



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

ESCUELA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO EN MECATRÓNICA

TEMA:

“SISTEMA ABIERTO PARA SEGUIMIENTO DE POSICIÓN
GLOBAL: SISTEMA EMBEBIDO”

AUTOR: HENRY ISRAEL VARELA LÓPEZ

DIRECTOR: CARLOS XAVIER ROSERO CHANDI

IBARRA-ECUADOR
FEBRERO 2020



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003608658		
APELLIDOS Y NOMBRES:	VARELA LÓPEZ HENRY ISRAEL		
DIRECCIÓN:	Cdla IOA Calle Nina Pacha 1-40 y Av. De los Sarances		
EMAIL:	hivarelal@utn.edu.ec – chavelos-vl@hotmail.com		
TELÉFONO FIJO:	062520-632	TELÉFONO MÓVIL:	0987607562

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"SISTEMA ABIERTO PARA SEGUIMIENTO DE POSICIÓN GLOBAL: SISTEMA EMBEBIDO"
AUTOR (ES):	VARELA LÓPEZ HENRY ISRAEL
FECHA: DD/MM/AAAA	06 de febrero del 2020
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input type="checkbox"/> PREGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO EN MECATRÓNICA
ASESOR /DIRECTOR:	CARLOS XAVIER ROSERO CHANDI

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 06 días del mes de febrero de 2020

EL AUTOR:

(Firma).....

Nombre: Henry Israel Varela López



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CERTIFICACIÓN

En calidad de director del trabajo de grado “SISTEMA ABIERTO PARA SEGUIMIENTO DE POSICIÓN GLOBAL: SISTEMA EMBEBIDO”, presentado por el egresado HENRY ISRAEL VARELA LÓPEZ, para optar por el título de Ingeniero en Mecatrónica, certifico que el mencionado proyecto fue realizado bajo mi dirección.

Ibarra, 06 de Febrero del 2020

Carlos Xavier Rosero Chandi
DIRECTOR DE TESIS



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CONSTANCIA

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original, y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 06 de Febrero del 2020

Henry Israel Varela López
C.I.: 1003608658



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
DECLARACIÓN

Yo, Henry Israel Varela López con cédula de identidad Nro. 1003608658, declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte - Ibarra, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Ibarra, 06 de Febrero del 2020


Henry Israel Varela López
C.I.: 1003608658

Agradecimiento

Agradezco principalmente a Dios, mi salvador, porque él me ha sostenido durante todo este tiempo en la Universidad Técnica del Norte, me ha dado fuerzas para seguir adelante y ha sido posible culminar una meta en mi vida.

Agradezco la dirección y apoyo de mi Docente/Tutor Carlos Xavier Rosero Chandi quien ha compartido su conocimiento y ha sabido guiarme en la realización de este proyecto, dedicando su tiempo y entrega profesional, con lo cual ha sido posible terminar este trabajo con éxito.

Agradezco de una manera inexplicable a mi familia, a mi padre Wilman Varela, a mi madre Clemencia López, a mis hermanas; Liseth, Analí y Karla Varela por ser fuente de motivación, darme sus consejos y sostenerme anímica y económicamente cada día de mi vida, por su paciencia y amor ya que es seguro que sin su apoyo y tenacidad no hubiese conseguido lo hoy logrado.

A la Universidad Técnica del Norte y la Carrera de Ingeniería Mecatrónica y a sus respectivas autoridades por su entera colaboración para culminar con éxito este tiempo de estudios.

A mis buenos amigos Eli, Roberto y Kevin por acompañarme en esta carrera día a día, por su apoyo y amistad sincera dentro y fuera del aula de clase que estoy seguro que sin sus palabras de ánimo no hubiera sido posible la culminación de esta etapa en mi vida.

A todos aquellos que fueron de apoyo de manera directa o indirecta en el transcurso de esta etapa de mi vida.

Dedicatoria

El presente trabajo de tesis está dedicado principalmente a Dios y a mi familia, a mis padres, mis hermanas y abuelos por darme de su amor cada día y ser apoyo para que sea lograda una meta más en mi vida.

Henry Israel Varela López

Resumen

En la actualidad una de las maneras mas utilizadas y eficaces para la obtención de coordenadas de posición, velocidad, entre otras variables, es el sistema GPS. El Sistema de Posicionamiento Global GPS es uno de los sistemas que ha dado un golpe de revolución en los últimos años, este ha permitido solucionar diversos problemas de geolocalización en diferentes ámbitos o aplicaciones, por esta razón ha sido uno de los campos de investigación mas estudiado. Sin embargo estos dispositivos han presentado algunas características poco favorables para los usuarios que han sido de cierta manera perjudiciales para el usuario al momento de usarlo. Por esta razón se desarrolló este proyecto con el fin de aportar y evitar este tipo de inconvenientes. Para la realización de este proyecto se usó el método comparativo para poder determinar cada uno de los dispositivos que fueron utilizados. Debido a que existen algunos elementos de geolocalización que cumplen las mismas funciones, se sometió a un estudio de los elementos que se requieren en este trabajo y por medio de un análisis se realizó una clasificación conveniente y correcta mediante tablas comparativas para esta manera determinar y elegir los elementos que fueron parte del trabajo.

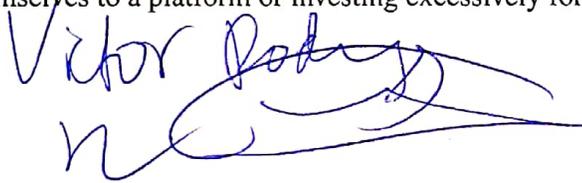
Se realizó el análisis de los dispositivos GPS en el medio y se determinó mejoras para luego desarrollar un nuevo hardware que permita el uso libre, tanto de el dispositivo como del código de programación para así permitir el uso en el medio académico, tanto de estudiantes como de docentes con el fin de ser un aporte para que ellos puedan hacer uso del nuevo dispositivo GPS sin necesidad limitarse a su uso por encadenarse a una plataforma o invertir económicamente de manera excesiva para la utilización de un dispositivo GPS .

Abstract

Nowadays, the most used and effective way of getting locations, speed limits, coordinates and other services is the GPS system. The Global Positioning System GPS is one of the systems which caused a magnificent revolution in the last years. It has allowed to solve diverse problems of geolocalization in different fields and applications. That's why, this is the most studied research field.

However, these devices have shown some characteristics which are not positive for users that have been somewhat harmful to its user. For this reason, this project was developed in order to contribute and avoid this type of inconvenience. For the making of this project the comparative method was used to determine each of the used devices. Due to some geolocation elements that fulfill the same functions, a study of the elements required in this work was submitted and through an analysis a convenient and correct classification was made using comparative tables to determine and choose the elements that were part of the work.

The analysis of the GPS devices in the environment was performed and improvements were determined in order to develop a new hardware for a free use of both the device and the programming code to be used in the academic environment of both teachers and students, so that they can make use of the new GPS device without having to limit themselves to its use by chaining themselves to a platform or investing excessively for the use of a GPS device.

Victor Pabon




Índice general

Introducción	1
Problema	1
Objetivos	2
Objetivo General	2
Objetivos Específicos	2
Alcance	3
Justificación	3
1. Revisión Literaria	4
1.1. Sistema de posicionamiento global	4
1.1.1. Funcionamiento GPS	4
1.2. Sistema global para comunicaciones (GSM)	6
1.2.1. Características	6
1.2.2. Frecuencias usadas en GSM	7
1.3. Sistemas de localizadores	8
1.3.1. Localizadores mediante el sistema GPS	8
1.3.2. Localización mediante el sistema GPS-GSM/GPRS	8
1.4. Análisis	8
1.5. Localizadores analizados	9
1.5.1. Motosafety	9
1.5.2. Accutraking VTPLUG TK373	10
1.5.3. Coban 303H	11
1.5.4. Características de los dispositivos	12
1.5.4.1. Características en común	12
1.5.4.2. Diferencias	13
1.5.5. Propuesta	13
2. Diseño del sistema	14
2.1. Descripción general	14
2.1.1. Requerimientos del sistema	14
2.2. Diagrama de bloques del sistema	14
2.3. Caracterización del sistema	15

2.3.1.	Selección del microprocesador	15
2.3.2.	Raspberry Pi Zero W	16
2.3.2.1.	Especificaciones de la Raspberry Pi Zero W	16
2.4.	Selección del módulo GPS	18
2.4.1.	Tabla comparativa de los módulos GPS	18
2.4.2.	Módulo SIM 808	18
2.4.2.1.	Características generales del módulo SIM808	19
2.4.2.2.	Especificaciones para datos GPRS	20
2.4.2.3.	Especificaciones para SMS vía GSM/GPRS	20
2.4.2.4.	Funciones de software	20
2.4.2.5.	Especificación para GPS	21
2.4.2.6.	Interfaces	21
2.4.2.7.	Compatibilidad	22
2.4.2.8.	Protocolo	22
2.4.2.9.	Protocolo NMEA	22
2.5.	Alimentación del sistema	23
2.5.1.	Diagrama de alimentación del sistema	23
2.5.2.	Análisis del consumo de energía	24
2.5.2.1.	Consumo de potencia de la Raspberry Pi Zero W	24
2.5.2.2.	Consumo de potencia del módulo GPS/GPRS	24
2.5.3.	Características de la batería	25
2.6.	Software	25
2.6.1.	Selección del sistema operativo	26
2.6.2.	Raspbian	26
2.6.2.1.	Instalación del sistema operativo	26
2.6.3.	Python	26
3.	Implementación y Pruebas	28
3.1.	Conexión	28
3.1.1.	Configuración	29
3.2.	Pruebas del uso del GPS	32
3.2.1.	Obtención de ubicación con GPS	33
3.2.2.	Transmisión de datos GPS	34
	Conclusiones y trabajo Futuro	38
	Conclusiones	38
	Recomendaciones	38
	Trabajo futuro	39
	Apéndice	40
	A. Código	40

Índice de figuras

1.1.	Principio de Funcionamiento GPS	5
1.2.	Medición de la distancia de los satélites	5
1.3.	Frecuencias usadas por la Red GSM	7
1.4.	Características del dispositivo Motosafety	10
1.5.	Características del Dispositivo Accutracking VTPLUG TK373	11
1.6.	Características dispositivo Coban 303H	11
1.7.	Tabla Comparativa de los dispositivos analizados	12
2.1.	Diagrama de Bloques	15
2.2.	Cuadro de Comparación de Microcontroladores	16
2.3.	Especificaciones técnicas Raspberry Pi Zero W	17
2.4.	Comparación de Módulos GPS	18
2.5.	Módulo SIM808	19
2.6.	Diagrama de alimentación del sistema	23
3.1.	Conexión Física Módulo y Raspberry	28
3.2.	Verificación de conexión	30
3.3.	Configuración red APN	31
3.4.	Conexión exitosa	31
3.5.	Respuesta de Conexión	32
3.6.	Obtención de la Clave de acceso a la plataforma Initial State	35
3.7.	Obtención de datos desde la plataforma	35
3.8.	Obtención de Datos desde la Plataforma	36
3.9.	Obtención de Datos desde la Plataforma	36
3.10.	Obtención de Datos desde la Plataforma	37
3.11.	Obtención de Datos desde la Plataforma	37

Introducción

Este trabajo de grado ha sido realizado con el *Grupo de Investigación en Sistemas Inteligentes de la Universidad Técnica del Norte (GISI-UTN)*.

