de ignorancia.

Conclusiones: La información obtenida de la experimentación se debe analizar con motivo de confirmar la hipótesis original establecida. Una vez comprobada la validez de la hipótesis se debe concluir que la hipótesis es correcta.

3.5. Modalidad para el desarrollo del dispositivo

En forma sistemática se expondrá como se desarrolló el dispositivo, la primera fase fue el análisis comparativo de elementos compatibles para el dispositivo mediante tablas comparativas, en donde se realiza una descripción detallada de los componentes a emplearse y

demostrar porque se seleccionó a estas específicamente. La segunda fase concierne al diseño del dispositivo, donde se indica los requerimientos y el diagrama de conexión de los módulos.

La tercera fase menciona la construcción del dispositivo desde el montaje en baquelita hasta la programación de la placa Arduino. La cuarta fase corresponde a la prueba realizada mediante la comparativa de un grupo de imágenes capturadas al momento de la comprobación del funcionamiento.

3.5.1. Requerimientos para el desarrollo del dispositivo

El dispositivo va a ser llevado por personas con discapacidad, que puede ser una persona menor o mayor de edad, entonces se debe tener muchas consideraciones para garantizar la efectividad de su función, por tanto, los siguientes requerimientos para el diseño:

Un requerimiento específico e importante está relacionado con la condición de discapacitado que tienen las personas beneficiarias del proyecto, la persona tendrá conocimiento que estará usando el dispositivo de localización, pero por su estado no será capaz de activarlo al momento de una situación que se requiera, es claro que el dispositivo siempre debe estar activo.

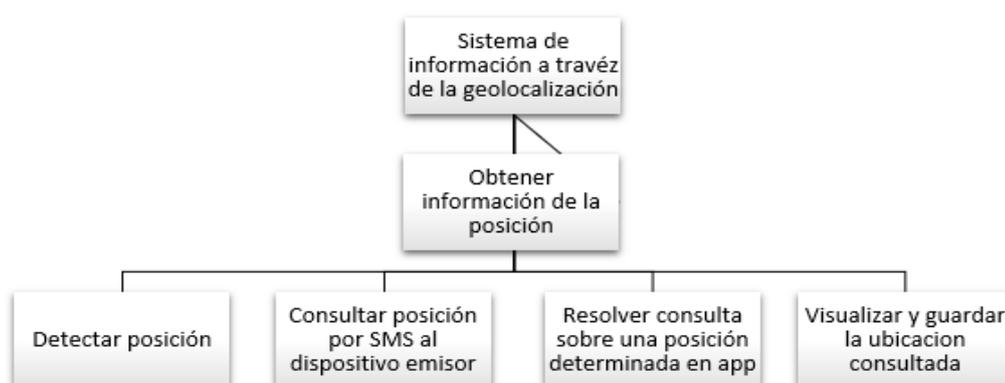
El siguiente requerimiento es el tamaño del dispositivo, este debe ser imperceptible a la vista cuidando los aspectos de peso, color. El portador del dispositivo al sufrir de discapacidad visual desconoce el uso de tecnología, gadgets y cualquier accesorio, por tanto, puede tener poca aceptación o acogida sino se garantiza un dispositivo pequeño y ligero.

Se debe incluir otro factor, si la persona ha confundido la ruta hacia su casa y es incapaz de regresar, se asume que camina sin rumbo o fue

raptada. Los resultados de posición deben ser conocidos cada vez que necesite el familiar de la persona con discapacidad, la precisión de la ubicación no debe ser menor a 15 metros de radio del individuo, ya que tomando esa medida como referencia es suficiente acercarse al lugar tomar contacto visual del sujeto en la posición que indicada.

El dispositivo tiene mucha importancia para la seguridad de las personas con discapacidad, ya que se podrá monitorear en cualquier instante al portador del dispositivo. La integración al sistema del mecanismo de alta disponibilidad o failover permitirá mantener un constante monitoreo sobre el individuo, por este motivo se emplea módulos de localización por GPS y GSM, ambas trabajan en conjunto ya que primero el GPS recepta las coordenadas y el GSM las transmite a un número celular en específico. Ver figura 19.

FIGURA N° 23
CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO FUNCIONAL DEL SISTEMA



Fuente: Investigación Directa
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

3.5.2. Análisis comparativo de elementos del dispositivo

Existen muchos proveedores de elementos electrónicos que ofrecen una variada gama de funciones interesantes adaptables al dispositivo a desarrollar, sin embargo, se debe concentrar la investigación en los elementos importantes que tienen las funciones necesarias para

envió de los datos y deben ser del tipo tecnología en vestuario.

3.5.2.1. Análisis comparativo de tarjetas para procesamiento

Es el hardware central que permite coordinar o supervisar las instrucciones asignadas a cada elemento adjuntado al mismo, inclusive controla el envío y recepción de información necesarios para el presente proyecto. Para esto tenemos disponibles los microcontroladores y microprocesadores, muy similares en funciones a realizar

La Raspberry Pi 3 es una placa base de dimensiones bastantes reducidas, exactamente mide 85 x 56 x 17mm, es perfecta para usarla en proyectos tecnológicos porque puede convertir cualquier cosa que se tenga pensado en implementar, además ofrece conectividad Wi-Fi y Bluetooth integradas, solo es necesario instalar un sistema operativo basado en Linux en una microSD para levantar una computadora funcional.

El kit completo tiene un precio excesivo en el país. Las razones sobran para evitar el uso de esta placa en proyectos aplicados a personas discapacitadas, como es la inseguridad por el fácil acceso a la memoria donde está el S.O., las baterías para hacer portátil esta placa son costosas, es necesario un disipador para evitar el sobrecalentamiento de la placa, su peso y tamaño entre otras características son desventajas para implementarlo en el proyecto a desarrollar.

TABLA N° 5

COMPARATIVA DE TARJETAS DE PROCESAMIENTO

Raspberry Pi 3		Arduino Uno R3	Arduino Pro-mini
Procesador	ARM	ATmega328	ATmega328P
	Cortex-A53		
Memoria externa		Memoria flash de	Memoria flash de 32kb

	32kb	
Líneas de suministro de 3,3V, 5V y GND	Líneas de suministro de 5V, 3.3V y GND	Línea de suministro de 5V y GND
Comunicaciones I2C, SPI y UART	Comunicaciones SPI, I2C	Comunicaciones I2C, SPI y UART
Voltaje de entrada 5 V por 2 A	Voltaje de entrada 7-12V	Voltaje de entrada de 3.3 a 5V
MicroSD para almacenar	Cable USB para programar placa	Adaptador externo para programar
Peso de 45 g	Peso de 45,4 g	Peso menor a 2 g
Precio \$ 70	Precio \$17	Precio \$7.50

Fuente: Trabajo de Titulación
Elaborado por: Investigación Directa

3.5.2.2. Análisis comparativo de módulos para ubicación

Hay diferentes módulos que proporcionan las coordenadas, pero se debe considerar aspectos importantes para garantizar el éxito en el proyecto. A continuación, se realizó un cuadro comparativo en el cual se demuestra porque se decidió por el Módulo GPS Ublox 6m, ver Tabla 6.

TABLA N° 6
COMPARATIVA DE MÓDULOS GPS

Módulos GPS	SIM808	Ublox 6m
Protocolos disponibles	GSM - GPRS - GPS	GPS
Antena	3 conectores SMA	Antena de cerámica
Alimentación	Voltaje de entrada 5V a 26V	Voltaje de entrada 3V a 5V
Peso	32g	9g
Dimensiones	50.13x77.64mm	Módulo:30x20x11.4mm Antena: 23x30mm
Precios	\$60	\$20

Comunicación	NMEA	UART
Corriente	1mA en suspensión, 100mA normalmente	55mA normalmente

Fuente: www.u-blox.com

Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

3.5.2.3. Análisis comparativo de módulos para comunicación

Las opciones fueron variadas en cuanto a módulos disponibles en el mercado ecuatoriano que permitían conectarnos a la red móvil, sobresalieron el módulo sim900 y sim800l por su precio asequible para el proyecto, donde es necesario una inversión mínima porque se definió al inicio que debe ser económica para alcanzar la meta proyectada.

La escalabilidad es definida como una medida que permite aumentar la cantidad de servicios oportunamente sin necesidad de incurrir en gastos excesivos. Se hace mención a este término porque agregando un servidor con ip fija publica permitiría obtener la ubicación a nivel global, esto es más complejo y excedería en gastos para el acceso de usuarios con escasos recursos como discapacitados, ya que para ellos fue desarrollado el dispositivo.

TABLA N° 7
COMPARATIVA DE MÓDULOS GSM

Módulo GSM	SIM900	SIM800L
Protocolos disponibles	Tiene GSM/GPRS	Tiene GSM/GPRS
Antena	1 conector SMA para antena	1 conector
Alimentación	Voltaje de entrada 5V a 26V	Voltaje de 3.4V a 4.4V
Peso	35g	2.8g
Dimensiones	75x55x10mm	22x18x4mm
Precios	\$40	\$ 16
Comunicación	Serial UART, I2C, ADC	Serial UART

omite ya que no es necesario un RESET para el proyecto. El módulo tiene entradas para dos antenas, pero se empleará solo el pin NET para esto se suelda directamente la antena de alambre, esto permitirá tenerla en un espacio reducido.

El módulo Sim 800L emplea mucha corriente cuando se conecta a una red, también durante el arranque inicial y en el pico máximo durante la transmisión GSM llega hasta los 2000mA, por tal motivo se debe esperar al encender el dispositivo que se establezca la corriente de todos los elementos. Se debe tener una línea de tierra o GND como el camino de retorno común de todo el flujo eléctrico para cada módulo que compone el dispositivo, esa regla no se puede omitir.

El módulo GPS Ublox 6m cuenta solo con cuatro pines en toda la placa, el pin VCC y GND serán alimentados con la misma fuente que alimenta a la tarjeta Arduino. Los pines para la comunicación serial RXD y TXD de cualquier módulo a emplear no pueden ser conectados directamente al pin del mismo sentido en la tarjeta Arduino, ya que tendremos una conexión directa, y se necesita obligatoriamente una conexión cruzada para tener una comunicación efectiva en ambos sentidos.

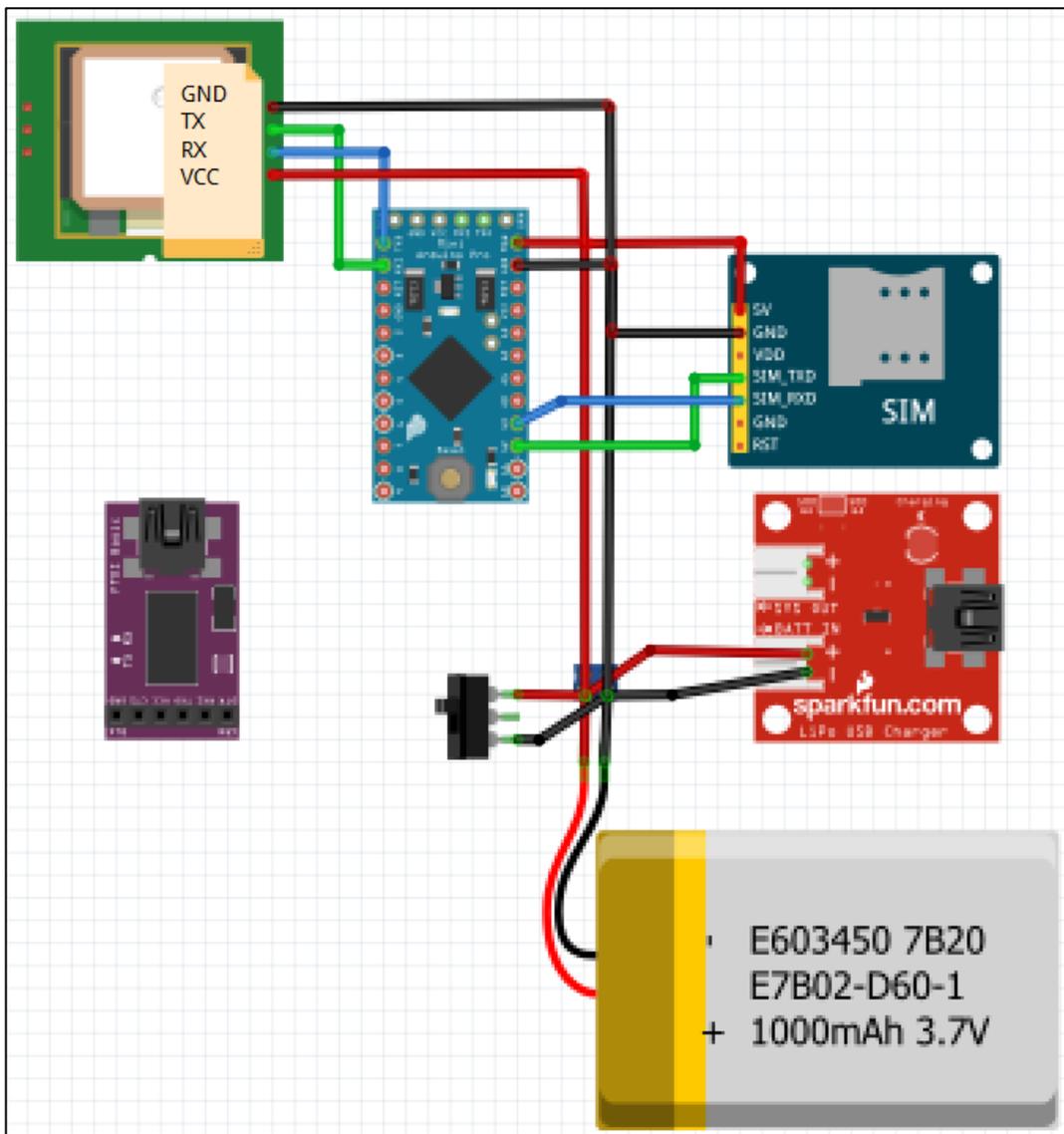
TABLA N° 8
DISTRIBUCIÓN DE PINES EN ARDUINO PRO-MNI

I/O Digital Arduino	Pin Componente	Componente
TXD	RXD	Módulo GPS Ublox 6m
RXD	TXD	
RAW	VCC	
GND	GND	
D12	TXD	Módulo GSM Sim800L
D13	RXD	
RAW	VCC	

GND	GND	Convertor USB-Serial TTL PL2303
TXD Conexión FTDI	RXD	
RXD Conexión FTDI	TXD	
VCC Conexión FTDI	VCC 5V	
GND Conexión FTDI	GND	

Fuente: Investigación Directa
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

FIGURA N° 25
DIAGRAMA DE CONEXIONES DEL DISPOSITIVO



Fuente: Fritzing
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

3.5.3.2. Batería y cargador por emplear

El dispositivo ha sido diseñado para poder ser transportado a cualquier lugar, para esto se usa una batería lipo de 3.7V a 1000mA que proporciona alimentación: la placa Arduino pro-mini, el led, modulo GSM Sim800l, modulo GPS Ublox 6m. El voltaje que entrega la batería cargada completamente está dentro del rango adecuado para todos estos módulos y mantiene la efectividad del dispositivo. Se carga la batería en alrededor de 1 hora con 45 minutos, al conectar el cargador un led rojo encenderá indicando que es correcta la carga.