El sistema de posicionamiento global mediante satélites (GPS: Global Positioning System) ha sido uno de los avances tecnológicos más importantes en los últimos años y décadas. Estos dispositivos fueron diseñados inicialmente como herramienta de uso militar con la finalidad de obtener información precisa de posición, velocidad y tiempo. De la misma manera estos dispositivos han sido utilizados en diferentes aplicaciones como monitoreo y rastreo de animales y personas, estos sistemas han ido creciendo de una manera significativa a lo largo del último tiempo.[1] Una de las áreas que ha sido más bombardeada por el rastreo satelital sin duda es en el servicio de transporte, en la cual ha existido avances tecnológicos muy grandes con el propósito de determinar la ubicación geográfica de unidades como: vehículos, encomiendas realizadas a través de vehículos, transporte de dinero, todo esto con el propósito de brindar seguridad a los usuarios y a los elementos antes mencionados, sin dejar de lado que uno de sus propósitos principales ha sido el tener un registro de sus rutas y así poder tener un control tanto de los vehículos y elementos transportados, y al mismo tiempo tener un control de los gastos por medio de la optimización de rutas. Debido a la ayuda que brinda estos dispositivos y a la importancia de estos sistemas en el último tiempo, el uso de los sistemas de monitoreo satelital han sido muy utilizados por todo tipo de personas en nuestro medio, dándole una importancia bastante alta, y enfocándose muchas industrias en el desarrollo de sistemas que puedan suplir las necesidades que usuario lo requiera. Estos dispositivos son cada vez más inteligentes y mejores desarrollados por lo cual es necesario hacer un análisis de estos sistemas, de sus características y así determinar sus falencias, para así poder plantear y desarrollar una mejora a los sistemas ya existentes, el cual es el propósito de este proyecto.

Problema

Hablar de software libre es hablar de herramientas que brindan ciertas libertades a los usuarios. El software libre es un movimiento global iniciado en 1983 por Richard Stallman, un hacker estadounidense que en aquel entonces trabajaba en el departamento de Inteligencia Artificial del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT)[2]. La trilogía entre educación, creatividad y software libre no sólo da cuenta de las oportunidades que esto puede traer al contexto formativo de la academia actual, sino que además contribuye a evidenciar todas esas transformaciones que

hasta ahora no se han puesto en marcha [3].

Por otro lado, el sistema de posicionamiento global mediante satélites (GPS: Global Positioning System) supone uno de los avances tecnológicos más importantes de las últimas décadas. Diseñado inicialmente como herramienta militar para la estimación precisa de posición, velocidad y tiempo, se ha utilizado también en múltiples aplicaciones fuera de este contexto, las cuales se han proliferado a un ritmo exponencial [1].

El problema con los sistemas de posicionamiento global es su costo, cada uno de estos tiene un precio elevado por sus servicios. Existen sistemas GPS que tienen un precio accesible, pero si se hace una compra basada en el precio, puede ser una gran desventaja ya que, si se compra un GPS barato, el usuario simplemente obtiene por lo que paga[1]. El tráfico y la actualización de mapas en el GPS podrían faltar.

El Hardware de Fuentes Abiertas (Open Source Hardware: OSHW) es aquel hardware cuyo diseño se hace disponible para que cualquier persona lo pueda estudiar, modificar, materializar y vender, tanto el original como los otros objetos basados en ese diseño[4]. Esta definición está destinada a ayudar a proporcionar pautas para el desarrollo y evaluación de licencias para hardware de código abierto. Se entiende por fuentes de hardware a los archivos de diseño a partir de los cuales está construido, y que deben estar disponibles en un formato apropiado que permita realizar las modificaciones [5].

Si bien es cierto que existen muchos dispositivos que pueden dar este tipo de servicio, pero el problema en su mayoría es que estos son hardware cerrados donde el usuario solamente tiene la libertad de configurarlo, pero no se puede adicionar funciones extras para la medición y/o control de otras variables complementarias. Es por eso que es necesario aportar a la academia diseñando un nuevo hardware abierto, que servirá como base para el desarrollo de otros dispositivos que trabajen con la aplicación web pero que midan otras variables en vez de la posición global.

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar un sistema embebido abierto que permita la gestión de posicionamiento global.

Objetivos Específicos

- Analizar los dispositivos localizadores existentes en el medio para determinar la funcionalidad del nuevo hardware.
- Realizar el diseño de un sistema embebido en base a la funcionalidad planteada.
- Acoplar el nuevo sistema embebido con la aplicación web para la realización de pruebas de funcionamiento y validación.

Alcance

En el presente proyecto se plantea el análisis y desarrollo de un sistema embebido abierto de posicionamiento global, el cual proporcionará datos de geolocalización y otras variables complementarias a través de telefonía móvil hacia una aplicación web que contendrá una base de datos. Además, se realizará un análisis de los localizadores existentes en el medio para establecer su funcionalidad y optimizar el nuevo diseño. Para la fase de pruebas de dicho sistema se usará una plataforma de acceso libre, con la cual afirmará su validación. Este dispositivo será el encargado de proveer datos a la plataforma virtual. Al ser un sistema embebido abierto, dará al usuario la libertad de configurarlo o rediseñarlo de acuerdo a la necesidad del proyecto en diferentes aplicaciones de seguimiento o de otra índole.

Justificación

El presente trabajo busca aportar a aquellos estudiantes y profesionales que se dedican a la investigación e implementación de aplicaciones que tienen que ver con rastreo o monitoreo satelital, prestando servicio de manera gratuita para el uso de la plataforma, en tiempo real, durante un tiempo ilimitado.

Es indudable la necesidad de incluir nuevas prácticas y modelos en la educación que sean más pertinentes con la sociedad de la información.

Es también importante recalcar que el desarrollo del proyecto servirá para su uso a nivel universitario como soporte para la academia y podrá ser ampliado para tener más características de monitoreo sea de personas, animales y cosas como robots autónomos.

La relevancia de este nuevo enfoque es eliminar los problemas antes mencionados, dando así acceso libre a aquellas personas que requieran el uso del sistema, y dando las libertades de usar una plataforma abierta en el momento que ellos lo deseen, ejecutando el sistema de una manera fácil de acceder y usar.

A su vez otorga al usuario el control total del sistema, sin depender de pagos mensuales o renovaciones de licencias para la utilización del mismo, a excepción de los pagos mensuales de internet o de plan de datos de un teléfono móvil, que no entran dentro del costo del sistema [6].

El Ingeniero Mecatrónico es un profesional totalmente capacitado, competente, crítico, humanista, líder y emprendedor que cuenta con el conocimiento sólido en diversas áreas, las cuales le permite ser parte de proyectos en diferentes áreas de investigación, diseño e innovación, siendo capaz de desarrollarse en cualquier ámbito [7].

Capítulo 1

Revisión Literaria

Para la realización de este proyecto es necesario realizar un análisis de dispositivos localizadores existentes para luego determinar los requerimientos del nuevo sistema. De igual manera se detallará ciertas características esenciales para poder determinar los requerimientos del nuevo sistema.

1.1. Sistema de posicionamiento global

El GPS ¹ es un sistema satelital basado en señales de radio emitidas por una constelación de 24 satélites activos mas cuatro de reserva en órbita alrededor de la tierra, a una altura aproximadamente de 20000Km [8]. Este sistema permite la determinación de coordenadas tridimensionales en cualquier lugar sobre la superficie terrestre. Estas coordenadas pueden ser usadas en navegación o mediante el uso de métodos adecuados, en topografía o geodesia. [9]

1.1.1. Funcionamiento GPS

Para realizar dicha medición se hace un cálculo de posición en cualquier punto de la tierra en un espacio de coordenadas (x,y,z), partiendo del cálculo de las distancias del punto mínimo de tres satélites cuya localización es conocida. El principio utilizado por el GPS se basa en la medición de la distancia entre el receptor GPS y varios satélites. Mediante el receptor se puede conocer la posición de cada satélite en el espacio con suma precisión. Cada satélite transmite permanentemente su posición exacta con respecto a la Tierra. A la vez que indica su posición, también indica la hora exacta de la transmisión del mensaje. Calculando el tiempo requerido por las señales para llegar al receptor, se establece la distancia al satélite. Esta distancia entre el receptor y los satélites se mide multiplicando el tiempo de vuelo de la señal emitida desde el satélite por su velocidad de propagación. Para medir el tiempo de vuelo de la señal es necesario que los relojes de los satélites y de los receptores estén sincronizados, pues deben generar simultáneamente el mismo código. Ahora bien, mientras los relojes de los satélites son muy

¹Sistema de Posición Global (Global Positioning System)

precisos los de los receptores son osciladores de bajo coste y por tanto son imprecisos. Las distancias con errores debidos al sincronismo se denominan pseudodistancias. La desviación entre los relojes de los receptores añade una incógnita más que hace necesario un mínimo de cuatro satélites para estimar correctamente las posiciones (Fig 1.1) [10].

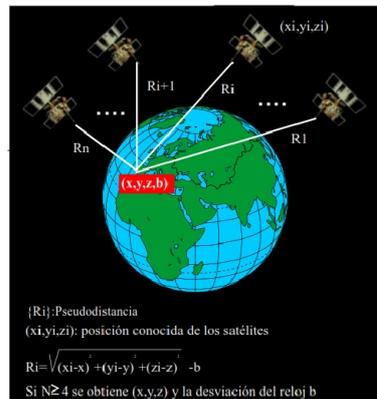


Figura 1.1: Principio de Funcionamiento GPS

En el cálculo de pseudodistancias hay que tomar en cuenta que las señales GPS son muy débiles y se hallan inmersas en el ruido de fondo inherente al planeta en la banda de radio. Este ruido, el cual es natural está formado por una serie de pulsos aleatorios, lo que motiva la generación de un código pseudo-aleatorio artificial por los receptores GPS como patrón de fluctuaciones. En cada instante un satélite transmite una señal con el mismo patrón que la serie pseudo-aleatoria generada por el receptor, en base a esta sincronización, el receptor calcula la distancia realizando un desplazamiento temporal de su código pseudo-aleatorio hasta lograr la coincidencia con el código recibido; este desplazamiento corresponde al tiempo de vuelo de la señal (Fig 1.2). Este proceso se realiza de forma automática, continua e instantánea en cada receptor [10].

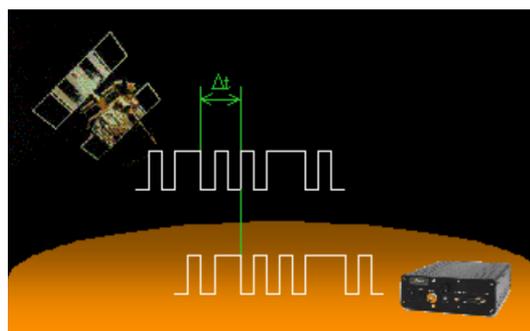


Figura 1.2: Medición de la distancia de los satélites

La utilización de estos códigos pseudo-aleatorios permite el control de acceso al sistema de satélites, de una forma que en situaciones conflictivas se podría cambiar el código, obligando a

todos los satélites a utilizar una banda de frecuencia única sin interferencias, pues cada satélite posee un código GPS propio. Aunque la velocidad de los satélites es elevada (4 Km./s), la posición instantánea de los mismos puede estimarse con un error inferior a varios metros en base a una predicción sobre las posiciones anteriores en un periodo de 24 a 48 horas. Las estaciones terrestres revisan periódicamente los relojes atómicos de los satélites, dos de cesio y dos de rubidio, enviando las efemérides y las correcciones de los relojes, ya que la precisión de los relojes y la estabilidad de la trayectoria de los satélites son claves en el funcionamiento del sistema GPS [10].

1.2. Sistema global para comunicaciones (GSM)

La red celular GSM² conocida como segunda generación (2G), utiliza TDMA³ asigna a cada usuario un intervalo o slot de tiempo para que utilice el canal de comunicación. Comenzó su actividad en el año de 1992 en ciudades europeas, pero su desarrollo empezó en el año de 1982 en el CEPT⁴. Este sistema se caracteriza por que sus transmisiones son digitales y a diferencia de las primeras redes 1G que existieron no se limita únicamente a voz, sino que ya permite enviar datos, entre ellos mensajes de texto y se puede realizar transmisiones a una velocidad de hasta 14.4 Kbps en una estructura de conmutación de circuitos [11]. Según Mediavilla, también se define la Red del Sistema Global de Telefonía GSM como aquel servicio portador constituido por todos los medios de transmisión y conmutación necesarios que permiten enlazar a voluntad dos equipos terminales móviles mediante un canal digital que se establece específicamente para la comunicación y que desaparece una vez que se ha completado la misma. El Sistema Global para Comunicaciones Móviles, originalmente desarrollado como estándar europeo para la telefonía móvil digital, se ha convertido en el sistema móvil de uso más difundido en el mundo. Opera en las frecuencias de 900 y 1800 MHz en Europa, Asia y Australia y en la frecuencia de 1900 MHz en Norteamérica y Latinoamérica [12].

1.2.1. Características

Las características principales de la Red GSM se detallan a continuación.

- Provee una evolución fluida y de bajo costo a la tercera generación 3G.
- Brinda servicios de voz de alta calidad además de servicios de datos por circuitos.
- Trabaja en una amplia gama de bandas del espectro, entre ellas las de 850, 900, 1800, 1900 MHz.

²Sistema Global de Comunicaciones Móviles(Global System for Mobile Communications)

³Acceso Múltiple por División de Tiempo(Time Division Multiple Acces)

⁴Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones(Conference of European Post and Telecommunication)

- Por la forma de optimizar el uso de cada canal, GSM provee una capacidad siete veces mayor que los sistemas de primera generación.
- Utiliza además la técnica de "frequency hopping"(salto de frecuencias) con lo que logra minimizar la interferencia de fuentes externas y dificulta las escuchas no autorizadas.
- Tiempo de establecimiento de conexión, de 15 a 30 segundos.
- Pago por tiempo de conexión, lo que ocasiona una sustancial elevación de los costos.

La combinación de estos tres últimos factores negativos hace que GSM sea una tecnología mayoritariamente utilizada para la voz y no para los datos [13].

1.2.2. Frecuencias usadas en GSM

Existen diferentes frecuencias usadas en la Red GSM, esta red opera en 4 rangos de frecuencias como se muestra en la Figura 1.3:

- 900 MHz y 1800 MHz en Europa y Asia.
- 850MHz y 1900 MHz en las Américas.

Banda	Nombre	Canales	Uplink (MHz)	Downlink (Mhz)	Notas
GSM 850	GSM 850	128-251	824,0-859,0	869,0-894,0	Usada en USA, Sudamérica y Asia
GSM 900	P-GSM 900	1-124	890,0-915,0	935,0-960,0	Banda con que nació GSM en Europa
	E-GSM 900	975-1023	880,0-890,0	925,0-935,0	E-GSM extensión de GSM 900
	R-GSM 900	n/a	876,0-880,0	921,0-925,0	GSM ferroviario
GSM1800	GSM 1800	512-885	1710,0-1785,0	1805,0-1880,0	
GSM1900	GSM 1900	512-810	1850,0-1910,0	1930,0-1990,0	Usada en Norteamérica, incompatible con 1800

Figura 1.3: Frecuencias usadas por la Red GSM

1.3. Sistemas de localizadores

Existen 2 tipos de sistemas que manejan los localizadores:

1.3.1. Localizadores mediante el sistema GPS

Este sistema tiene como característica esencial la utilización del GPS el cual debe estar instalado en un vehículo. Al mismo es necesario contar con un receptor inalámbrico el cual será el encargado de la transmisión de datos de geolocalización a una plataforma o servidor cada un tiempo determinado.

1.3.2. Localización mediante el sistema GPS-GSM/GPRS

Este sistema tiene el mismo principio que el sistema GPS, que es el de localizar un vehículo. Sin embargo este sistema requiere el uso de un módulo de GPS-GSM/GPRS para poder cumplir con su propósito. Este módulo se encuentra instalado en el vehículo con la finalidad de ser localizado, de igual manera este módulo hace uso de una tecnología adicional a la de GPS. Este módulo hace uso de redes satelitales y al mismo tiempo el dispositivo GSM/GPRS que se encargará de transmitir datos mediante una red de telefonía celular, por lo tanto este módulo será el encargado de enviar, recibir y decodificar las señales provenientes del GPS, otorgando así datos de posicionamiento para posteriormente, mediante el uso del módulo y su tecnología GSM transmitirlos a un servidor para ser almacenada en una base de datos.[12]

1.4. Análisis

Para el desarrollo de este proyecto se analizó tres dispositivos, un dispositivo con el sistema de localización GPS y dos con el sistema de localización GPS-GSM/GPRS.

Para realizar el análisis de estos dispositivos se tomó en consideración las siguientes características:

- Costo
- Facilidad de Adquisición
- Usabilidad
- Programación
- Costo mensual por uso de sus servicios
- Compatibilidad con plataformas
- Recepción GPS

- Recepción GSM
- Seguimiento en tiempo real
- Costos anuales por sus servicios

1.5. Localizadores analizados

Los siguientes dispositivos fueron escogidos por las características con las cuales constan, como son el uso de sus sistema (GPS o GPS-GSM/GPRS), y por su prestación de servicios.

1.5.1. Motosafety

Motosafety es un dispositivo portátil capaz de realizar seguimientos de vehículos, es capaz de determinar el comportamiento de manejo de sus conductores. El Motosafety es un dispositivo conocido a nivel mundial por las características que presta a su usuario.

Sin embargo este dispositivo presenta algunos puntos débiles para pensar obtenerlo. Uno de sus problemas es su alto costo de adquisición y necesidad de comprar paquetes que ofrece la compañía para poder hacer uso de todas las características con las que cuenta el dispositivo, esto hace que el usuario obligadamente tenga que encadenarse a un pago de una mensualidad por sus servicios lo cual anualmente es un costo considerable Fig 2.4. De igual manera uno de los problemas que presenta este dispositivo es su conexión, ya que no es capaz de rastrear de una manera eficiente los vehículos que se encuentran en algunas ciudades de algunos países, además solamente se permite su uso en su misma plataforma, es decir no es posible acceder a otras plataformas para hacer funcionar el dispositivo y de esta manera el dispositivo está encadenado a una sola plataforma para su uso. De igual manera este dispositivo limita mucho al usuario al no permitir acceder a una configuración que el usuario lo requiera.