El módulo de carga micro USB usado para el dispositivo permite la carga de baterías Lipo o Li-on de una sola celda de 3.7V a 1000mA, incluso tiene un circuito para proteger la batería. Se eligió un cargador adecuado a las especificaciones de la batería para evitar la sobrecarga o daño a cualquier componente que conforma el dispositivo, con un voltaje de 3.8V a 1000mA.

3.5.4. Construcción del dispositivo

Como indicio de diseño se estableció que el dispositivo tenga las medidas más reducidas posibles, el prototipo ya desarrollado cuenta con las siguientes medidas: largo 8 cm, ancho 5, 3 cm y alto 2,8 cm. El dispositivo debe ser liviano e incrustarse en cualquier correa y el prototipo tiene una masa de 85 gramos, además el color de la caja es negro para mimetizar donde se colocará el dispositivo.

La estructura base está en una baquelita perforada, este soporta todo el sistema eléctrico del dispositivo, además mediante el cual se lleva a cabo la unión de todos los elementos siguiendo el diagrama de la figura. El prototipo usa un switch simple conectado a la tierra a través de una bornera de dos vías para abrir el circuito cuando es necesario cargar la

batería lipo de 3.7 V a 1000mA.

FIGURA N° 26 MONTAJE EN BAQUELITA



Fuente: Investigación Directa
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

El prototipo tiene 9 piezas que conforman toda la estructura estas son: la caja, que guarda todos los elementos electrónicos; la base que es la baquelita, donde esta soldado el circuito de conexión de todos los elementos; el módulo GSM que envía el SMS, el módulo GPS que recibe las coordenadas de los satélites, la bornera que empata la conexión del módulo de carga con la batería lipo y el switch para cerrar o abrir el circuito dependiendo del estado de la batería.

FIGURA N° 27 MONTAJE FINAL EN LA CAJA



Fuente: Investigación Directa
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

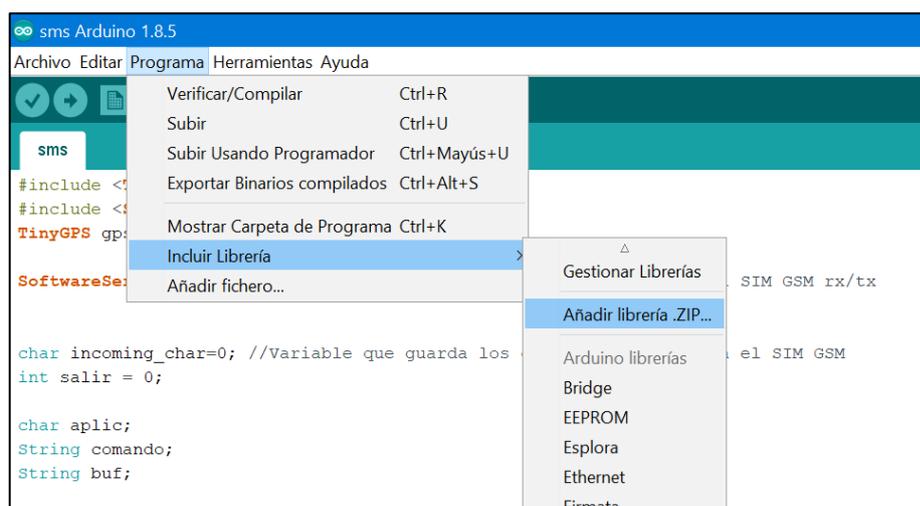
3.5.4.1. Programación del dispositivo con el IDE Arduino

Se necesita para facilitar ciertas líneas de códigos, utilizar librerías que ayuden a descifrar datos para poder extraer lo necesario. Se empezó descargando la librería TinyGPSPlus desde la página Github, y SoftwareSerial en la versión 1.0.0 se puede descargar directo desde el Gestor de Librerías en la plataforma Arduino.

La librería primera debe obligatoriamente estar en formato .zip para luego importarla a la ubicación donde están almacenadas las demás librerías de Arduino, generalmente se encuentran en la sección C:\Users\user\Documents\Arduino\libraries.

TinyGPSPlus es una biblioteca Arduino que se usa para analizar flujos de datos NMEA provisto para módulos GPS como el Ublox 6m usado en este proyecto, proporciona métodos compactos y fáciles de usar para extraer datos como la longitud, latitud, altura, fecha, hora, velocidad, es decir con esta biblioteca obtener la ruta del dispositivo GPS de la persona.

FIGURA N° 28
LIBRERÍA TINYGPSPLUS



Fuente: Arduino

Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

SoftwareSerial es otra biblioteca desarrollada exclusivamente para permitir la comunicación serial en los pines digitales de la placa Arduino pro-mini, una pieza de hardware integrada en el chip es parte de cada componente del proyecto llamada UART y que permite que haya la comunicación en serie. La limitación encontrada para el proyecto con esta librería es que no permite usar múltiples puertos de software, solo es posible por uno a la vez.

FIGURA N° 29 PROGRAMACIÓN DEL MÓDULO GPS Y GSM EN ARDUINO

```
#include <TinyGPS++.h>
#include <SoftwareSerial.h>
TinyGPSPlus gps;
SoftwareSerial SIM800L(12, 13); // Configura el puerto serial para el SIM GSM rx/tx

double latitud, longitud;
String response;
int lastStringLength = response.length();
String link;

void setup() {
  Serial.begin(9600); // Configura velocidad serial para el Arduino
  Serial.println("GPS ");
  SIM800L.begin(9600); // Configura velocidad serial para el SIM
  SIM800L.println("AT+CMGF=1"); // Configura para enviar mensaje de texto
  Serial.println("Comenzo SIM800L a 9600");
  delay(1000); // Retardo para encendido
  Serial.println("Configuración completa Módulo SIM800L esta Listo!");
  SIM800L.println("AT+CNMI=2,2,0,0,0");
}
```

Fuente: Investigación Directa
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

3.5.4.2. Configuración del módulo GPS

Se necesita configurar el módulo Ublox 6m porque las configuraciones que están por defecto causan retrasos e inclusive la señal de los satélites no se lograba encontrar. El software U-Center permite hacer los cambios necesarios para mejorar la sincronización de la información con el GPS. En la pestaña view se debe hacer clic, siguiente seleccionamos en Message view y se desplegará una ventana con numerosas opciones.

Son una serie de árboles jerárquicos, se debe seleccionar UBX, después CFG(Config) y ubicar el ítem RATE, allí se cambiará la frecuencia de entrega de coordenadas por los siguientes datos.

$$5 \text{ Hertz} = \frac{1 \text{ ciclo}}{200 \text{ ms}}$$

Se sigue realizando cambios en la sección UBX, para esto se debe ubicar en el ítem NAV(Navigation) donde vamos a activar 3 tipos de navegación, estos son POSLLH (Geodetic Position), STATUS (Navigation Status) y VELNED Velocity (WGS84). Al realizar estos cambios debemos obligatoriamente hacer clic en el botón Send de la parte inferior izquierda de la misma ventana, después seleccionamos en la pestaña superior Receiver, luego en Action donde se mostrarán 9 opciones y finalmente en Save Config para guardar en el módulo GPS todos los cambios hechos.

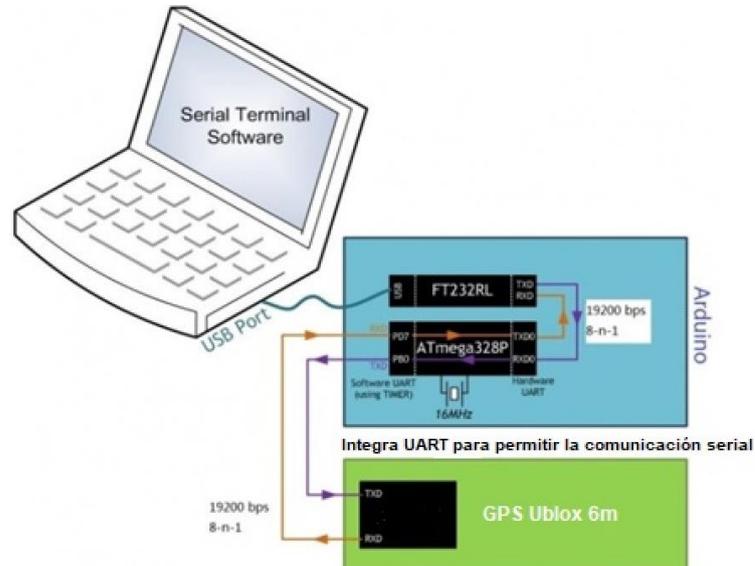
3.5.4.3. Fases de comprobación del Módulo GPS

Se realizaron dos pruebas para verificar el funcionamiento del módulo GPS. El módulo necesita conectarse a los satélites para obtener los datos de georreferencia, el tiempo de inicio del primer encendido demora un poco más, son alrededor de 38 segundos en promedio que se toma para conectarse, además la poca recepción de la señal de los satélites en el área donde estaba ubicado creaba la situación necesaria para realizar pruebas.

Primera Fase

La segunda fase fue hecha solo conectando la placa Arduino pro-mini con el módulo GPS y el conversor hacia la laptop. Se realizó esto para verificar a través del monitor serial del Arduino IDE las coordenadas entregadas, además con la conexión directa no existirá interferencia que provoque errores.

FIGURA N° 30
CONEXIÓN DE PLACA ARDUINO Y MÓDULO GPS



Fuente: Investigación Directa
 Elaborado por: Silva Castillo Jefferson Abel

FIGURA N° 31
SKETCH DE PRUEBA CON MÓDULO GPS

```

void loop()
{
  while(serialgps.available())
  {
    int c = serialgps.read();
    if(gps.encode(c))
    {
      float latitude, longitude;
      gps.f_get_position(&latitude, &longitude);
      Serial.print("Latitud/Longitud: ");
      Serial.print(latitude, 5);
      Serial.print(", ");
      Serial.println(longitude, 5);
      gps.crack_datetime(&year, &month, &day, &hour, &minute, &second, &hundredths);
      Serial.print("Fecha: "); Serial.print(day, DEC); Serial.print("/");
      Serial.print(month, DEC); Serial.print("/"); Serial.print(year);
      Serial.print(" Hora: "); Serial.print(hour, DEC); Serial.print(":");
      Serial.print(minute, DEC); Serial.print(":"); Serial.print(second, DEC);
      Serial.print("."); Serial.println(hundredths, DEC);
      Serial.print("Altitud (metros): "); Serial.println(gps.f_altitude());
      Serial.print("Rumbo (grados): "); Serial.println(gps.f_course());
      Serial.print("Velocidad(kmph): "); Serial.println(gps.f_speed_kmph());
      Serial.print("Satelites: "); Serial.println(gps.satellites());
      Serial.println();
      gps.stats(&chars, &sentences, &failed_checksum);
    }
  }
}

```

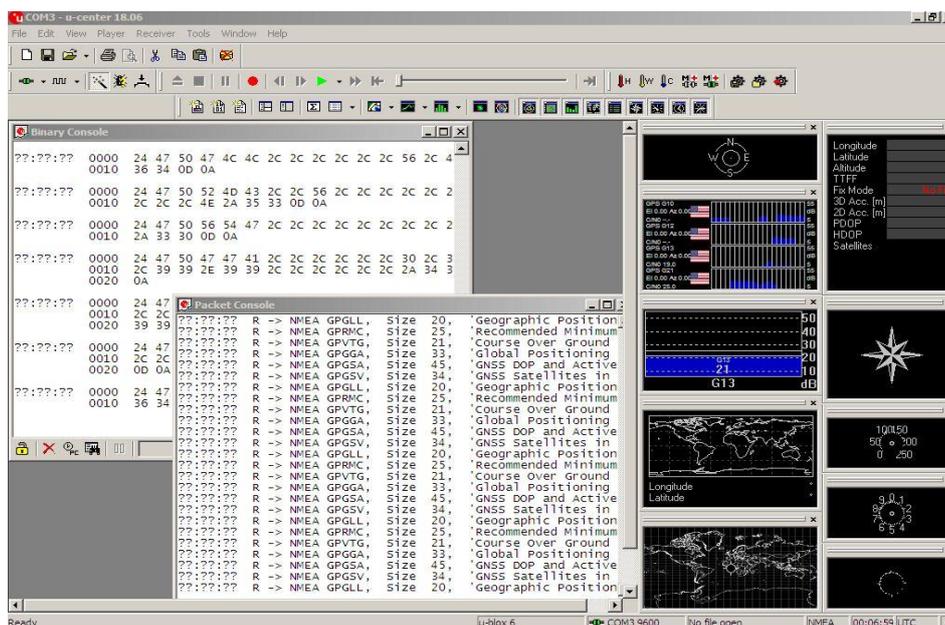
Fuente: Investigación Directa
 Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

Segunda fase

Se debe instalar el software u-center, descargándolo en <https://www.u-blox.com/en/product/u-center-windows>. Se configura los parámetros de baudio y puerto para comenzar la lectura de datos, esto en la sección izquierda superior de la ventana principal del software.