El Motosafety es un dispositivo que usa un sistema de localización mediante GPS. Se hizo el análisis de este dispositivo ya que es muy conocido a nivel mundial, es un dispositivo que presta muchos servicios. En el Ecuador este dispositivo es muy conocido pero de difícil acceso, la razón de esto es que se necesita altas prestaciones por sus servicios y la adquisición del dispositivo es posible tenerla mediante la compra por plataformas web como Amazon, Allibaba, Ebay, etc. Es por esta razón que también este dispositivo es de difícil adquisición en países como el Ecuador.[14]

Las características se muestran en la Fig 1.4:

CARACTERÍSTICAS	MOTOSAFETY
Costo	40,00\$
Facilidad de Adquisición	Difícil
Usabilidad	Media
Programación	Sin información
Costo mensual por uso de servicios	20,00\$
Compatibilidad con diversas plataformas.	No
Recepción GPS	Si
Recepción GSM	No
Seguimiento en tiempo real	24x7
Costo Total por año	280,00 \$

Figura 1.4: Características del dispositivo Motosafety

1.5.2. Accutraking VTPLUG TK373

El Accutraking VTPLUG Tk373 es un dispositivo rastreador de vehículos, permite al usuario tener de geolocalización de vehículos. Este dispositivo es conocido a nivel mundial por su prestación de servicios, ya que es de usabilidad para el usuario y de fácil implementación en el vehículo ya que cuenta con una entrada OBD. Esto da facilidad al usuario ya que todo auto en la actualidad cuenta con esta entrada. Para el usuario simplemente es necesario sacarla de la caja y conectarla a dicha entrada para que empiece a transmitir. Sin embargo este dispositivo como todos los demás, tienen puntos débiles que hay que tomar en cuenta al momento de usarlo. Uno de ellos es que este dispositivo es difícil de adquirirlo ya que en nuestro mercado no lo podemos encontrar, solamente es posible adquirirlo mediante la compra vía online, en páginas como Amazon, Ebay, Allibaba, esto hace que su obtención requiera de mucho tiempo para adquirirla. Otra situación adversa es su costo por prestación de servicios, es necesario que el usuario haga una compra de paquetes mensuales para su acceso a la plataforma de seguimiento, es importante que el usuario tenga acceso a una plataforma de seguimiento ya que sin esto es imposible que el usuario obtenga alguna información de geolocalización y otros. Con esto llega el problema de no poder usarlo en cualquier plataforma, sino solamente en la que la empresa, diseñadora del dispositivo ofrece, lo cual encadena al usuario a su uso y por obvias razones a su pago mensual por sus servicios. [15]

Este dispositivo hace uso de un sistema de localización mediante GPS-GSM/GPRS. Sus características se muestran en la Fig 1.5.

CARACTERÍSTICAS	ACCUTRACKING
Costo	30,00\$
Facilidad de Adquisición	Difícil
Usabilidad	De fácil usabilidad
Programación	Poca información
Costo mensual por uso de servicios	25,99\$
Compatibilidad con diversas plataformas.	Limitada
Recepción GPS	Si
Recepción GSM	Si
Seguimiento en tiempo real	24x7
Costo Total por año	341,88 \$

Figura 1.5: Características del Dispositivo Accutracking VTPLUG TK373

1.5.3. Coban 303H

El Coban 303H es un dispositivo rastreador, que tiene como objetivo determinar la posición del vehículo a través de señales móviles, haciendo uso de una tarjeta SIM en el dispositivo. El Coban 303H ha sido reconocido a nivel de Latinoamérica como uno de los mejores dispositivos tracking, debido a su facilidad de prestaciones y por su facilidad de adquirirlo. Sin embargo este dispositivo tiene algunos contras como lo es su accesibilidad a modificación de características. Este dispositivo no permite cambiar configuraciones si así el usuario lo desea y además solamente se permite su uso en su misma plataforma, es decir no es posible acceder a otras plataformas para hacer funcionar el dispositivo y de esta manera el dispositivo está encadenado a una sola plataforma para su uso.[16]

El Coban 303H es un localizador que usa el sistema de localización mediante GPS-GSM/GPRS.

Las características de dicho dispositivo se muestran en la Fig 1.6:

CARACTERÍSTICAS	COBAN 303H
Costo	55,00\$
Facilidad de Adquisición	Fácil
Usabilidad	Dificultad media
Programación	Poca información
Costo mensual por uso de servicios	No
Compatibilidad con diversas plataformas.	Limitada
Recepción GPS	Si
Recepción GSM	Si
Seguimiento en tiempo real	24x7
Costo Total por año	55,00\$

Figura 1.6: Características dispositivo Coban 303H

1.5.4. Características de los dispositivos

En esta sección se hará una comparación de las características de los dispositivos analizados como lo muestra la Fig 1.7

CARACTERÍSTICAS	COBAN 303H	MOTOSAFETY	ACCUTRACING
Costo	55,00\$	40,00\$	30,00\$
Facilidad de Adquisición	Fácil	Difícil	Difícil
Usabilidad	Dificultad media	Media	De fácil usabilidad
Programación	-	-	-
Costo mensual por uso de servicios	-	✓	✓
Compatibilidad con diversas plataformas.	-	-	-
Recepción GPS	✓	✓	✓
Recepción GSM	✓	-	✓
Seguimiento en tiempo real	✓	✓	✓

Figura 1.7: Tabla Comparativa de los dispositivos analizados

1.5.4.1. Características en común

Los tres dispositivos analizados cuentan con características en común, especialmente aquellas características negativas, que nos serán tomadas en cuenta para una posterior mejora.

A continuación se muestra las características en común mas importantes, existentes en los dispositivos.

Programación.- En este caso todos los dispositivos no permiten tener acceso a su programación y están limitados a cumplir con las características de fábrica. EL usuario no tiene acceso a su configuración interna y tampoco a la modificación de su programación.

Compatibilidad con otras plataformas.- En este caso cada uno de los dispositivos está encadenado a una plataforma de uso específica, al momento de hacer la compra del dispositivo el usuario se encuentra obligado a hacer uso de las plataformas que los fabricantes otorgan. Esto quiere decir que estos dispositivos funcionan unicamente en sus plataformas.

Recepción GPS.- Estos dispositivos al ser localizadores, cada uno cuenta con el sistema de localización mediante GPS, el usuario podrá hacer uso de esta función para obtener coordenadas de geolocalización mediante satélites, mediante GPS.

Seguimiento en tiempo real.- Estos dispositivos permiten al usuario tener información en tiempo real de la ubicación de sus vehículos, mediante una conexión del dispositivo a una plataforma.

1.5.4.2. Diferencias

A continuación se muestra las diferencias mas importantes, existentes en los dispositivos.

Costo.- En la Fig 1.7 es posible observar que sus características en cuanto a costos varían aproximadamente un 25 %.

Facilidad de Adquisición.- Con respecto a su adquisición es posible observar que el Coban 303H es de fácil adquisición debido a que se encuentra en el mercado en el Ecuador, los otros dos dispositivos son de difícil acceso ya que es necesario comprarlos en otro país vía online.

Usabilidad.- La usabilidad en estos dispositivos si bien es cierto no son de difícil usabilidad, sin embargo el Accutracking es un dispositivo de fácil uso, a diferencia de los otros dos que tienen un nivel de dificultad medio en algunas características.

Costo mensual por servicios.- Se puede observar que solamente el Coban 303H otorga la posibilidad de trabajar en una plataforma de forma gratuita, sin la necesidad de pagar una mensualidad por sus servicios, los otros dos dispositivos requieren un pago mensual por usar los servicios del dispositivo y al mismo tiempo por hacer uso de sus plataformas de seguimiento.

Recepción GSM.- La característica de recepción GSM es algo muy importante para desarrollar este proyecto, en este análisis es posible observar que el dispositivo Coban 303H y el Accutracking ofrece la característica de GSM, son dispositivos capaces de conectarse a una red satelital pero al mismo tiempo son capaces de hacer uso de redes de telefonía celular para así enviar, recibir y decodificar las señales provenientes del GPS, para luego poder otorgar datos de posicionamiento. El dispositivo Motosafety no cuenta con esta característica y solamente hace uso de localización mediante GPS.

Costos anuales.- Como última cosa y una de las mas importantes, estos dispositivos requieren un gasto adicional al de adquisición del dispositivo. En el Caso del Accutracking se requiere de un gasto anual de 341,88\$ por concepto de uso de su plataforma y características que el dispositivo otorga. El Motosafety de la misma manera requiere un gasto adicional, anual de 280,00\$ para hacer uso de sus características competas y de la plataforma de seguimiento.

1.5.5. Propuesta

En base al análisis realizado previamente, se plantea realizar un nuevo dispositivo capaz de permitir a los usuarios hacer uso del mismo, sin necesidad de encadenarse a plataformas o pagos de mensualidades. Al mismo tiempo los usuarios de este dispositivo tendrán la libertad de estudiarlo, tanto su funcionamiento como su programación, y modificarlo de acuerdo a sus necesidades.

Capítulo 2

Diseño del sistema

En esta sección se determinarán las características y funcionalidades necesarias que tendrá el nuevo dispositivo en base al análisis realizado de diferentes tipos de dispositivos existentes en el mercado y así satisfacer las propuestas que se han planteado en este proyecto.

2.1. Descripción general

Este nuevo hardware se diseña con el propósito de cumplir la función de obtener datos de geolocalización mediante la utilización de un módulo GPS en función conjunta con un micro-controlador, estos se encargarán de adquirir, procesar y almacenar la información en un archivo PDF obteniendo en la misma los datos de geolocalización cada cierto tiempo que se determine. Los requerimientos del sistema están detallados en la siguiente sección.

2.1.1. Requerimientos del sistema

- Estar desarrollado en hardware libre.
- Proporcionar datos de geolocalización del vehículo.
- Este dispositivo será capaz de conectarse con una plataforma mediante telefonía móvil.
- Al ser un dispositivo de hardware libre, permitirá el acceso a su programación.
- El dispositivo estará a disposición de usuarios que lo requieran para realizar estudios o cambiar su configuración.

2.2. Diagrama de bloques del sistema

El sistema consta de varias partes que están representadas en la Fig 2.1 Estas partes son:

- Sistema de alimentación, será el encargado de proporcionar energía al sistema para su óptimo funcionamiento.
- El sistema de Procesamiento en el cual se encuentra Módulo GPS/GPRS que es el encargado de recibir y enviar información de latitud y longitud para así determinar la ubicación del vehículo sobre la superficie terrestre.
- La unidad Central que en este caso es el microcontrolador, Raspberry Pi Zero W. Este microcontrolador será el encargado de comandar el funcionamiento del sistema.
- La Gestión de datos en la cual se encuentra la base de datos sera el encargado de almacenar la información para luego proporcionar estos datos para que el usuario sea capaz de visualizar.
- Visualización de Datos.

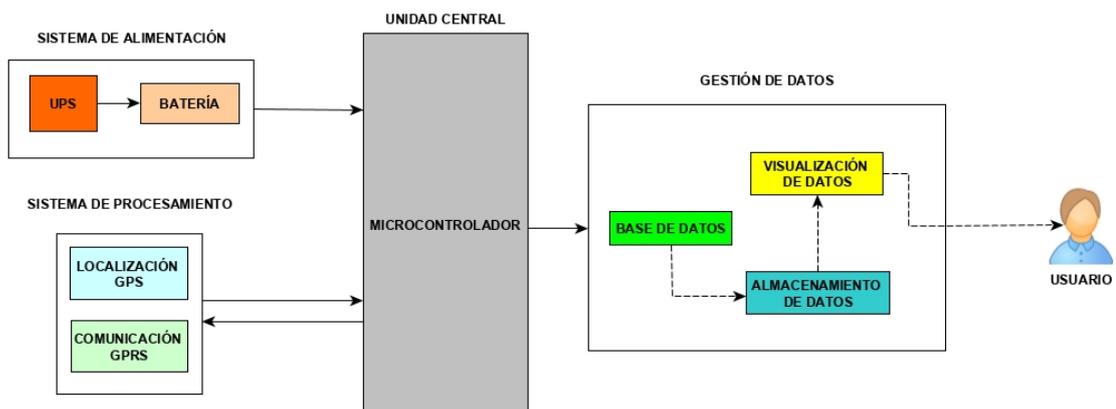


Figura 2.1: Diagrama de Bloques

2.3. Caracterización del sistema

En esta sección se determinan los componentes necesarios a implementar para que el sistema se desarrolle de manera óptima.

2.3.1. Selección del microprocesador

Para la selección del microprocesador se hará una comparación de tres plataformas de hardware, la cual se muestra en la Figura 2.2 las cuales son más utilizadas en la actualidad, y entre ellas se encuentran: Raspberry Pi, Arduino e Intel Galileo. Cada una de estas permiten el desarrollo de un sinnúmero de aplicaciones, que están directamente relacionadas con la electrónica

pero que pueden ser aplicadas a otros áreas. Para este proyecto, nos ayudará como unidad central de proceso para así obtener las señales de posición global.

CRITERIO/ PLACA	Intel Galileo	Arduino YUN	Raspberry Pi Zero W
Consumo de Potencia	3W	1.5w	1.19 W.
Memoria RAM	256 MB DRAM	64 MB DDR2	512 MB LPDDR2
CPU	400 MHz	400 MHz	1 GHz
Alimentación	5V, 3A	5 V, 2 A	5V , 1.2 A
Sistema Operativo	Linux	Linux	Linux
Conectividad	Puerto Ethernet 10/100 Base T.	Puerto Ethernet 10/100 Base T. Módulo WiFi Integrado	WiFi y Bluetooth 4.0
Puertos	1 USB	1 USB	1 Micro USB
Salidas de Video	No	No	Mini HDMI hasta 1080P y salida RCA
Entradas/ Salidas	28 pines	14 pines (6 PWM)	40 pines de conexión GPIO
Ranura de Tarjeta	Micro SD	Micro SD	Micro SD
Costo	130 \$	85\$	37\$
Accesibilidad	Escaza	Disponible en el mercado	Disponible en el mercado.

Figura 2.2: Cuadro de Comparación de Microcontroladores

Una vez hecha la comparación y al analizar el beneficio, características y costo de cada una de ellas, la opción mas apropiada es la de la placa Raspberry Pi Zero W ya que cuenta con una mayor capacidad para almacenar información, alta velocidad de procesamiento, admite conexiones de dispositivos como el GPS, el cual es primordial para este proyecto y su bajo costo la hace ideal para utilizarla en este proyecto.

2.3.2. Raspberry Pi Zero W

La Raspberry Pi Zero W es una placa muy pequeña de la compañía de Raspberry. Es un minicomputador personal. Dentro del proyecto realizado es el dispositivo más importante, ya que es la unidad central del sistema y que se encarga de adquirir los datos de coordenadas requeridos. Para ello, este minicomputador fue configurado de la siguiente manera:

2.3.2.1. Especificaciones de la Raspberry Pi Zero W

El Raspberry Pi Zero W extiende la familia Pi Zero. Lanzado a finales de febrero de 2017, el Pi Zero W tiene toda la funcionalidad del Pi Zero original, pero viene con conectividad adicional, que consiste en:

- CPU de un solo núcleo BCM2835 ARMv6 SoC de 1GHz max.

- 512 MB de RAM
- Puerto Mini HDMI 1080p Video & Audio.
- Ranura Micro SD.
- WiFi 802.11 b/g/n/.
- Bluetooth 4.1
- Cabezal de 40 pines compatible con HAT
- Run Pins/ Resert Switch.
- RCA Composite Video Output
- Puerto Micro USB On-The-Go
- Alimentación micro USB.

Las especificaciones técnicas se observan en la Fig 2.3.

Raspberry Pi Zero W (Wireless)

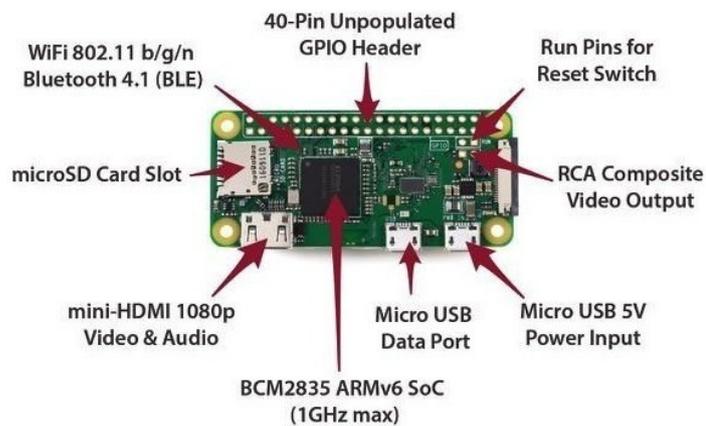


Figura 2.3: Especificaciones técnicas Raspberry Pi Zero W

2.4. Selección del módulo GPS

Para el desarrollo de este proyecto, es necesario hacer uso de un módulo GPS y GPRS el cual ayude con el propósito de dicho proyecto que es de obtener la posición global. Para esto se hace una comparación entre los mas comunes en el mercado como lo muestra la Figura 2.4:

2.4.1. Tabla comparativa de los módulos GPS

CRITERIO/ PLACA	GPS Ublox Neo 6 GY-GPS6MV2	GPS Ublox Neo M8n	SIM808
Voltaje de Alimentación	2.7-3.6V	2.7-3.6V	3.4-4.4 V
Interfaces	UART, USB, SPI, DDC	UART, USB, SPI, DDC	PCM,SPI,RTC,USB,SIMGPIO, ADC, GSM,GPS, Bluetooth, UART
Tiempo de conexión	27s (en frio) y 1 s (en caliente)	26s (en frio) y 1 s (en caliente)	30s (en frio) y 1s (en caliente)
Sensibilidad	-147dBm (arranque en frio) y -156dBm (Arranque en caliente)	-148dBm (arranque en frio) y -157dBm (Arranque en caliente)	-147 dBm (arranque en frio) y -165dBm (Arranque en caliente)
Precisión de posición	2.5m	2.5m	2.5m
Exactitud de velocidad	0.1m/s	0.05m/s	0.1m/s
Altitud Máxima	50000m	50000m	18000m
Protocolos	NMEA, UBX, RTCM	NMEA, UBX, RTCM	NMEA, MUX,TCP/HTTP, MMS, POP3/SMTP, DTMF, TTS CN, AT.
Velocidad de comunicación	9600 Baud rate	9600 Baud rate	Autobauding only supports the following baud rates: 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600 and 115200bps
Costo	15\$	48\$	45\$
Accesibilidad	Disponible en el mercado	Disponible en el Mercado	Disponible en el Mercado

Figura 2.4: Comparación de Módulos GPS

2.4.2. Módulo SIM 808

El módulo SIM808 como se muestra e la Figura 2.5, es un módulo GSM/ GPRS cuatribanda, lo que quiere decir que son capaces de soportar algunas frecuencias entre ellas: 850/900/1800/1900 MHz. Combina la tecnología GPS para la navegación por satélite. Para la realización de este proyecto, se está haciendo uso de una tarjeta SIM de Movistar. Movistar Ecuador trabaja con una banda de 850 Mhz, en tecnología GSM, lo que significa que el proyecto se está trabajando con dicha banda.

El Sim808 soporta 2G 3G 4G SIM Card, se puede utilizar con Raspberry Pi y Arduino, en este caso será usada con la Raspberry Pi Zero W. El módulo tiene una interfaz de antena SMA la cual consta de tres interfaces:Una interfaz de antena GSM, una interfaz de antena GPS a bordo y una interfaz de antena BT ¹.

¹Bluetooth



Figura 2.5: Módulo SIM808

Este módulo tiene tres interfaces de entrada de alimentación: DC044 y Vin y una interfaz de batería de litio. Es necesario tener en cuenta que el rango de DC044 y la entrada de voltaje del pin Vin es de 5 a 26 V, cuando se hace uso de 5 V como alimentación, es necesario asegurarse de que la fuente de alimentación pueda proporcionar una corriente de 2A. El rango de voltaje de la potencia de entrada de la batería de litio es 3.5 - 4.2V. También cuenta con una interfaz USB, que se utiliza para actualizar el firmware del módulo SIM808.

2.4.2.1. Características generales del módulo SIM808

- Cuatribanda ² 850/900/1800 / 1900MHz
- GPRS clase multi-slot 12/10
- Estación móvil GPRS clase B
- Cumple con GSM fase 2/2 +
- Clase 4 (2 W @ 850 / 900MHz)
- Clase 1 (1 W @ 1800 / 1900MHz)
- Bluetooth: compatible con 3.0 + EDR³
- FM: bandas mundiales de 76 109MHz con paso de sintonización de 50KHz

²Número de bandas de frecuencias a las que tiene acceso el terminal.

³Endpoint Detection and Response

- Dimensiones: 24.0 * 24.0 * 2.6mm
- Peso: 3.30g
- Control mediante comandos AT (3GPP TS 27.007, 27.005 y comandos COM mejorados SIMCOM)
- Rango de tensión de alimentación 3.4 a 4.4V
- Bajo consumo de energía
- Temperatura de funcionamiento: -40 a 85 °C

2.4.2.2. Especificaciones para datos GPRS

- Clase 12 de GPRS: máx. 85.6 kbps (enlace descendente / enlace ascendente)
- Soporte PBCCH ⁴
- Esquemas de codificación CS 1, 2, 3, 4
- Pila de PPP
- CSD ⁵ hasta 14.4 kbps
- USSD

2.4.2.3. Especificaciones para SMS vía GSM/GPRS

- Punto a punto MO y MT
- Transmisión celular por SMS
- Modo texto y PDU.