Para lograr esta fase primero se conectó el convertidor FTDI RS232 al módulo GPS Ublox 6m, después este se conectó directamente a la computadora por el puerto USB. Se debe verificar que la conexión se realice de manera cruzada TX a RX y viceversa para tener comunicación, además para evitar daños en el módulo.

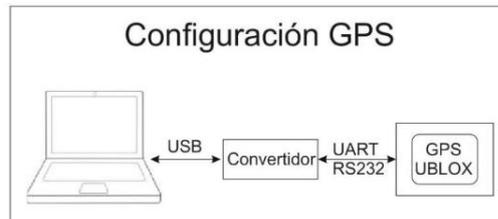
FIGURA N° 32
VENTANA DE SOFTWARE U-CENTER



Fuente: Software U-Center
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson Abel

La configuración predeterminada del GPS Ublox 6m viene en 9.600 baudios, y este valor se debe seleccionar para tener una conexión exitosa. Los cuadros negros del lado derecho deberían mostrarse en movimiento y de color azul si el módulo GPS está recibiendo las coordenadas geográficas correctamente.

FIGURA N° 33
DIAGRAMA DE CONEXIÓN ENTRE PC Y MÓDULO GPS



Fuente: Universidad Salesiana
 Elaborado por: Silva Castillo Jefferson Abel

3.5.5. Pruebas del dispositivo

Las pruebas obtenidas para comprobar los resultados del dispositivo construido se basan en los datos de posición obtenidos con la aplicación y el dispositivo desarrollado, comparándolas con las ubicaciones captadas por el GPS propio del teléfono celular con la aplicación de Google Maps.

3.5.5.1. Captura de ubicación mediante la aplicación desarrollada

Las pruebas fueron realizadas desactivando el servicio de GPS en el teléfono celular, es decir la ubicación que indique la aplicación no tiene relación con el localizador del teléfono.

Se realizaron diez pruebas con el dispositivo mediante la captura de la ubicación en diez ubicaciones distintas, desde el sur de la ciudad de Guayaquil, hasta el Hospital de Niño. La aplicación tiene una base de datos integrada donde están registradas estos lugares. Estas ubicaciones empleadas por el sistema de transporte público, es donde recurren usuarios con discapacidad visual generalmente. Ver tabla 9.

Todas las pruebas fueron realizadas tomando el tiempo, guardando capturas de pantalla del lugar encontrado por la aplicación desarrollada. El dispositivo supero exitosamente la prueba y se lograron los resultados

deseados. No se presentó ningún problema desde el inicio hasta el fin de la prueba, todos los resultados eran adecuados. Ver anexos de 20 al 29

TABLA N° 9
COORDENADAS DEL DISPOSITIVO DESARROLLADO

Etiqueta	Hora	Longitud	Latitud
1	18:20	-2.261364	-79.8882397
2	18:47	-2.251696	-79.894371
3	18:56	-2.245465	-79.895294
4	19:05	-2.240990	-79.895874
5	19:14	-2.227429	-79.897942
6	19:21	-2.219306	-79.898628
7	19:32	-2.214950	-79.897095
8	19:44	-2.212431	-79.896408
9	20:02	-2.205576	-79.894142
10	20:15	-2.202008	-79.892250

Fuente: Investigación Directa
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

3.5.5.2. Comprobación con Google Maps

El propósito de la comparativa con la aplicación de Google Maps fue probar el funcionamiento correcto del dispositivo, se realizaron mediciones en el mismo lugar donde se tomó la ubicación del dispositivo desarrollado con el propósito de determinar si los datos recogidos actuaban en concordancia con la Tabla 9 y 10.

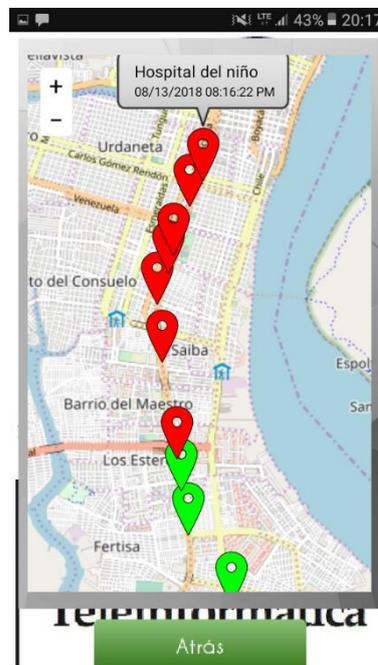
TABLA N° 10
COORDENADAS DE APLICACIÓN GOOGLE MAPS

Etiqueta	Hora	Longitud	Latitud
1	18:10	-2.261312	-79.888276
2	18:50	-2.251663	-79.894334
3	19:01	-2.245472	-79.895270

4	19:06	-2.241019	-79.895778
5	19:16	-2.227431	-79.897867
6	19:23	-2.219330	-79.898735
7	19:35	-2.214972	-79.897291
8	19:51	-2.212490	-79.896405
9	20:06	-2.205628	-79.894205
10	20:19	-2.202086	-79.892340

Fuente: Investigación Directa
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

FIGURA N° 34
REGISTRO DE LUGARES EN LA BASE DE DATOS



Fuente: Investigación Directa
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson Abel

3.5.5.3. Rendimiento de la batería en la prueba

En la prueba el dispositivo se mantuvo encendido durante ocho horas continuas y solo hasta ese tiempo tuvo una tensión adecuada para tener encendido todos los elementos del dispositivo. Se demora alrededor de 1:45 minutos para cargar completamente la batería, y alcanza una tensión de 4,17 V a 1000mA como máximo.

El módulo GSM tuvo inconvenientes debido a la disminución de voltaje, al realizar la medición de voltaje se verifico que a 3.18 V no puede mantenerse encendido este módulo, los demás elementos con esa tensión siguen funcionando correctamente.

3.6. Modalidad para el desarrollo de la aplicación

El trabajo en desarrollo esta propuesto en dos partes, una el dispositivo de seguimiento que será adherido a la persona a rastrear, la otra sección es la aplicación basada en Android instalada en el smartphone del receptor de las coordenadas. Una decisión eficaz dentro de un proyecto compuesto por una parte hardware y otro software es la definición de la metodología de desarrollo del software a emplear, la cual definirá cómo evoluciona el proceso de producción de la aplicación.

Se propone una metodología que permita dividir las diferentes etapas del desarrollo, por eso se aplicara una metodología de tipo ágil, la cual sigue un esquema de desarrollo iterativo e incremental, de esta manera se puede desarrollar enfocándose en mantener un orden metodológico de manera estricta para todas las etapas que conforman, de tal forma que el inicio de cada una debe esperar a la finalización de la anterior, ajustándose al proceso de análisis, diseño y desarrollo del software de manera secuencial. (Martínez, 2014)

3.6.1. Selección del Software idóneo para programar la aplicación en Android

Se debe tener una aplicación instalada en algún smartphone Android donde poder visualizar el mapa con las coordenadas de la persona con discapacidad visual a rastrear continuamente y además debe realizar un registro de las coordenadas ingresadas, por esta razón es necesario emplear el software adecuado que permita el menor tiempo e

inversión.

Las opciones de programas para el desarrollo de aplicaciones basadas en la plataforma Android son extensas, algunas están disponibles solo para trabajar directamente en su página web (entorno de desarrollo en la nube), otras permiten portabilidad y por último tenemos las instalables que cuentan con una mayor cantidad de herramientas que las posicionan como imprescindibles para el desarrollo de aplicaciones en Android puro.

Se tomó la decisión entre varias herramientas para programar aplicaciones en Android y al final se resolvió por App Inventor. Se prefirió porque tienen mayor facilidad y sencillez para alguien que no está inmerso en el área de programación.

1. En primer lugar, se debe utilizar Firefox, Google Chrome o Safari ya que solo estos navegadores web son compatibles con App Inventor.

FIGURA N° 35 PÁGINA WEB DE APP INVENTOR

MIT APP INVENTOR

About ▾ News & Events ▾

Resources ▾

Create apps!

Anyone Can Build Apps That Impact the World

Google Custom

Donate!

MIT Master Trainers in Educational Mobile Computing 2018

41 new Master Trainers participate in 3 day workshop at MIT

Active Users: This Month: 381.4K This Week: 114.9K Today: 36.5K

Registered Users: 6.8M Countries: 195 Apps Built: 24.0M

App Inventor code is open source

Try out our App Building Guides!

Snapchat Remix

Translation App Guide

Mood Ring

Don't Get Faked

Learn more about Youth Radio.

Fuente: <http://ai2.appinventor.mit.edu/>
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

2. Ya estando en la página principal se debe dar clic en la parte superior derecha en el botón Create app!. La página se redirigirá a <https://accounts.google.com/> donde se deben seguir las instrucciones de la página, allí de manera obligatorio se debe crear o usar una cuenta existente de Google para iniciar sesión. El sistema operativo Android le pertenece a Google por tanto es imperativo el trabajo conjunto entre el MIT y Google.
3. La interfaz de App Inventor que aparece después se muestra de manera predeterminada en inglés, solo se debe pulsar sobre la opción de idioma el español ubicado en la parte superior derecha de la página.
4. Se debe pulsar sobre la opción proyectos, luego dar clic en comenzar un nuevo proyecto e ingresar el Nombre del proyecto que será "Localizar".
5. Se mostrará una ventana que se divide en varias secciones, pero se debe centrar en esta fase solo en los botones principales llamados: Diseñar y Bloques, estos permiten para crear la aplicación.

3.6.2. Diseño de aplicación

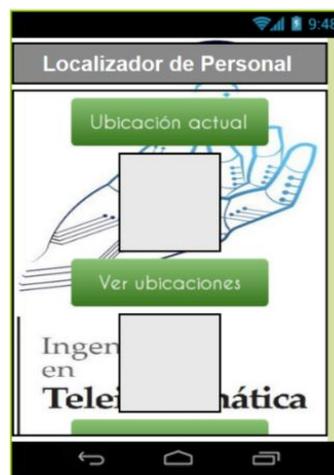
La aplicación apoya el proceso de monitoreo de la ubicación. Es necesario el conocimiento sobre aspectos básicos sobre funcionalidad, usabilidad y diseño para entregar una aplicación móvil eficaz. Se establecieron unas pautas para lograr un correcto diseño:

1. Organizar el contenido y funciones de la aplicación para ser encontrados rápido por el usuario.
2. Diseñar con claridad visual, se debe agregar solo las funciones

obligatoriamente necesarias para que el usuario no malinterprete las señales en la pantalla.

3. Se debe determinar el perfil del usuario de la aplicación, esto permitirá diseñar de acuerdo con el usuario final, en este proyecto los usuarios serian personas de nivel socioeconómico bajo que tienen miembros en su familia con alguna discapacidad.

FIGURA N° 36
PRIMER INTERFAZ DE LA APLICACIÓN



Fuente: appinventor.mit.edu
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

FIGURA N° 37
SEGUNDA INTERFAZ DE LA APLICACIÓN



Fuente: appinventor.mit.edu
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

FIGURA N° 38
TERCERA INTERFAZ DE LA APLICACIÓN



Fuente: appinventor.mit.edu
 Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

3.6.3. Programación en bloques de la aplicación

Una vez terminado el diseño de las tres pantallas, y especificado un nombre a cada componente empleado en el diseño de la interfaz, se debe proceder a ensamblar los bloques por cada pantalla diseñada. A continuación, se explicará la función que realiza cada bloque que conforma las tres pantallas:

3.6.3.1. Descripción de programación de la primera pantalla

Se muestra al abrir la aplicación por defecto, la programación es más sencilla en relación con las pantallas faltantes, y consistió en la asignación de funciones de los botones Ubicación actual, Ver ubicaciones, Borrar ubicaciones y Salir: Ver anexo 9

Ubicación actual: Se emplea este botón solamente para abrir la

segunda pantalla.

Ver ubicaciones: La función de este botón es abrir la tercera pantalla y donde están todas las ubicaciones registradas.

Borrar ubicaciones: El botón borrar es de tipo control, este permanece conectado mediante un bloque de procedimientos que llama a la base de datos del botón Ver ubicaciones, y mostrara el aviso “Base de datos borrada” si correctamente es ejecutada la función.

Salir: El botón salir es simple, tiene especificado solo la función cerrar pantalla actual.

3.6.3.2. Descripción de programación de la segunda pantalla

La segunda pantalla se abre al hacer clic sobre el botón Ubicación actual y está formada por diez bloques. En primer lugar, se debe enviar un mensaje SMS a un número celular especificado en el cuadro de texto “Ingrese número”, una vez que aparezca el aviso “mensaje enviado” se debe esperar un corto tiempo para recibir la longitud y latitud que se mostrara en una línea debajo del cuadro donde se ingresa el número.

El siguiente paso es seleccionar el botón Find para encontrar en el mapa de la ciudad la ubicación de la persona, luego como última función opcional se puede guardar el lugar encontrado haciendo clic sobre el marcador, el aviso mostrado presentará la pregunta “¿Deseas almacenar tu ubicación?”, si seleccionas “SI” aparecerá un nuevo cuadro donde se introduce la descripción más conveniente para el usuario. Ver anexo del 10 al 14.

SMS: Su programación tiene incluido un bloque de control que ejecuta la acción de enviar el mensaje de texto al número celular

ingresado. Se inserto un bloque de texto para que el mensaje a enviar incluya la palabra clave GPS ON, esto permite que procese solo respuestas del dispositivo desarrollado. El siguiente bloque recibe el mensaje y divide en dos secciones, una de longitud y la otra de latitud.

Find: El botón find solicita la longitud y latitud ya fraccionada en dos secciones, luego un bloque de procedimiento llamar selecciona los dos elementos por separado y busca en el mapa aplicando zoom 13. El bloque siguiente ejecuta el procedimiento “llamar al marcador de ubicación”, inmediatamente un notificador ejecuta un ciclo when para preguntar si desea guardar el lugar marcado e introducir la descripción del lugar.