2.4.2.4. Funciones de software

- 0710 protocolo MUX
- Protocolo TCP / UDP incorporado
- FTP / HTTP
- MMS

⁴Packet Broadcast Control Chanel

⁵Circuit Switched Data: Es la forma original de transmisión de datos desarrollada para los sistemas de telefonía móvil basados en el acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) como el GSM.

- POP3 / SMTP
- DTMF
- Detección de atasco
- Grabación de audio
- SSL
- Bluetooth 3.0 (opcional)
- TTS CN (opcional)
- Incrustado AT (opcional)

2.4.2.5. Especificación para GPS

- Tipo de receptor
 - 22 seguimiento / 66 adquisiciones - canal.
 - GPS L1 código C / A
- Sensibilidad
 - Seguimiento: -165 dBm
 - Arranques en frío: -147 dBm
- Tiempo hasta el primer arreglo
 - Arranques en frío: 30s (típ.)
 - Arranques en caliente: 1s (typ.)
 - Comienzos calientes: 28s (típ.)
- Exactitud
 - Posición horizontal: ± 2.5 m CEP

2.4.2.6. Interfaces

- Interfaz de audio analógico
- Interfaz PCM (opcional)
- Interfaz SPI (opcional)
- Copia de seguridad de RTC

- Interfaz de serie
- Interfaz USB
- Interfaz para SIM externa 3V / 1.8V
- Interfaz de teclado
- GPIO
- ADC
- Pad de antena GSM
- Pad de antena GPS
- Pad de antena Bluetooth

2.4.2.7. Compatibilidad

- Interfaz de comando celular AT.

2.4.2.8. Protocolo

- Protocolo NMEA

2.4.2.9. Protocolo NMEA

Es un protocolo que se usa en los receptores de los GPS, para transmitir datos, se transmite por medio de un circuito de interface, de entrada y salida con el intercambio de datos binarios. Este protocolo NMEA 0183 se transmite con cadenas que incluyen códigos ASCII. Cada cadena comienza con el signo "\$" y termina con un salto de línea de retorno ("CR", "LF"). Los datos son delimitados por comas, todas las comas deben ser incluidos ya que funcionan como marcadores.[18]

El protocolo NMEA proporciona datos que están en formato ASCII imprimible y puede incluir información tal como la posición, la velocidad, la profundidad, la asignación de frecuencias, además de otros. [18]

Este código es el que se envía desde los satélites hacia los receptores GPS, dentro del código NMEA, existen varios códigos que hacen referencia a distintos elementos disponibles de la posición, velocidad, tiempo u otro factor.[18]

El protocolo NMEA permite interpretar varias sentencias debido a que los fabricantes de receptores GPS pueden definir sentencias propias. Las sentencias más representativas son: GGA, GLL, GSA, GSV, RMC, VTG y ZDA.

2.5. Alimentación del sistema

En este proyecto el sistema de alimentación es una de las partes más importantes, ya que de esto depende todo el funcionamiento del dispositivo. El sistema de alimentación es el encargado de suministrar energía a cada uno de los dispositivos, tanto módulo como tarjeta y demás componentes. El sistema de alimentación se encuentra diseñada con el fin de que el dispositivo sea autónomo en su alimentación, por lo cual el sistema se encuentra distribuido como se muestra en la Fig 2.6.

Como se puede observar el sistema está diseñado con el propósito de que el dispositivo sea autónomo en su alimentación. Para esto se ha utilizado un UPS, lo cual permita al dispositivo continuar con su funcionamiento de manera normal y autónoma.

Como se mencionó anteriormente, este sistema de alimentación es muy importante para el dispositivo, la batería recibe directamente el voltaje del UPS, de 5V, y esta alimentación es regulada para otorgar el voltaje necesario para la placa, en este caso la batería otorga una alimentación de 3.7V a la placa Raspberry.

2.5.1. Diagrama de alimentación del sistema

En la Fig 2.6 se muestra el Diagrama del sistema de alimentación que permite el correcto funcionamiento de todo el Sistema.

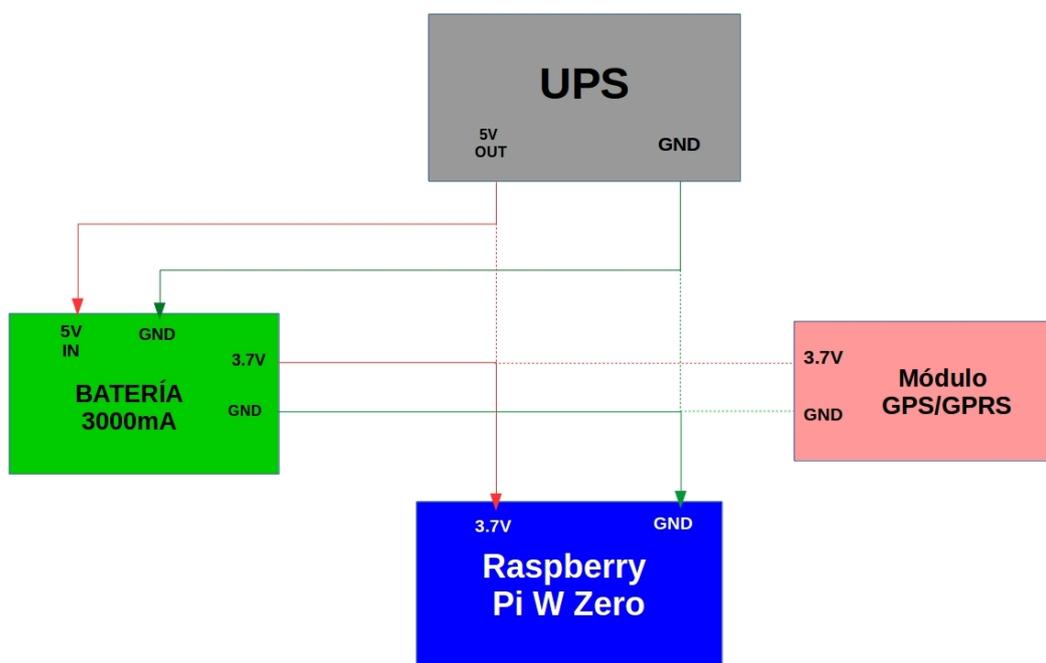


Figura 2.6: Diagrama de alimentación del sistema

La alimentación del sistema está conformada por un UPS (Backup de alimentación), el cual está conformado por una batería de litio de 5V, la cual está conectada directamente al sistema, es decir a la placa central y al módulo GPS/GPRS. Es necesario que la alimentación sea regulada para que tanto la Placa Central y el módulo puedan funcionar de acuerdo al voltaje que lo requiera.

2.5.2. Análisis del consumo de energía

La fuente de alimentación es un pilar fundamental por lo que a continuación se hace un análisis del consumo para determinar que cantidad de la misma será utilizada por el sistema.

2.5.2.1. Consumo de potencia de la Raspberry Pi Zero W

La placa Raspberry tiene un consumo en reposo de 120 mA, y de 230 mA en pleno rendimiento, sus cálculos se muestran en las siguientes ecuaciones:

- **Consumo de la Placa en Reposo con un voltaje de 5V.**

$$120mA * 5V / 1000 = 0,6W \quad (2.1)$$

- **Consumo de la Placa en pleno rendimiento con un voltaje de 5V.**

$$230mA * 5V / 1000 = 0,15W \quad (2.2)$$

- **Consumo de la Placa en Reposo con un voltaje de 3,7V.**

$$120mA * 3,7V / 1000 = 0,444W \quad (2.3)$$

- **Consumo de la Placa en pleno rendimiento con un voltaje de 3,7V.**

$$230mA * 3,7V / 1000 = 0,85W \quad (2.4)$$

2.5.2.2. Consumo de potencia del módulo GPS/GPRS

El módulo GPS/GPRS tiene un consumo de 1 mA cuando está en reposo, de 42 mA cuando está en pleno uso de Adquisición de los datos y 24 mA cuando está en pleno proceso de Tracking, sus cálculos se muestran en las siguientes ecuaciones:

- **Consumo del Módulo en Reposo con un voltaje de 5V.**

$$1mA * 5V / 1000 = 0,005W \quad (2.5)$$

- **Consumo del Módulo en adquisición de datos con un voltaje de 5V.**

$$42mA * 5V / 1000 = 0,21W \quad (2.6)$$

- **Consumo del Módulo haciendo uso de Tracking con un voltaje de 5V.**

$$24mA * 5V / 1000 = 0,12W \quad (2.7)$$

- **Consumo del Módulo en Reposo con un voltaje de 3,7V.**

$$1mA * 3,7V / 1000 = 0,0037W \quad (2.8)$$

- **Consumo del Módulo en adquisición de datos con un voltaje de 3,7V.**

$$42mA * 3,7V / 1000 = 0,16W \quad (2.9)$$

- **Consumo del Módulo haciendo uso de Tracking con un voltaje de 3,7V.**

$$24mA * 3,7V / 1000 = 0,08W \quad (2.10)$$

2.5.3. Características de la batería

Las características de la batería son detalladas a continuación:

- Batería de Litio.
- Capacidad nominal de 3000mAh.
- Voltaje nominal de 3.7V.
- Batería de Litio. Voltaje de
- Carga 4.2 +- 0.12V
- Voltaje de Atajo 3.0V.
- Ciclo de cargas de 500 veces.
- Voltaje de descarga estable.
- Tamaño pequeño y peso ligero.

2.6. Software

En esta sección se describe el conjunto de programas que permitirán que el computador realice las tareas necesarias para el desarrollo de este proyecto.

2.6.1. Selección del sistema operativo

La Raspberry Pi Zero W al ser un minicomputador, personal, es necesario que funcione mediante un sistema operativo por el cual pueda ejecutar acciones y programas para controlar los procesos que se requieren para que la Raspberry funcione en optimas condiciones. Si bien es cierto, la placa Raspberry es capaz de funcionar mediante algunos sistemas operativos como lo son: FreeBSD, Kali Linux, Pidora, Raspbian, RISC OS y Ubuntu. La compañía de Raspberry recomienda usar su Sistema operativo oficial llamado Raspbian.

2.6.2. Raspbian

Raspbian es el sistema operativo oficial de la compañía de Raspberry, para todos sus modelos, es posible instalarlo en el ordenador mediante un nuevo software que sacó Raspberry llamado NOOBS o de la manera directa que es descargando la imagen de Raspbian para su instalación.