Contador: Su función emplea un bloque de control para ejecutar un procedimiento “llamar” a la Base de Datos y presentar el aviso “Encontradas tales localizaciones en la base de datos” con la cantidad de ubicaciones guardadas.

Marcador: Los dos bloques tienen integrados funciones de control para mostrar avisos al hacer clic sobre el marcador encontrado por el botón Find. Es importante la tarea que realiza estos bloques al enunciar si desea guardar nuevas ubicaciones, para posterior registro en la Base de Datos.

Sumador: La acción de este bloque es contigua a la entrada de texto descriptivo del lugar encontrado, tiene la función de aumentar en uno el contador cada vez que exista un nuevo registro, para posterior agregar la fecha y hora, y guardar esto en la Base de Datos.

3.6.3.3. Descripción de programación de la tercera pantalla

La tercera pantalla es donde se mostrarán todos los registros

guardados en la Base de Datos, se muestra haciendo clic en el botón “Ver Ubicaciones” de la primera pantalla. Es válido aclarar que no guarda automáticamente cada ubicación encontrada, se precisa haber seleccionado el marcador e ingresado un nombre o estará vacía la Base de Datos. Ver anexos 15 y 16.

Listar elementos registrados: El primer bloque ordena, se ejecutará cada vez que selecciona “SI” en el aviso posterior a la selección del marcador, se programó para permitir añadir hasta diez elementos en la lista. El siguiente bloque es un tipo de procedimiento “como”, está compuesto por los elementos: marcador, latitud, longitud, descripción y hora; su función es mostrar los elementos descripción y hora en formato de texto, al seleccionar el marcador de ubicación un cuadro sobre él se mostrará con esos datos.

Mensaje del marcador guardado: Se compone de un gran bloque que tiene como función seleccionar elementos de la lista ya guardada en la Base de Datos. Es la primera acción que realiza al abrir la pantalla Ver Ubicaciones, un aviso mostrara el mensaje “¡Encontradas tales ubicaciones en la BD”!

3.6.4. Fase de comprobación de la aplicación

La etapa final consiste en probar el funcionamiento de la aplicación en tiempo real con un emulador propio de App Inventor, esto se realizó instalando un programa ya previamente descargado de la página <http://appinventor.mit.edu/explore/ai2/windows.html> llamado MIT App Inventor Tools 2.3.0. La instalación de la aplicación denominada MIT AI2 Companion fue necesaria, pero esta es dentro del teléfono emulado. Ver figuras 39 y 40.

Se presentaron algunos problemas, primordialmente al registrar en

la base de datos las ubicaciones encontradas. Los errores expuestos en esta fase de emulación permitieron la corrección oportuna para conseguir el resultado deseado. Una vez no hubo inconvenientes en el emulador se procedió a descargar el archivo apk generado desde la página de App Inventor, para luego instalar el archivo terminado en un teléfono móvil con Sistema Operativo Android.

FIGURA N° 39
PRUEBA EN EMULADOR DE APP INVENTOR



Fuente: appinventor.mit.edu
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

FIGURA N° 40
PROGRAMA MIT APP INVENTOR TOOLS

```

aIStarter
Platform = Windows
AppInventor tools located here: "C:\Program Files (x86)"
Bottle server starting up (using WSIGRefServer())...
Listening on http://127.0.0.1:8084/
Hit Ctrl-C to quit.

127.0.0.1 - - [30/Aug/2018 11:18:35] "GET /ping/ HTTP/1.1" 200 40
127.0.0.1 - - [30/Aug/2018 11:18:41] "GET /echeck/ HTTP/1.1" 200 40
127.0.0.1 - - [30/Aug/2018 11:18:41] "GET /echeck/ HTTP/1.1" 200 40
127.0.0.1 - - [30/Aug/2018 11:18:41] "GET /echeck/ HTTP/1.1" 200 40
127.0.0.1 - - [30/Aug/2018 11:18:41] "GET /echeck/ HTTP/1.1" 200 40
127.0.0.1 - - [30/Aug/2018 11:18:41] "GET /echeck/ HTTP/1.1" 200 40
127.0.0.1 - - [30/Aug/2018 11:18:41] "GET /echeck/ HTTP/1.1" 200 40
127.0.0.1 - - [30/Aug/2018 11:18:41] "GET /start/ HTTP/1.1" 200 0
127.0.0.1 - - [30/Aug/2018 11:18:41] "GET /echeck/ HTTP/1.1" 200 40
127.0.0.1 - - [30/Aug/2018 11:18:42] "GET /echeck/ HTTP/1.1" 200 40
127.0.0.1 - - [30/Aug/2018 11:18:43] "GET /echeck/ HTTP/1.1" 200 40
127.0.0.1 - - [30/Aug/2018 11:18:44] "GET /echeck/ HTTP/1.1" 200 40
127.0.0.1 - - [30/Aug/2018 11:18:45] "GET /echeck/ HTTP/1.1" 200 40
127.0.0.1 - - [30/Aug/2018 11:18:46] "GET /echeck/ HTTP/1.1" 200 40
127.0.0.1 - - [30/Aug/2018 11:18:47] "GET /echeck/ HTTP/1.1" 200 40
127.0.0.1 - - [30/Aug/2018 11:18:48] "GET /echeck/ HTTP/1.1" 200 40
127.0.0.1 - - [30/Aug/2018 11:18:49] "GET /echeck/ HTTP/1.1" 200 40
127.0.0.1 - - [30/Aug/2018 11:18:50] "GET /echeck/ HTTP/1.1" 200 40
127.0.0.1 - - [30/Aug/2018 11:18:51] "GET /echeck/ HTTP/1.1" 200 40
127.0.0.1 - - [30/Aug/2018 11:18:52] "GET /echeck/ HTTP/1.1" 200 40
127.0.0.1 - - [30/Aug/2018 11:18:53] "GET /echeck/ HTTP/1.1" 200 40
127.0.0.1 - - [30/Aug/2018 11:18:54] "GET /echeck/ HTTP/1.1" 200 40
127.0.0.1 - - [30/Aug/2018 11:18:55] "GET /echeck/ HTTP/1.1" 200 40
127.0.0.1 - - [30/Aug/2018 11:18:56] "GET /echeck/ HTTP/1.1" 200 40
127.0.0.1 - - [30/Aug/2018 11:18:57] "GET /echeck/ HTTP/1.1" 200 40
    
```

Fuente: appinventor.mit.edu
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Costos de implementación

La implementación del dispositivo se dijo al inicio del proyecto que sería construida con un costo reducido en comparación a equipos existentes en el mercado ecuatoriano, el costo final fue de \$ 50,77 siendo un valor aceptable.

TABLA N° 11
PRESUPUESTO DEL PROYECTO

Equipos	Descripción	Cantidad	Precio
Tarjeta de procesamiento	Arduino Pro-mini 5v	1	\$5,00
Convertor	Modulo PL2303	1	\$ 3,00
GPS	Ublox 6m	1	\$ 18,00
GSM	Sim800l	1	\$ 15,00
Chip celular	micro-sim	1	\$ 3,00
Caja	8cm x 5.3cm x 3cm	1	\$ 1,50
Fuente	Batería 3.7 a 1A	1	\$ 0,00
Driver	18650 micro USB	1	\$ 1,20
Suministro	Cargador de 3.7V a 1A	1	\$ 3,00
Interruptor	Switch 011	1	\$ 0,15
Bornera	2 entradas	1	\$ 0,12
Base	Baquelita	1	\$ 0,80
TOTAL		7	\$ 50,77

Fuente: Investigación Directa
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

Se debe incluir un pequeño presupuesto para la compra de mensajes SMS, para esto existe un plan habilitado para personas con discapacidad instituido en la Ley Orgánica de Discapacidades que tiene un valor final de \$13,80. Cabe desatacar el reducido costo que tiene comprar SMS, inclusive las operadoras ofrecen mensajes de manera ilimitada por solo \$1.

4.2. Conclusiones

Al identificar las distintas situaciones de riesgo que suceden en Guayaquil a diario y al saber que no solo en la ciudad tenemos la mayor cantidad de personas con discapacidad visual, sino también la mayor cantidad respecto a cualquier otro tipo de discapacidad se encontró que este grupo sufre de muchos maltratos producidos al moverse en el transporte público principalmente, sumado las limitaciones que conllevan desplazarse a estas personas.

Se planteó como objetivo general de investigación el implementar un dispositivo de bajo costo para monitoreo de la ubicación de personas con discapacidad visual y con esto mejorar la seguridad de la persona al desplazarse en la ciudad de Guayaquil, cumpliendo con efectividad el reducido costo que se logró alcanzar, el monitoreo de la ubicación es exitoso logrando así beneficiar al usuario en toda la ciudad.

El proceso de construcción del dispositivo electrónico adaptable al vestuario del portador del equipo se logró consumir exitosamente, inclusive se logró obtener el peso y tamaño adecuado para evitar molestia e insatisfacción del usuario. La conclusión de todos los objetivos específicos trazados al inicio del proyecto de tesis aportó al éxito del objetivo general.

Los dos primeros objetivos específicos conciernen a realizar varios

análisis comparativos de las tecnologías actuales para poder distinguir los elementos más efectivos, pequeños que existan en el Ecuador, además fueron primordiales estos dos pasos para continuar el desarrollo del proyecto. Estos objetivos están relacionados completamente con el marco teórico lo que indica una dependencia lineal en toda la estructura del trabajo investigativo.

Se cumplió el tercer objetivo, al diseñar un dispositivo portátil y versátil para seguimiento en las actividades de cualquier persona. Se tuvieron en cuenta varios aspectos en cuanto al diseño requerido para obtener un modelo que cumpla los requerimientos deseados, cabe resaltar la importancia que tuvo el software fritzing para realizar el diseño del diagrama.

El cuarto objetivo en concreto requería específicamente el uso elementos de bajo costo, cumpliendo a cabalidad al haber realizado un análisis detallado de cada elemento. Se empleo una impresora 3D para crear la caja con las medidas necesarias obtenidas del diseño del dispositivo. El material de la caja causaba que poca señal sea receptada por la antena del módulo GPS, entonces se la instaló de manera externa evitando así el contratiempo.

La prueba fue realizada en un ambiente real donde se puso en marcha el dispositivo, logrando observar la actividad del sistema de monitoreo, el cual realiza una correcta interacción entre el dispositivo desarrollado y la aplicación "Ubicaciones" programada en el software App Inventor.

El resultado de todo esto proyecto de tesis fue la construcción de un dispositivo electrónico y una aplicación en Android. Se demostró la efectividad en la detección, envió de coordenadas y recepción correcta en la aplicación, todos estos resultados otorgan beneficios como una mejora

de calidad de vida a quienes usen el dispositivo en la ciudad de Guayaquil, seguridad y libertad en el desplazamiento de personas con discapacidad visual.

4.3. Recomendaciones

En Ecuador se han reportado a la policía muchos casos de personas de edad mayor que tiene alguna discapacidad y han desaparecido a causa de peligros comunes en la ciudad de Guayaquil y en otros lugares del país. Esta situación no es corregida de alguna forma por el Ministerio de Inclusión Económica y Social(MIES) o el Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades(CONADIS) para este tipo de acontecimientos.

Los equipos de rastreo son importados en su totalidad, no se fabrican en el país. Buscando otra solución se verifico que ninguna aseguradora cubre localizadores, o alguna solución con posibilidad de obtener este tipo de seguridad por un precio accesible, además las empresas no crean este tipo de dispositivos por el reducido porcentaje de personas con esta discapacidad.

El tema del trabajo de titulación fue enfocado especialmente a personas con discapacidad visual, porque se consideran las más vulnerables, pero esta solución también puede ser aplicada a otro tipo de discapacidades y personas que padecen de demencia senil, tercera edad o inclusive niños.

Se recomienda tener ubicado el dispositivo en un lugar abierto o contiguo a una ventana, para que el receptor GPS obtenga las coordenadas de los satélites con eficacia, ya que cuando está en un lugar cerrado demora un poco en captar la ubicación. Existen otros tipos de módulos GPS que tienen mayor sensibilidad, pero sería costoso para el

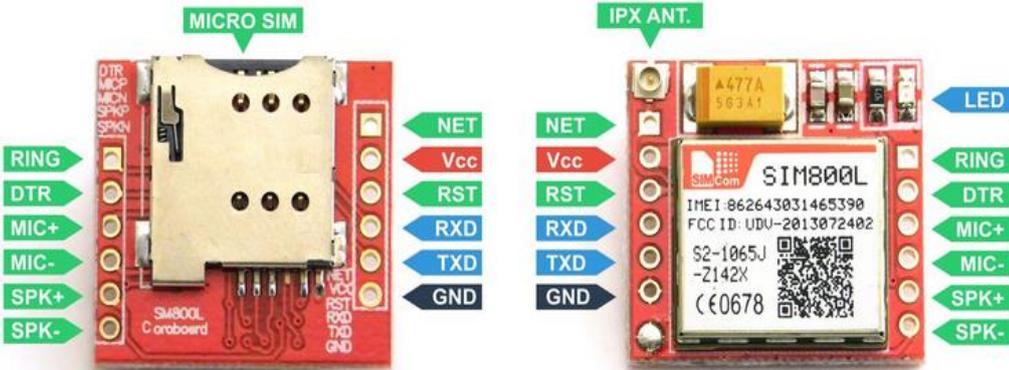
fin del proyecto de titulación y la meta no se cumpliría.

El desarrollo de dispositivos especializados a ayudar a mejorar la calidad de vida de personas que tienen algún tipo de discapacidad, o sufren de una enfermedad que los hace vulnerables, es increíblemente satisfactorio para los desarrolladores de cualquier trabajo investigativo que tengan el propósito de impulsar este tipo de proyectos.

Se recomienda enfocar soluciones en próximos proyectos de titulación de la carrera de Ingeniería en Teleinformática abarcando temas de responsabilidad social, con sistemas de bajo costo e inclusive gratuitos, haciendo accesible a todos los estratos sociales y proponer esta solución a las empresas que tienen convenio con la Universidad de Guayaquil e instituciones privadas y públicas.