2.6.2.1. Instalación del sistema operativo

Para la utilización de la Raspberry Pi Zero W es necesario instalar Raspbian en el computador, esto se lo realiza mediante la imagen ISO que es descargada previamente de la página Web de Raspberry. Posterior a la descarga es necesario cargar la imagen ISO de Raspbian en una tarjeta SD. Para eso es necesario realizar los siguientes pasos:

- Descargar Raspbian en el computador.
- Se inserta la tarjeta SD en el computador.
- Se formatea la tarjeta SD.
- Descomprimir el instalador de Raspbian en la tarjeta SD.
- Una vez copiados los archivos, se retira la tarjeta SD del computador y la inserta en la placa Raspberry Pi.
- Se conecta el cable HDMI, teclado, mouse.
- Se conecta la alimentación eléctrica y la Raspberry empieza a arrancar.
- Se realiza la configuración inicial de conexión en la Raspberry.

2.6.3. Python

Python es un lenguaje de programación consideración como lenguaje de alto nivel. Es un lenguaje de programación muy poderoso y fácil de usar y aprender ya que es muy dinámico. Este lenguaje de programación está disponible para ser utilizado en los sistemas operativos mas

comunes como lo son: Windows, Mac OS y Linux, debido a que son “open source” y de este modo el intérprete puede ser distribuido para estos sistemas operativos. En la realización de este proyecto es de mucha utilidad Python ya que por medio de este lenguaje es posible utilizar los pines GPIO de la Raspberry.

Capítulo 3

Implementación y Pruebas

En esta sección se detallará como fue desarrollado el proyecto, que hasta ahora ha sido validada en los capítulos anteriores.

3.1. Conexión

Para dar inicio a este proyecto fue necesario en primer lugar realizar la conexión física del módulo GPS/GPRS con la unidad central como se muestra en la Fig 3.1.

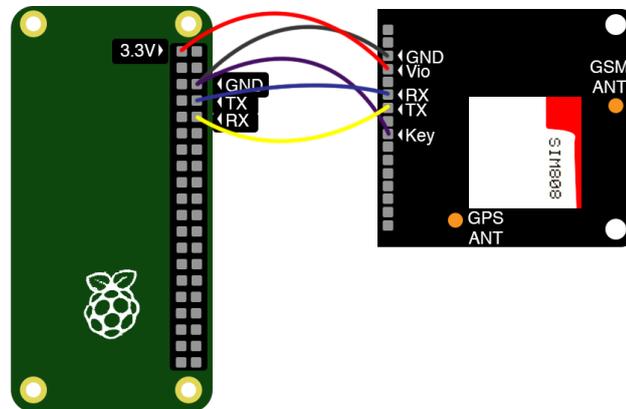


Figura 3.1: Conexión Física Módulo y Raspberry

La conexión de estos dos elementos se da mediante una conexión en serie y se detalla a continuación:

- Se conectó el puerto GND del módulo al puerto GND de la unidad central.
- Se conecta el voltaje de entrada de el módulo al dispositivo Raspberry Pi Zero al puerto de 3.3V.

- Se conecta el puerto TX del módulo al puerto RX de la Raspberry Pi Zero.
- Se conecta el puerto RX del módulo al puerto TX de la Raspberry Pi Zero.
- Se conecta la antena GSM y GPS en el módulo.
- Se conecta el módulo y la Raspberry Pi Zero mediante un Cable micro USB.
- Se conecta la batería al módulo para su funcionamiento.

Una vez realizados estos pasos se procedió a encender La Raspberry Pi zero y con esto también se encendió el módulo, al mismo tiempo los indicadores LED deberán a parpadear debido a que el los dispositivos están energizados Fig 3.2.

3.1.1. Configuración

Para que la conexión en serie este en un óptimo funcionamiento es necesario realizar algunas configuraciones, antes de ponerla a correr. Para esto se requirió abrir la consola de la Raspberry y trabajar con los siguientes códigos:

- **Configuración para conexión en serie**

- Se ingresa en la consola el comando `sudo su` para poder tener los permisos y luego editar el archivo `/boot/cmdline.txt`, `nano /boot/cmdline.txt`.
- Se elimina cualquier referencia a `ttyAMA0` o `ttySerial0`.
- Se guarda el archivo con `Ctrl-X` y se reinicia la Raspberry para aplicar el cambio.

- **Prueba la conexión en serie**

```
sudo apt-get update
sudo apt-get install ppp screen
sudo screen /dev/serial0 115200
```

Al escribir el comando AT se recibe la respuesta OK del módulo.

- **Configuración del protocolo punto a punto (PPP)**

Primero debemos actuar como root y colocar un archivo de configuración dentro de un directorio específico:

```
sudo -i cd /etc/ppp/peers/
```

Abrir el archivo para ver la configuración de PPPD y configurar de acuerdo al APN de la red celular que estamos utilizando cuando el archivo se llama "fona" `nano fona`.

Se debería ver esto Fig 4.3:

```
connect /usr/sbin/chat -v -f /etc/chatscripts/gprs
-T internet.claro.com.ec" /dev/serial0
```

```
# Velocidad de la línea serial.  
115200  
# Asume que su dirección IP es asignada dinámicamente por el ISP.  
noipdefault  
# Intente obtener las direcciones del servidor de nombres del ISP.  
usepeerdns  
# Use esta conexión como la ruta predeterminada a internet.  
defaultroute  
# Hace que PPPD "vuelva a marcar cuando se pierde la conexión.  
persist  
# No le pida al control remoto que se autentique.  
noauth  
# No hay control de flujo de hardware en el enlace serie con FONA  
nocrtscts  
# No hay líneas de control de módem con FONA.  
local  
Para activar la conexión PPPD de Fona, se ejecuta:  
sudo pon fona
```

Una vez realizada esta configuración el dispositivo se encuentra listo para poderlo conectar y verificar su conexión, verificándolo mediante sus indicadores LED y mediante la consola como se muestra en las Fig 3.2, 3.3, 3.4: Si la conexión fue exitosa el LED rojo esta parpadeando como se muestra en la Fig 3.5.