ANEXOS

ANEXO N° 1 PINES DE MÓDULO SIM800L



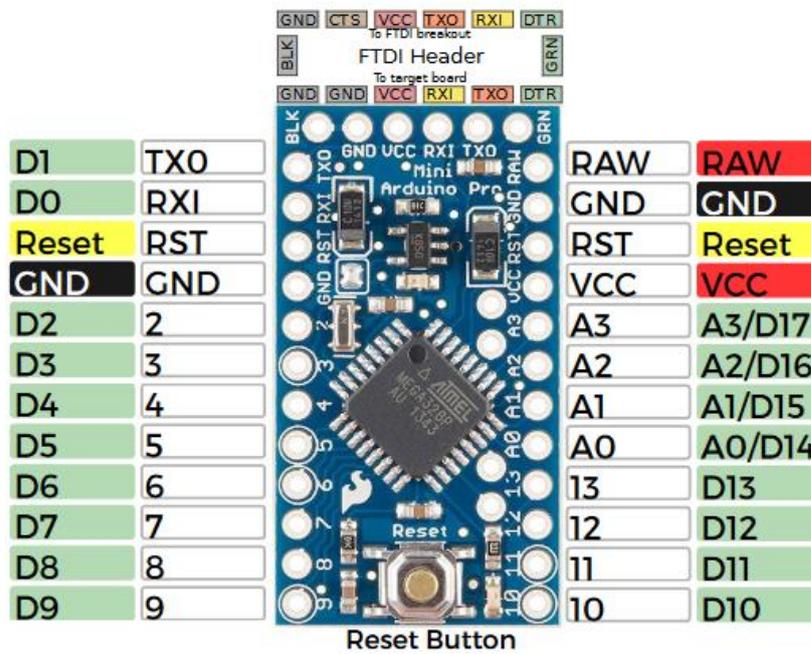
ANEXO N° 2 PINES DE MÓDULO UBLOX 6M

GND	—	GND
(D4) RX	—	TX
(D3) TX	—	RX
5V	—	Vcc

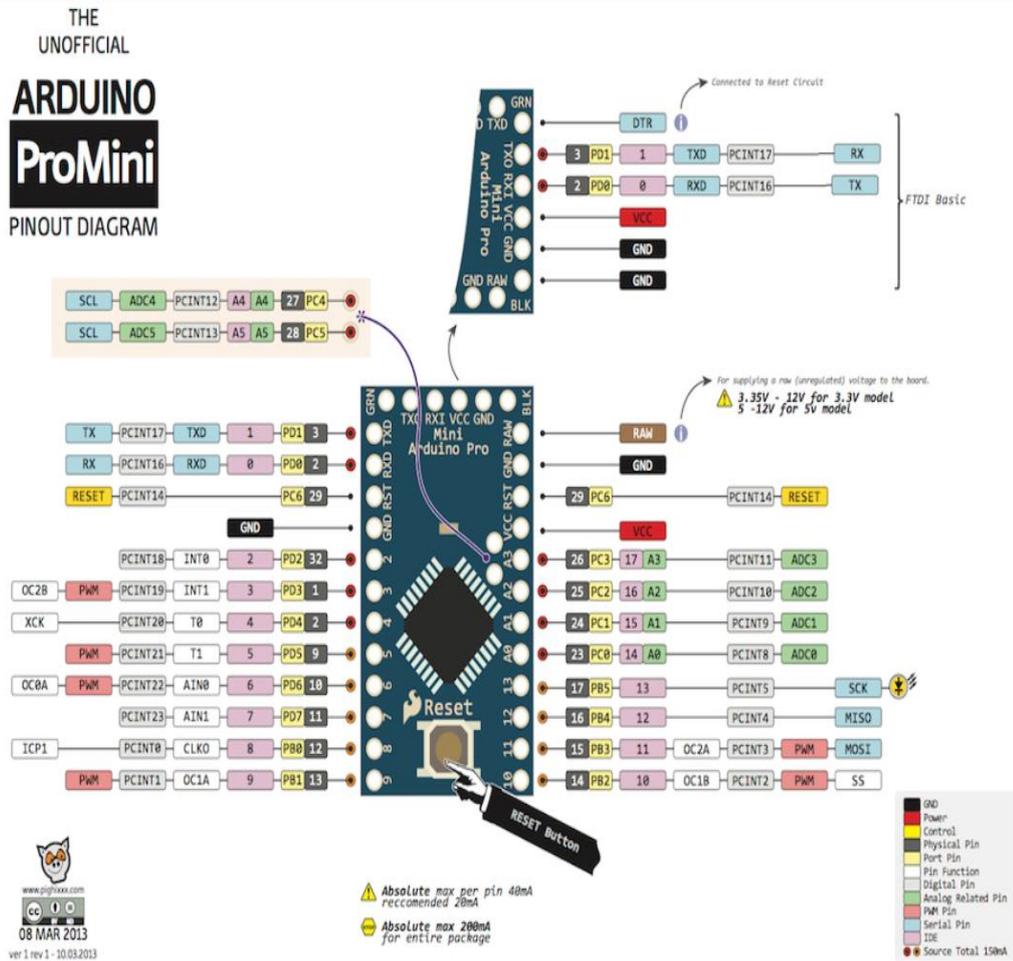


ANEXO N° 3

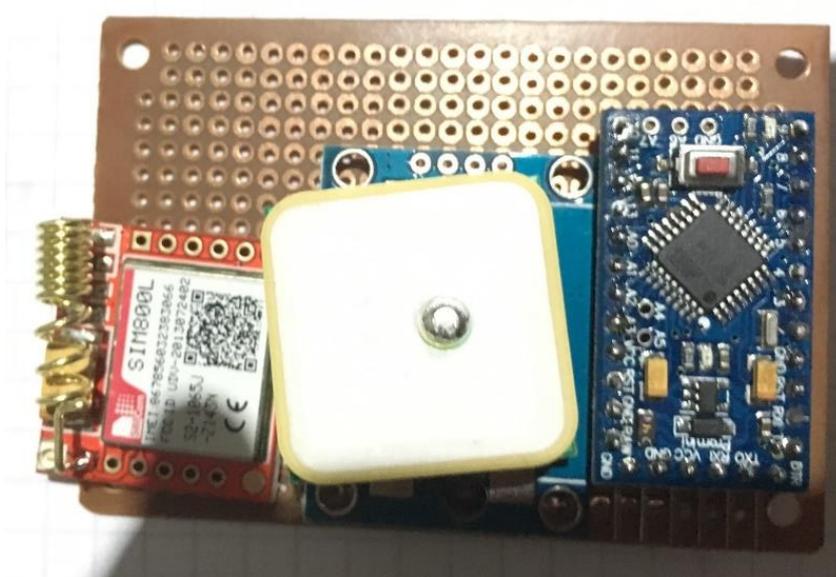
DIVISIÓN DE PINES EN ARDUINO PRO-MINI



ANEXO N° 4 DIAGRAMA DE PINES ARDUINO PRO-MINI

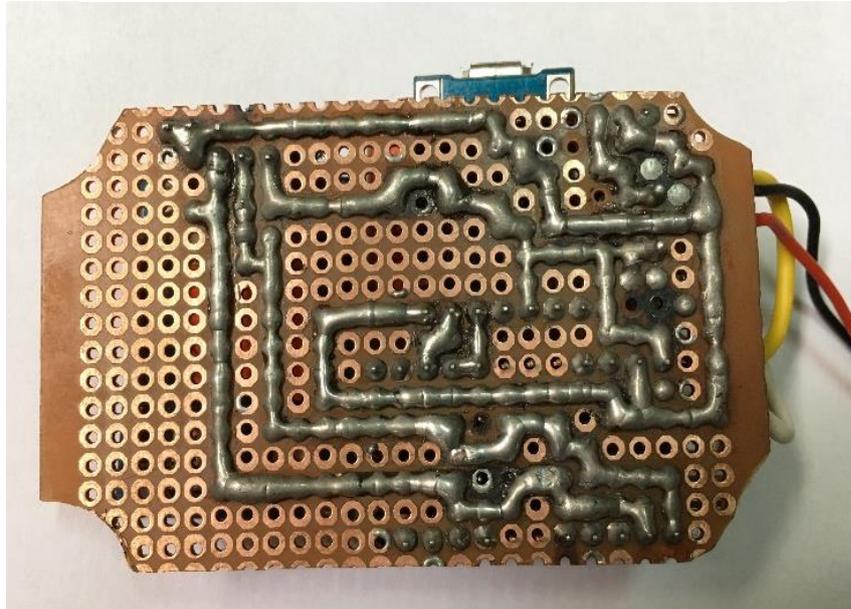


ANEXO N° 5 ARMADO EN BAQUELITA



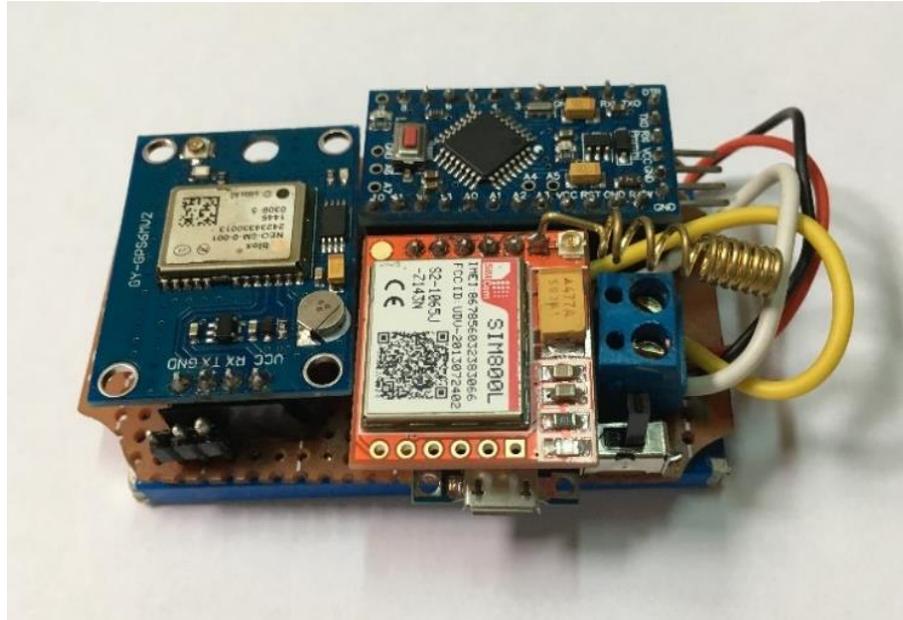
Fuente: Silva Castillo Jefferson
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

ANEXO N° 6
PARTE INFERIOR SOLDADA



Fuente: Silva Castillo Jefferson
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

ANEXO N° 7 CONEXIÓN DE MÓDULOS



Fuente: Silva Castillo Jefferson
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

ANEXO N° 8 MONTAJE EN LA CAJA



Fuente: Silva Castillo Jefferson
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

ANEXO N° 9

PRIMER BLOQUE DEL PROGRAMA

```
#include <TinyGPS++.h>
#include <SoftwareSerial.h>
TinyGPSPlus gps;
SoftwareSerial SIM800L(12, 13); // Configura el puerto serial para el SIM GSM rx/tx

double latitude, longitude;
String response;
int lastStringLength = response.length();
String link;

void setup() {
  Serial.begin(9600); // Configura velocidad serial para el Arduino
  Serial.println("GPS ");
  SIM800L.begin(9600); // Configura velocidad serial para el SIM
  SIM800L.println("AT+CMGF=1"); // Configura para enviar mensaje de texto
  Serial.println("Comenzo SIM800L a 9600");
  delay(1000); // Retardo para encendido
  Serial.println("Configuración completa Módulo SIM800L esta Listo!");
  SIM800L.println("AT+CNMI=2,2,0,0,0");
}
```

Fuente: Silva Castillo Jefferson
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

ANEXO N° 10

SEGUNDO BLOQUE DEL PROGRAMA

```
void loop()
{
  if (SIM800L.available()>0)
  {
    response = SIM800L.readStringUntil('\n');
  }

  if(lastStringLength != response.length())
  {
    GPS();
    //Perintah ON
    if(response.indexOf("ON") == 4)
    {
      SIM800L.println("AT+CMGF=1"); //Configurar el Módulo GSM en modo texto
      delay(1000); // Retraso de 1 segundo
      // Formato internacional el número celular donde envia las coordenadas
      SIM800L.println("AT+CMGS="+593981324528+"\r");
      delay(1000);
      SIM800L.println(link);// Mensaje de texto enviado
      delay(100);
      SIM800L.println((char)26);// Comando de finalización código ASCII para CTRL+Z
      delay(1000);
    }
  }
}
```

Fuente: Silva Castillo Jefferson
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

ANEXO N° 11

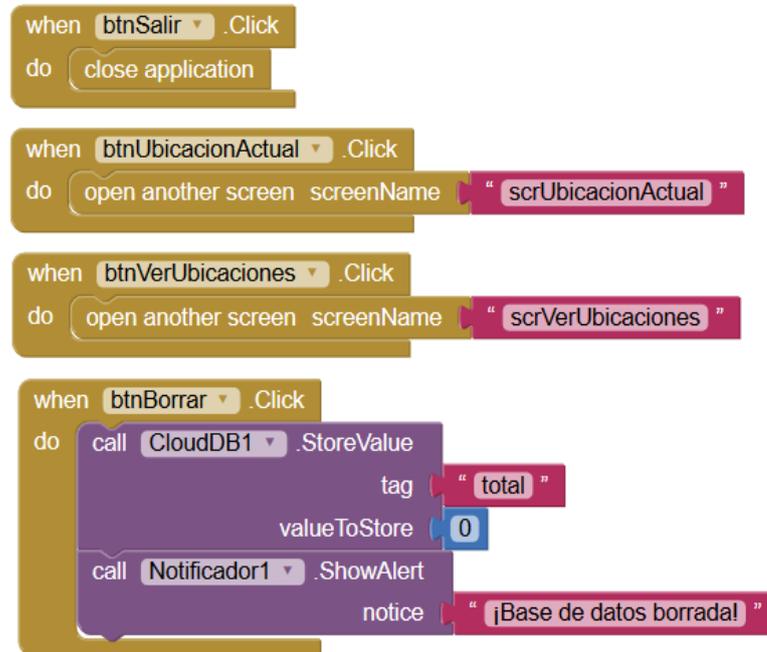
BLOQUE FINAL DEL PROGRAMA

```
void GPS ()
{
    if (Serial.available ())
    {
        gps.encode (Serial.read ());
    }
    if (gps.location.isUpdated ())
    {
        latitude = gps.location.lat ();
        longitude = gps.location.lng ();
        link = String (latitude, 7) + "," + String (longitude, 6) ;
        Serial.println (link);
    }
}
```

Fuente: Silva Castillo Jefferson
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

ANEXO N° 12

PROGRAMACIÓN EN BLOQUES DE PRIMERA PANTALLA



Fuente: Silva Castillo Jefferson
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

ANEXO N° 13

PROGRAMACIÓN DE SEGUNDA PANTALLA PRIMER BLOQUE

```
initialize global nombre to ""

when sms .Click
do
  set EnviarTexto1 . PhoneNumber to numero . Text
  set EnviarTexto1 . Message to "GPS ON"
  call EnviarTexto1 .SendMessage

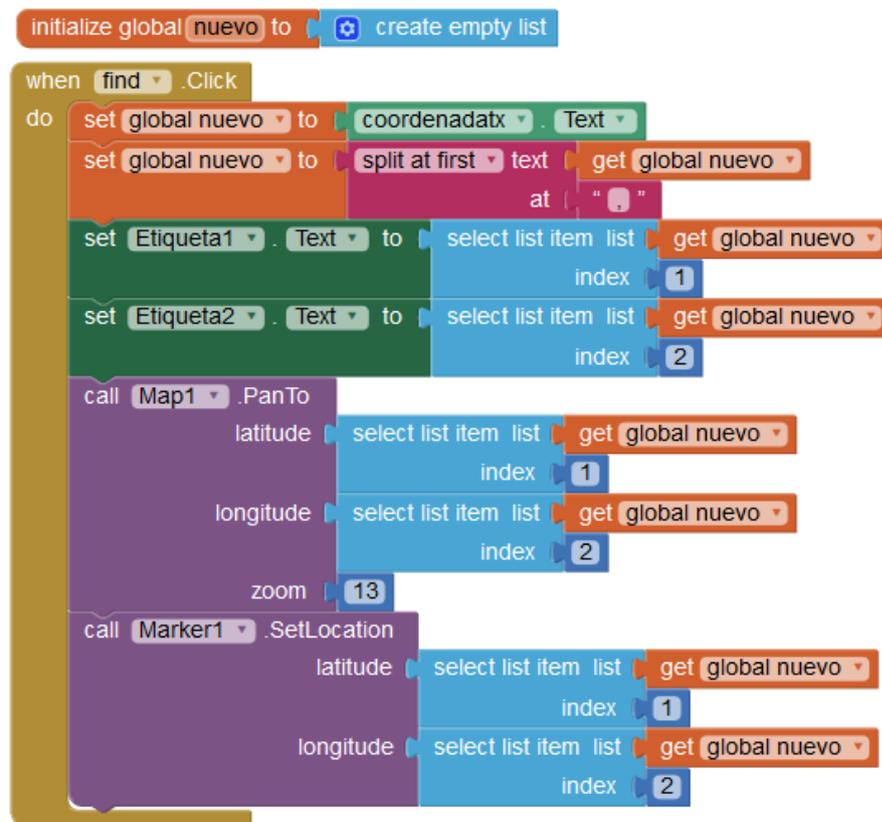
when EnviarTexto1 .MessageReceived
  number messageText
do
  set coordenadatx . Text to get messageText
  set coordenandalb . Text to get messageText

when back .Click
do
  close screen
```

Fuente: Silva Castillo Jefferson
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

ANEXO N° 14

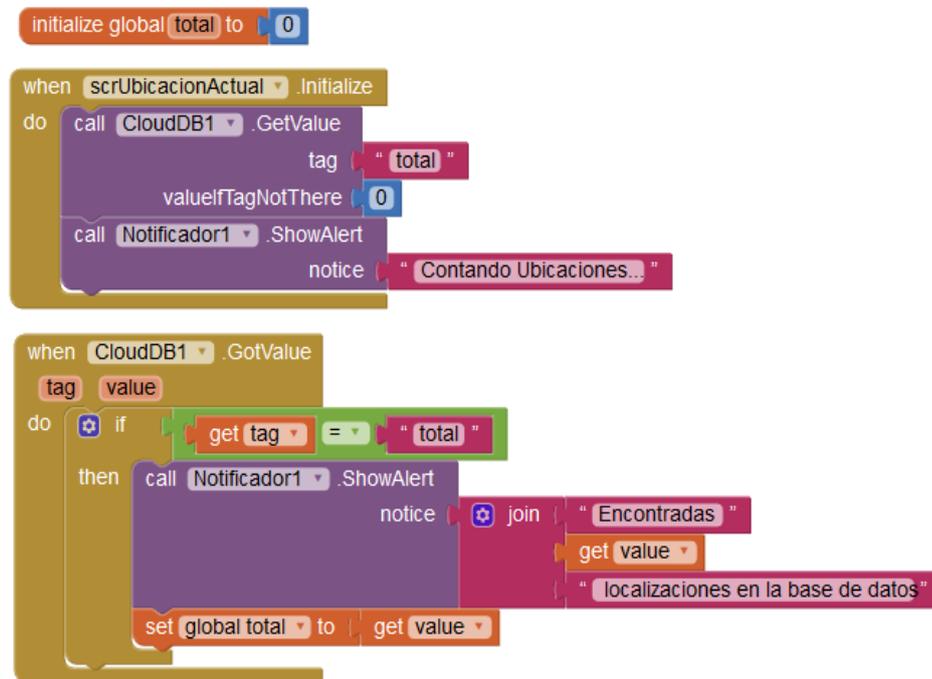
PROGRAMACIÓN DE SEGUNDA PANTALLA SEGUNDO BLOQUE



Fuente: Silva Castillo Jefferson
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

ANEXO N° 15

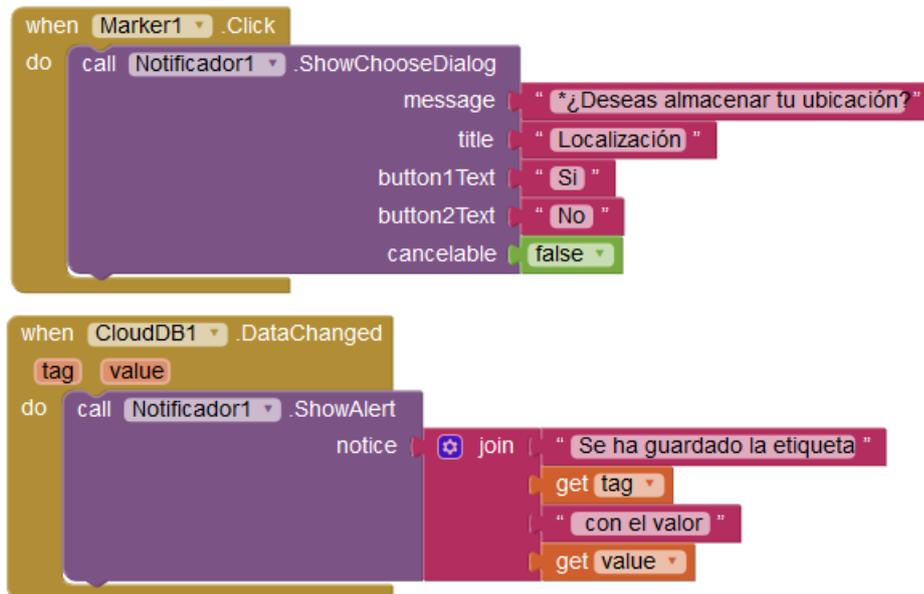
PROGRAMACIÓN DE SEGUNDA PANTALLA TERCER BLOQUE



Fuente: Silva Castillo Jefferson
 Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

ANEXO N° 16

PROGRAMACIÓN DE SEGUNDA PANTALLA CUARTO BLOQUE

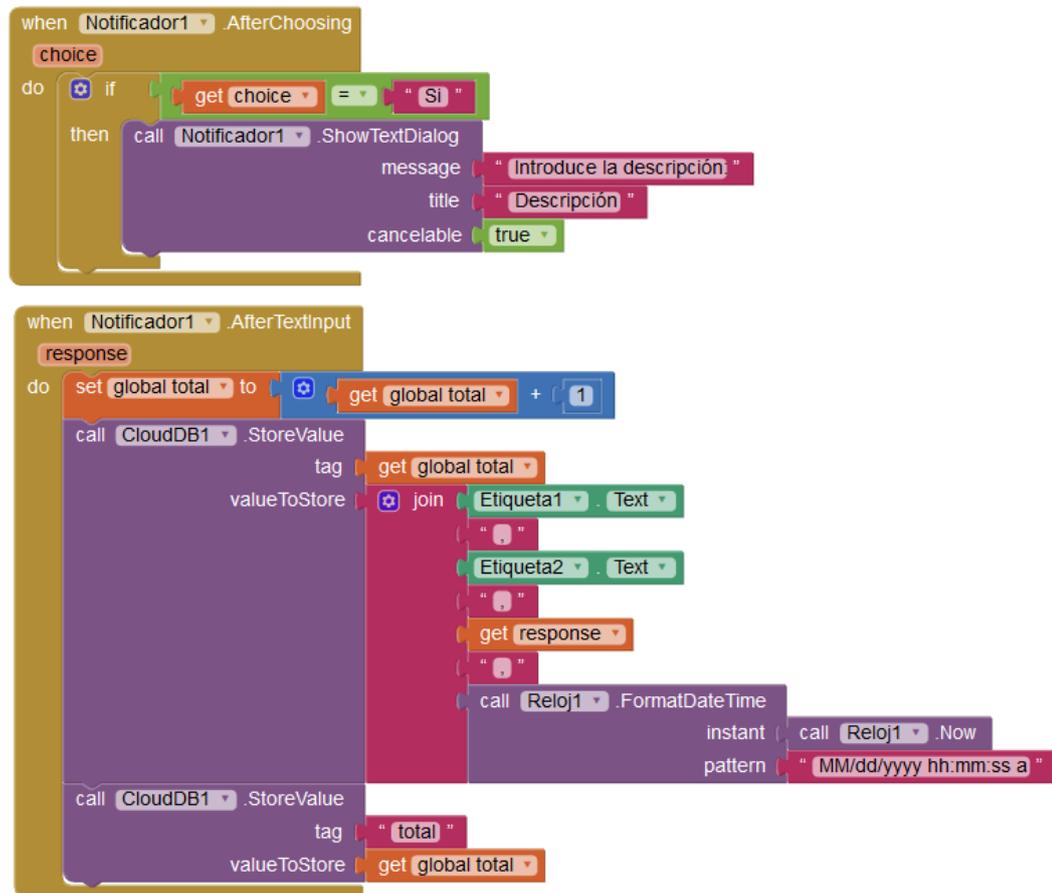


Fuente: Silva Castillo Jefferson

Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

ANEXO N° 17

PROGRAMACIÓN DE SEGUNDA PANTALLA QUINTO BLOQUE



Fuente: Silva Castillo Jefferson
 Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

ANEXO N° 18

PROGRAMACIÓN DE TERCER PANTALLA PRIMER BLOQUE

```

inicializar global total como 0

inicializar global listaUbicaciones como crear una lista vacfa

cuando scrVerUbicaciones .Inicializar
ejecutar
  añadir elementos a la lista lista tomar global listaUbicaciones
  item Marker1
  añadir elementos a la lista lista tomar global listaUbicaciones
  item Marker2
  añadir elementos a la lista lista tomar global listaUbicaciones
  item Marker3
  añadir elementos a la lista lista tomar global listaUbicaciones
  item Marker4
  añadir elementos a la lista lista tomar global listaUbicaciones
  item Marker5
  añadir elementos a la lista lista tomar global listaUbicaciones
  item Marker6
  añadir elementos a la lista lista tomar global listaUbicaciones
  item Marker7
  añadir elementos a la lista lista tomar global listaUbicaciones
  item Marker8
  añadir elementos a la lista lista tomar global listaUbicaciones
  item Marker9
  añadir elementos a la lista lista tomar global listaUbicaciones
  item Marker10
  llamar CloudDB1 .ObtenerValor
  etiqueta total
  valorSiEtiquetaNoExiste 0

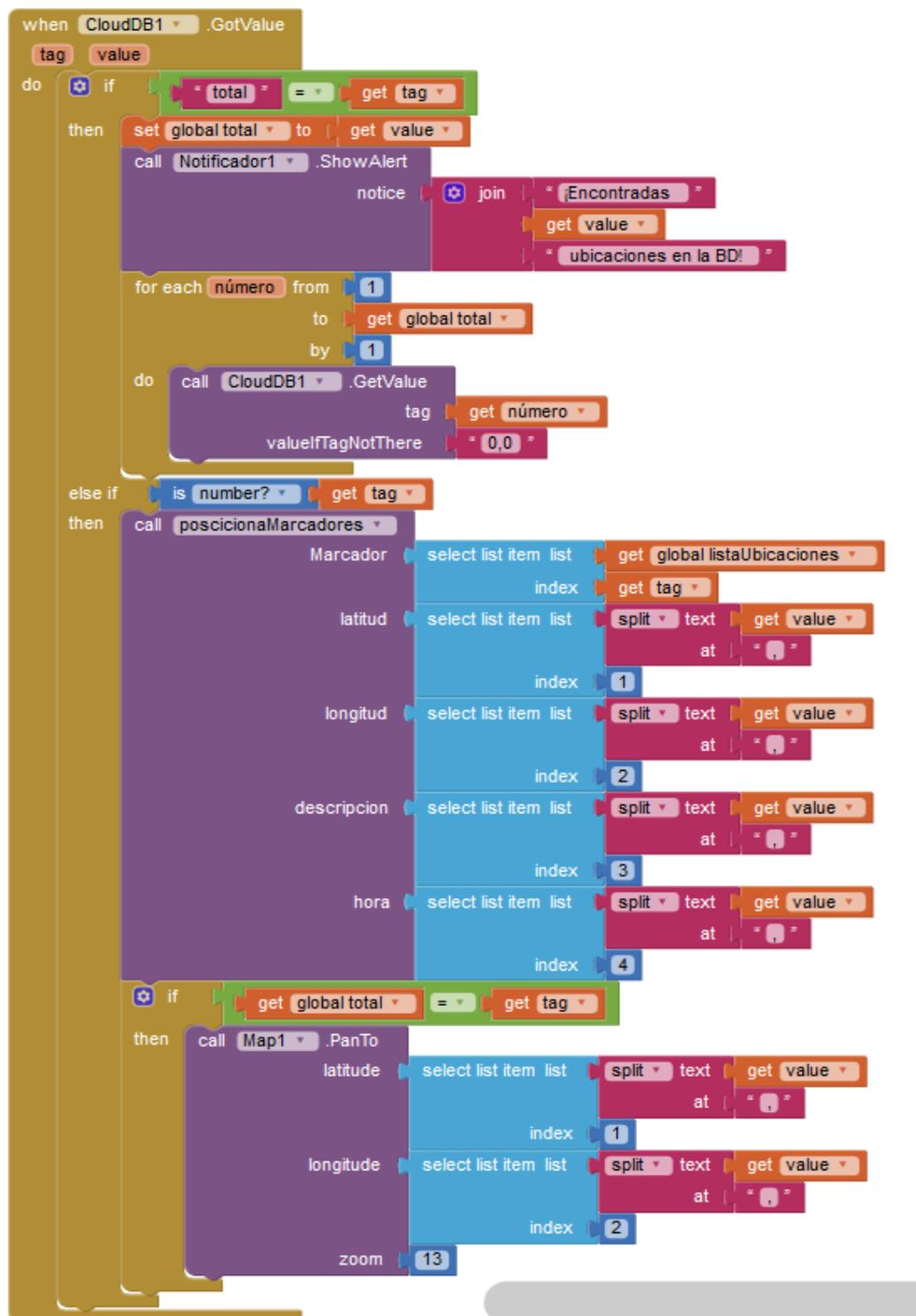
cuando btnAtras .Clic
ejecutar
  cerrar pantalla

como posicionaMarcadores Marcador latitud longitud descripcion hora
ejecutar
  llamar Marker.SetLocation
  para el componente
  latitud tomar Marcador
  longitud tomar longitud
  poner Marker.Visible
  del componente tomar Marcador
  como cierto
  poner Marker.EnableInfobox
  del componente tomar Marcador
  como cierto
  poner Marker.Título
  del componente tomar Marcador
  como tomar descripcion
  poner Marker.Description
  del componente tomar Marcador
  como tomar hora
  
```

Fuente: Silva Castillo Jefferson
 Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

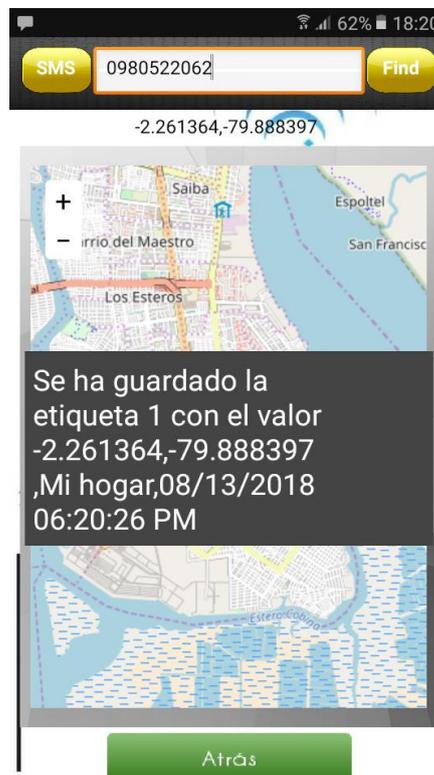
ANEXO N° 19

PROGRAMACIÓN DE TERCER PANTALLA BLOQUE FINAL



Fuente: Silva Castillo Jefferson
 Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

ANEXO N° 20 PRIMER CAPTURA EN APLICACIÓN



Fuente: Silva Castillo Jefferson
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

ANEXO N° 21

PRIMER CAPTURA EN GOOGLE MAPS



Marcador colocado

cerca de Av. 10F, Guayaquil 090109

1 min

Fuente: Silva Castillo Jefferson
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

ANEXO N° 22

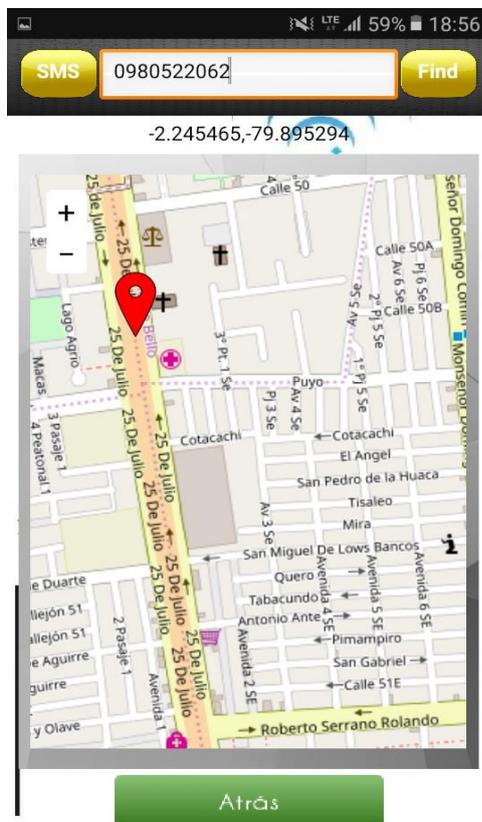
SEGUNDA CAPTURA EN APLICACIÓN



Fuente: Silva Castillo Jefferson
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

ANEXO N° 24

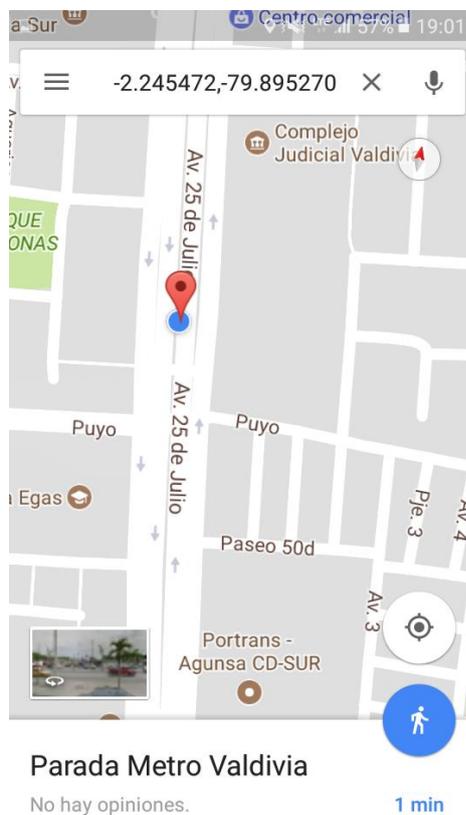
TERCERA CAPTURA EN APLICACIÓN



Fuente: Silva Castillo Jefferson
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

ANEXO N° 25

TERCERA CAPTURA EN GOOGLE MAPS



Fuente: Silva Castillo Jefferson
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

ANEXO N° 26

CUARTA CAPTURA EN APLICACIÓN



Fuente: Silva Castillo Jefferson
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

ANEXO N° 27

CUARTA CAPTURA EN GOOGLE MAPS



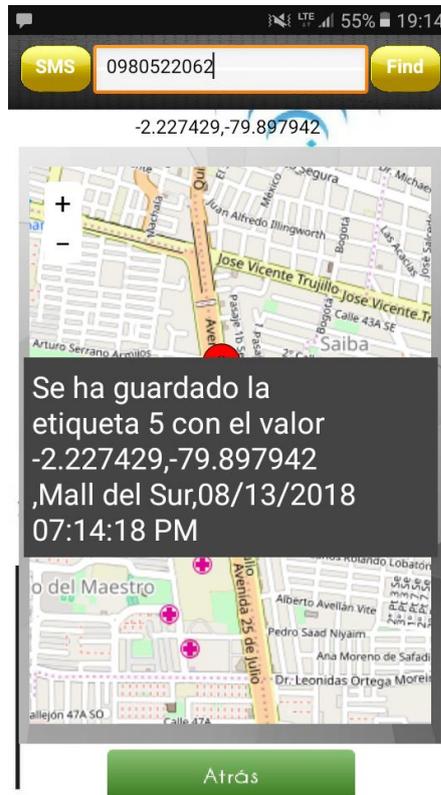
Marcador colocado

cerca de Av. 25 de Julio, Guayaquil... 1 min

Fuente: Silva Castillo Jefferson
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

ANEXO N° 28

QUINTA CAPTURA EN APLICACIÓN



Fuente: Silva Castillo Jefferson
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

ANEXO N° 29

QUINTA CAPTURA EN GOOGLE MAPS



Fuente: Silva Castillo Jefferson
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

ANEXO N° 30

SEXTA CAPTURA EN APLICACIÓN



Fuente: Silva Castillo Jefferson
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

ANEXO N° 31

SEXTA CAPTURA EN GOOGLE MAPS



25 de Julio

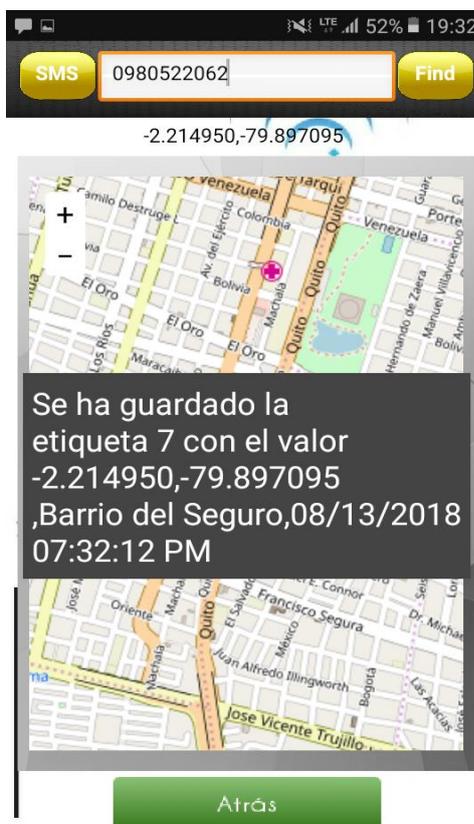
Guayaquil 090301

1 min

Fuente: Silva Castillo Jefferson
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

ANEXO N° 32

SÉPTIMA CAPTURA EN APLICACIÓN



Fuente: Silva Castillo Jefferson
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

ANEXO N° 33

SÉPTIMA CAPTURA EN GOOGLE MAPS



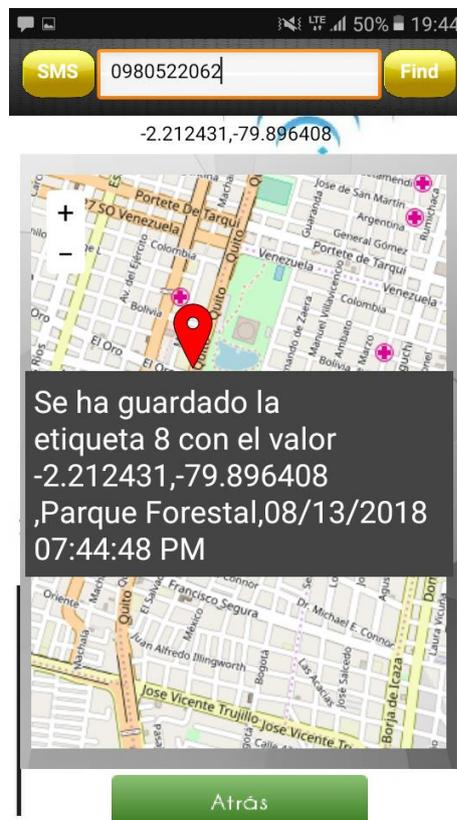
NOTARIA 79

3.5 ★★★★★ (2)

1 min

Fuente: Silva Castillo Jefferson
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

ANEXO N° 34 OCTAVA CAPTURA EN APLICACIÓN



Fuente: Silva Castillo Jefferson
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

ANEXO N° 35

OCTAVA CAPTURA EN GOOGLE MAPS



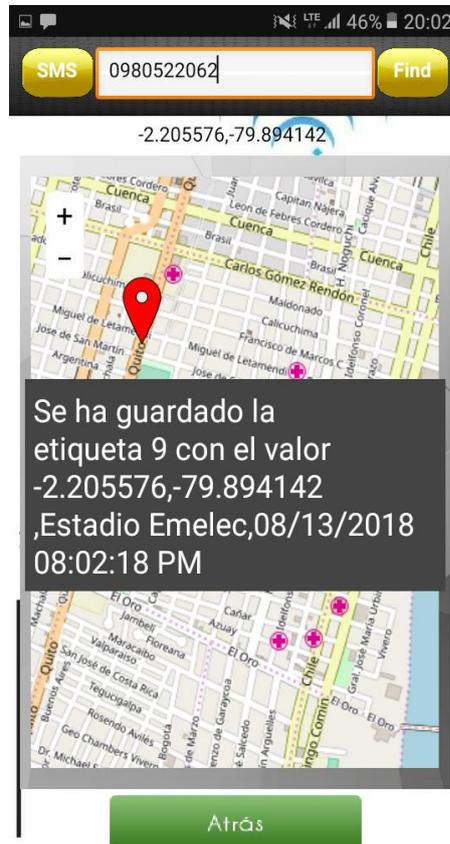
Marcador colocado

cerca de Metrovia 2 "Parada Plaza... 1 min

Fuente: Silva Castillo Jefferson
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

ANEXO N° 36

NOVENA CAPTURA EN APLICACIÓN



Fuente: Silva Castillo Jefferson
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

ANEXO N° 37

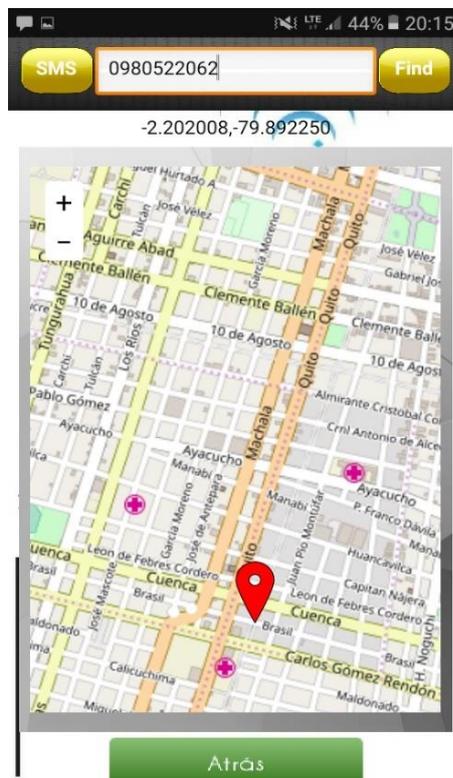
NOVENA CAPTURA EN GOOGLE MAPS



Fuente: Silva Castillo Jefferson
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

ANEXO N° 38

ÚTIMA CAPTURA EN APLICACIÓN



Fuente: Silva Castillo Jefferson
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

ANEXO N° 39

ÚLTIMA CAPTURA EN GOOGLE MAPS



Marcador colocado

cerca de Parroquia Bolívar, Guaya... 1 min

Fuente: Silva Castillo Jefferson
Elaborado por: Silva Castillo Jefferson

BIBLIOGRAFÍA

Acuña, R. (25 de Febrero de 2014). Repositorio de la Universidad Rafael Núñez. Desarrollo de un Aplicación Móvil y una guía de Turismo para la Visualización y Descripción de los Sitios Turísticos del Centro de Cartagena utilizando Realidad Aumentada.: <http://siacurn.app.curnvirtual.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/819/Tesis%20Final.pdf?sequence=1>

Acurio, C. (3 de Agosto de 2017). Repositorio de la Universidad Politécnica Salesiana. Desarrollo de una aplicación móvil que envíe una solicitud de requerimiento de gas doméstico a los distribuidores o a los vehículos de distribución más cercanos a una ubicación en la ciudad de Quito mediante Georeferenciación: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14528/1/UPS%20-%20ST003173.pdf>

Alarcón, F. (20 de Junio de 2014). Repsoitorio de la Universidad Politécnica de Cartagena. Desarrollo de Aplicaciones para la Plataforma Android. Un caso de estudio para el intercambio de libros: <http://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/4055/pfc5762.pdf;jsessionid=E1FF23479C8C8E2257E207D69B06EA19?sequence=1>

Alfaro, C. (9 de Mayo de 2012). Repositorio de la Universidad Nacional del Callao. Metodología de investigación científica aplicado a la ingeniería: https://unac.edu.pe/documentos/organizacion/vri/cdcitra/Informes_Finales_Investigacion/IF_ABRIL_2012/IF_ALFARO%20RODRIGUE

Z_FIEE.pdf

Anderson, R. (26 de Abril de 2009). Repositorio de la University of Washington. Construcción de un Sistema de Transporte de Información usando solo GPS e Infraestructura básica de GSM : http://depts.washington.edu/ddi/publications/ictd_2009_starbus_final.pdf

Araneda, A. (26 de Julio de 2013). Repositorio de la Universidad del Bío-bío. Sistema de difusión de información dependiente de la geolocalización para el ambiente universitario: http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/2007/1/Gatica_Leiva_Claudio.pdf

Bermejo, X. (5 de Julio de 2010). Repositorio de la Universidad Politécnica Salesiana. Diseño e Implementación de un sistema modular de control de temperatura para incubadoras y servocunas monitoreadas inalámbricamente desde un PC.: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2197/14/UPS-CT001923.pdf>

Bucheli, C. (15 de Mayo de 2017). Repositorio de la Escuela Politécnica Nacional. Construcción de un tiempo de sistema de visualización del tiempo aproximado de llegada de los autobuses a las paradas.: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17305/1/CD-7799.pdf>

Callejas, J. (10 de Agosto de 2016). Repositorio de la universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. Sistema de Monitoreo para motocicletas con tecnología arduino y android: <https://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/7918/3/1110448165.pdf>

- Castro, A. (10 de Octubre de 2013). Repositorio de la Universidad Politecnica de Madrid. Sistema de control de temperatura a través de Arduino y la tecnología GPRS/GSM: http://oa.upm.es/22322/1/PFC_ALBERTO_CASTRO_DOMINGUEZ.pdf
- Censo, I. N. (27 de Enero de 2016). Repositorio del Instituto Nacional de Estadística y Censos. Tecnologías de la Información y Comunicaciones(TIC'S) 2016: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/TIC/2016/170125.Presentacion_Tics_2016.pdf
- Cesar, R. (27 de Agosto de 2013). Repositorio de Universidad Mayor de San Andrés. Consultas remotas a un servidor de base de datos por medio de las redes de telefonía: <http://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/7780/T.2724.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Conza, M. (13 de Octubre de 2013). Repositorio de la Universidad de San Antonio Abad del Cusco. Desarrollo de una aplicación web orientada a servicios para el monitoreo de una flota de vehículos haciendo uso de la tecnología GPS: <http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/UNSAAC/947/253T20130064.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Enlil, A. (11 de Agosto de 2009). Repositorio de la Universidad Politecnica Nacional. Prototipo de un movil con brazo y camara: <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/453/1/PROTOTIPO.pdf>
- Escalas, G. (6 de Febrero de 2014). Repositorio de la Universidad

Politecnica de Cataluña Barcelona. Diseño y desarrollo de un prototipo de riego automático controlado con Raspberry Pi y Arduino:

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/25074/memoria.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Gimenez, T. (1 de 05 de 2010). Repositorio de la Universidad de Murcia. Sistema de Posicionamiento Global(GPS): http://webs.um.es/bussons/GPSresumen_TamaraElena.pdf

Guzmán, C. (30 de Octubre de 2017). Repositorio de Universidad Politécnica de Durango. Telecontrol y seguridad vehicular GSM y GPS: https://issuu.com/carlosalbertoguzmancorona/docs/tesis_-_telecontrol_y_seguridad_veh

Hernández, I. (10 de Junio de 2015). Repositorio de la Universidad Politécnica Nacional. Prototipo para la localización de vehículos mediante GPS(PLV): <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/20351/1/Reporte%20Tecnico.pdf>

Jonshon, F. (12 de Agosto de 2014). Repositorio de la Universidad Austral de Chile. Diseño e implementación de sistema de monitoreo remoto y seguimiento en el transporte de langostas vivas desde Juan Fernández hasta el mercado asiático: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2014/bmfcij.81d/doc/bmfcij.81d.pdf>

Leaño, V. (1 de Octubre de 2017). Repositorio de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Sistema de monitoreo de una red de buses de transporte público e información para usuarios empleando transceptores GPS/GSM:

<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/9781>

Lezama, T. (21 de Junio de 2017). Repositorio de la Pontificia Universidad Católica del Perú. El valor compartido en las empresas del sector telecomunicaciones en el Perú:
http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/9069/CHERRRES_CONDOR_VALOR_TELECOMUNICACIONES.pdf?sequence=3&isAllowed=y

López, P. (1 de Junio de 2010). Repositorio de la Universidad de Cantabria. Desarrollo de sistemas de tiempo real basados en componentes utilizando modelos de comportamiento reactivos:
<https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/10639/TesisPLM.pdf;sequence=1>

Luis, R. (1 de Junio de 2010). Repositorio de la Universidad Tecnológica de la Mixteca. Diseño de un sistema de propósito general para la gestión de recursos remotos mediante el Sistema Global para las Comunicaciones Móviles: http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/11085.pdf

Mamani, J. (14 de Octubre de 2014). Repositorio de la Universidad Mayor de San Andrés . Localización y monitoreo de personas dentro de los limites del perímetro urbano con cobertura, basada en tecnología GPS/GSM:
<http://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/8769/T.2890.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Marin, F. (2 de Mayo de 2006). Repositorio de la Universidad de Málaga. Comunicaciones asíncronas:
http://www.el.uma.es/marin/Practica4_UART.pdf

Martínez, P. (13 de Febrero de 2014). Repositorio de la Universidad de

Cantabria. Aplicación móvil para un Sistema de Gestión Educativa:
<https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/4492/Pablo%20Martinez%20Perez.pdf?sequence=1>

Mazloum, A. (1 de 03 de 2015). Repositorio de Word Academy of Science, engineering and technology. Sistema de seguimiento para niños basados en SMS y GPS usando teléfonos inteligentes:
<https://waset.org/publications/9996929/gps-and-sms-based-child-tracking-system-using-smart-phone>

Melo, L. (04 de Agosto de 2014). Repositorio de la Universidad Tecnológica de Pereira. Diseño de un Equipo de rastreo satelital de elementos usando tecnologías GPS y GSM.:
<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/4895/629437H493.pdf?sequence=1>

MIES. (29 de Agosto de 2007). Inclusión. Ministerio de Inclusión Económica y Social: <https://www.inclusion.gob.ec/el-ministerio/>

Morales, J. (6 de Junio de 2015). Repositorio de la Universidad Tecnológica Israel. Diseño e implementacion de un prototipo de sistema electrónico para vehículos en caso de asalto con dispositivos GPS dentro del Distrito Metropolitano de Quito:
<http://repositorio.uisrael.edu.ec/bitstream/47000/697/1/UISRAEL-EC-ELDT-378.242-118.pdf>

Panchal, N. (20 de Mayo de 2016). Repositorio de ResearchGate. Track Anything and Using Analytics to Improve Perfomance:
https://www.researchgate.net/publication/304129283_GPS_Based_Vehicle_Tracking_System_and_Using_Analytics_to_Improve_The_Performance

- Paolo, M. (2015). Repositorio de Springer. Embedded Systems Design for high-speed data acquisition and control.: <https://www.springer.com/la/book/9783319068640>
- Pérez, C. (16 de Enero de 2014). Repositorio de la Universidad de Educación a Distancia. Ingeniería de los Sistemas Embebidos: http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE5_3_1.pdf
- Pozo, A. (16 de Enero de 2002). Repositorio de la Universidad de Málaga. Sistema de Posicionamiento Global (GPS): Descripción, Análisis de Errores, Aplicaciones y Futuro.: <http://www.peoplematters.com/Archivos/Descargas/GPS.pdf>
- Press, C. U. (2 de 5 de 2016). Cambridge Dictionary. Cambridge Dictionary: <http://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/embedded-system>
- Puentes, D. (3 de Agosto de 2010). Repositorio de la Universidad Nacional de Colombia. Desarrollo de Sistema Embebido en Tiempo Real: <http://bdigital.unal.edu.co/8523/1/280225.2010.pdf>
- Pusay, D. (1 de Febrero de 2012). Repositorio de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Sistema electrónico de gestión de cobros de agua potable con dispositivo portable de datos utilizando el protocolo SPI.: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1538/1/38T00283.pdf>
- Salazar, J. (2 de Marzo de 2009). Repositorio de la Escuela Politécnica Nacional. Diseño e implementación de un sistema de automatización para el hogar sobre el protocolo X-10 pro y con

interfaz para PC:
<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/391/1/CD-0798.pdf>

Sawada, C. (16 de Diciembre de 2013). Repositorio de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Diseño de sistema de ubicación para personas con Alzheimer via web:
[http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/5390/SAWADA_CARMEN_DISE%
 c3%91O_SISTEMA_UBICACION_ALZHEIMER_VIA_WEB.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/5390/SAWADA_CARMEN_DISE%c3%91O_SISTEMA_UBICACION_ALZHEIMER_VIA_WEB.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Senplades. (24 de Junio de 2013). Repositorio de la Secretaria Nacional de Planificiación y Desarrollo. Plan Nacional del Buen Vivir:
<http://www.buenvivir.gob.ec/documents/10157/26effa35-aaa8-4aec-a11c-be69abd6e40a>

Serrano, D. (5 de Julio de 2015). Repositorio de la Universidad Politécnica de Valencia. Diseño y prototipación de una vivienda inteligente con Arduino y Java:
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/54226/SERRANO%20-%20Dise%C3%B1o%20y%20prototipaci%C3%B3n%20de%20una%20vivienda%20inteligente%20con%20Arduino%20y%20Java.pdf?sequence=2>

Sousa, R. (26 de Junio de 2015). Repositorio de Técnico Lisboa. SecureTracking: Secure position monitoring of children and people with mental disabilities.:
<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/844820067124721/dissertacao.pdf>

Tanksale, N. (04 de Abril de 2017). Repositorio de Savitribai Phule Pune University. Sistema de Seguimiento basado en el Cloud para niños usando Raspberry:

<https://www.ijsr.net/archive/v6i4/ART20172181.pdf>

Torrente, Ó. (2013). Repositorio de Madrid RC Libros D.L. Arduino:
https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=6cZhDmf7suQC&oi=fnd&pg=PR15&dq=concepto+de+arduino&ots=A_bxiUPwFG&sig=C5kl1wodvQ_x8LV17VcPSkcg1Vo#v=onepage&q=concepto%20de%20arduino&f=true

Velásquez, F. (14 de Noviembre de 2016). Repositorio de la Universidad Escuela Superior Politecnica del Litoral. Diseño e Implementación de un prototipo con servicios de geoposicionamiento y alarmas de socorro para los buses de la ESPOL y desarrollo de paraderos inteligentes usando una app comercial mediante la red GSM/GPRS:
<http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/37215/D-103522.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>