Figura 3.2: Verificación de conexión

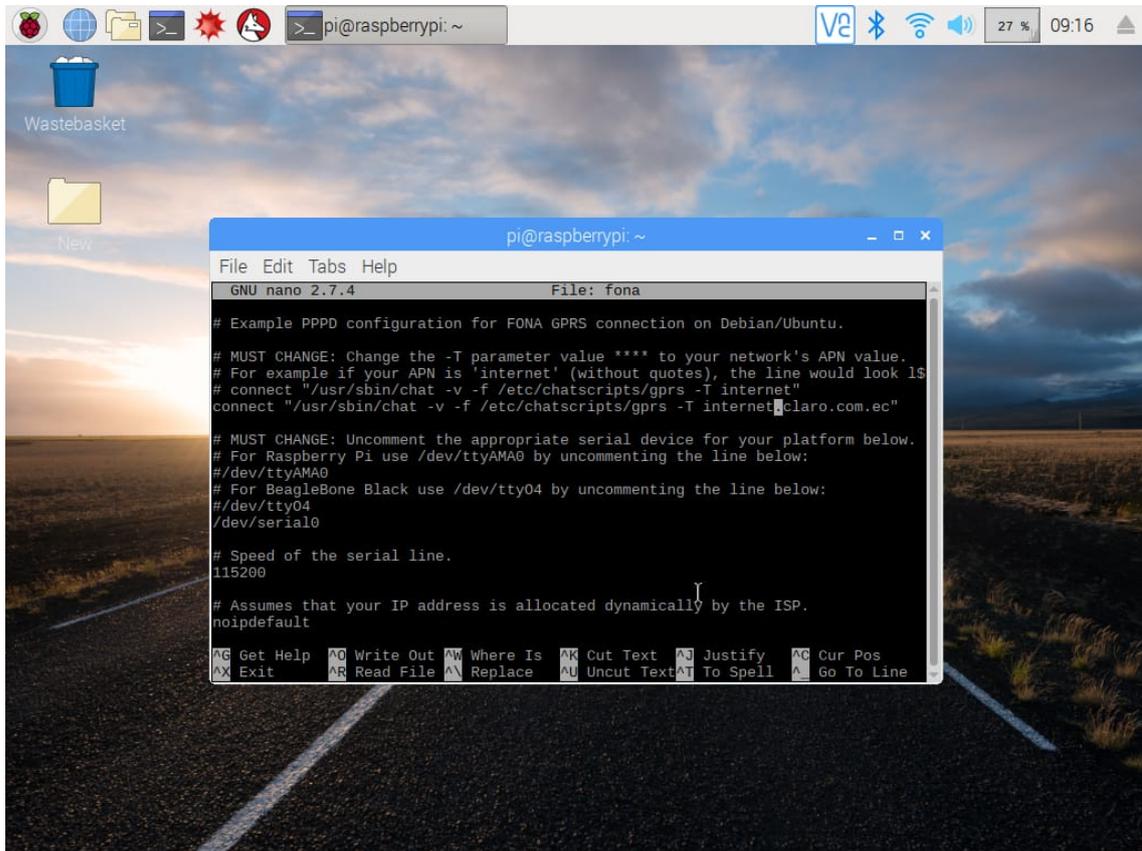


Figura 3.3: Configuración red APN

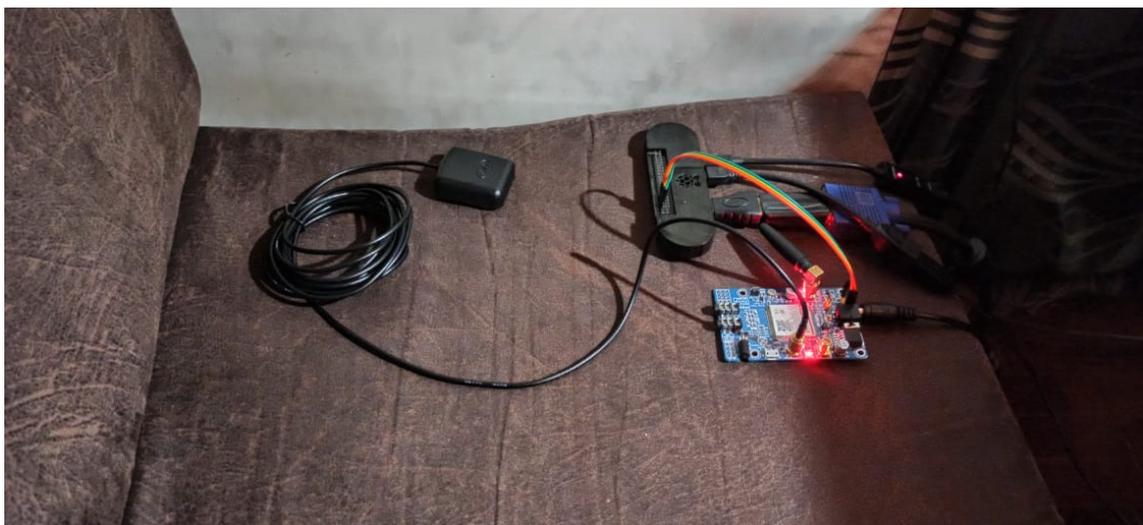


Figura 3.4: Conexión exitosa

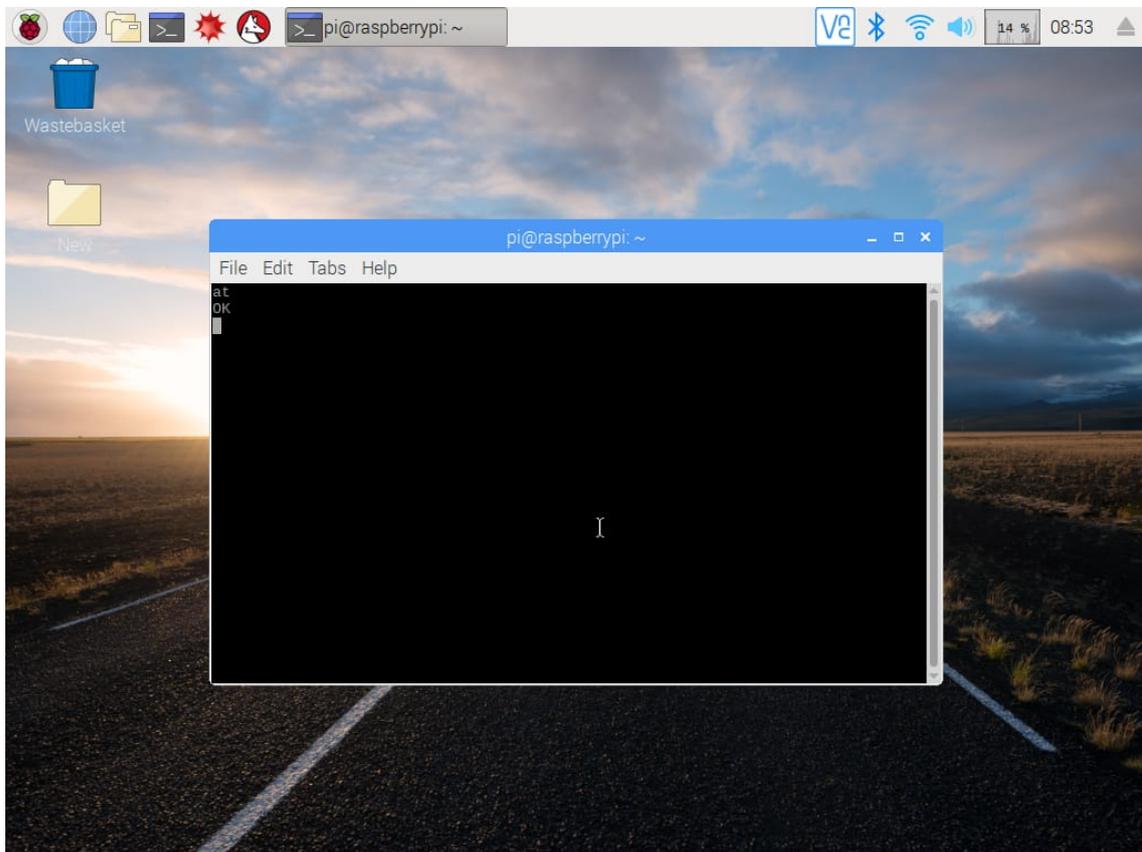


Figura 3.5: Respuesta de Conexión

3.2. Pruebas del uso del GPS

Para apagar la conexión PPPD : `sudo poff fona`
Y sale la pantalla de inicio:

```
sudo screen /dev/serial0 115200
```

Es necesario asegurarse de que esté funcionando escribiendo AT y esperando la respuesta OK. Ahora se ingresa AT + CGNSPWR?, esto pregunta si el GPS está activado y debería devolver un 0 porque está desactivado. Para encenderlo, se ingresa AT + CGNSPWR=1 y debería ver una respuesta OK Fig 3.4.

Con el GPS encendido, podemos intentar obtener alguna información.

Se ingresa AT + CGNSINF y se debería ver + CGNSINF seguido de una larga línea de números separados por comas. Estos corresponden a:

- <Estado de ejecución GNSS >

- <Estado de corrección>
- <Fecha y hora UTC>
- <Longitud>
- <Longitud>, <altitud MSL>
- <Velocidad sobre el suelo>
- <Rumbo sobre el suelo>
- <Modo de reparación>
- <Reserved1>, <HDOP>, <PDOP>, <VDOP>,
- <Reserved2>, <Satélites GNSS en vista>
- <Satélites GNSS usados>
- <Satélites GLONASS usados>
- <Reserved3>, <C / NO max>, <HPA>, <VPA>.

3.2.1. Obtención de ubicación con GPS

En esta sección está detallado cada uno de los comandos que el monitor en serie nos otorga al momento de obtener la ubicación y al mismo tiempo se detallará que es lo que cada uno de ellos significa.

- **AT + CGPSPWR = 1 OK**
Significa que el GPS esta abierto.
- **AT + CGPSSTATUS? + CGPSSTATUS:**
mala ubicación
Ubicación no corregida significa que el posicionamiento no es exitoso. Por primera vez para comenzar, tomará al menos 30 segundos.
El GPS debe ser probado por la ventana o al aire libre.
- **AT + CGPSSTATUS? + CGPSSTATUS: Corrección de ubicación 3D OK**
El GPS se ha solucionado con el estado 3D.
- **AT + CGPSINF = 0 + CGPSINF:**
0,2234.931817,11357.122485, 92.461185,20141031041141.000, 88,12,0.000000,0.000000
Obtener la información de ubicación GPS actual.

Parámetros de formato: <modo>, <altitud>, <longitud>, <hora UTC>, <TTF>, <número>, <velocidad>, <curso>

■ **AT + CGPSOUT = 32 OK**

\$ **GPRMC, 043326.000, A, 2234.9414, N, 11357.1187, E, 0.000,143.69,311014 ,,, A * 50**

"2234.9414 N, 11357.1187 E"son las coordenadas de ubicación

■ **AT + CGPSRST = 0 OK**

Restablecer GPS en modo de arranque en frío.

■ **AT + CGPSRST = 1 OK**

Restablecer GPS en modo de arranque en caliente.

■ **AT + CGPSPWR = 0 OK**

Cerrar GPS.

3.2.2. Transmisión de datos GPS

Para realizar la transmisión de los datos se procedió a instalar el `ISStreamer` Se instala en el módulo Python de estado inicial en su Raspberry Pi. En el símbolo del sistema (no olvidar usar SSH en la Pi primero), se ejecuta el siguiente comando:

```
$ cd /home/pi/  
$ \curl -sSL https://get.initialstate.com/python -o - | sudo bash
```

Se ingresa el comando `nano_is_example.py` y se abrirá el código de programación que se encuentra adjuntado en el Apéndice A y en la línea número 15, se verá un comando que empieza con `stramer=StramerBucketName`, en esta línea se crea un nuevo archivo de datos en la Plataforma Stream. Para acceder a ella se lo hace mediante el `access key=ist8jSYbp_jdGA5FK3i5GN_ZXbd2QAzPKM`, este parámetro se encuentra en la misma línea número 15. Este código es la clave de acceso a la cuenta del Initial State (Plataforma usada para la prueba) Fig 3.6.

A continuación se ejecuta el script de prueba para asegurarnos de que podamos crear una secuencia de datos en la cuenta de Initial State. Es necesario en primer lugar asegúrese de que PPPD esté encendido y para esto usamos el comando: `sudo pon fona` Esperamos a que el LED rojo comience a parpadear rápidamente, luego se ejecuta lo siguiente:

```
python_is_example.py
```

Regresamos a la cuenta de Initial State en el navegador web y aparecerá un nuevo grupo de datos llamado Ejemplo de Python Stream. Esta aparece en el lado izquierdo de la pantalla y

para esto es necesario actualizar la página. A continuación se hace clic en este cubo y luego haga clic en el icono de ondas para ver los datos de la prueba, como se muestra en las siguientes Fig 3.7, 3.8, 3.9, 3.10, 3.11.

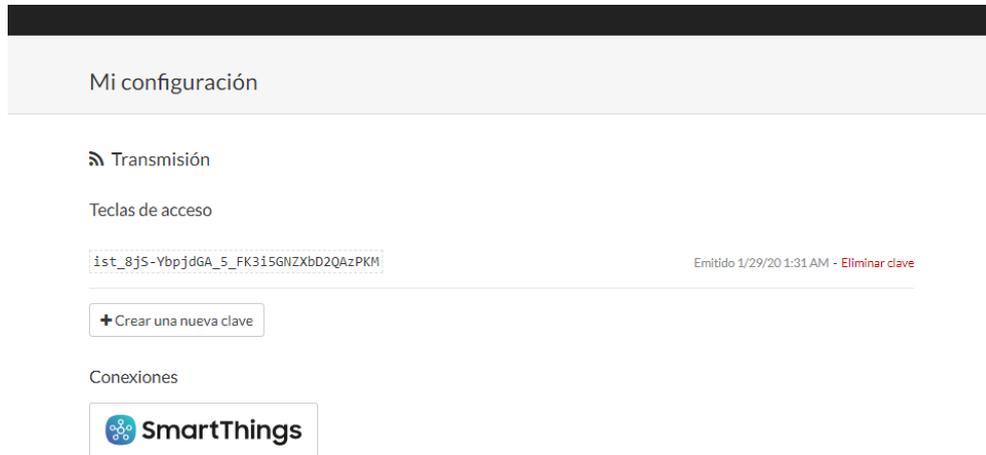


Figura 3.6: Obtención de la Clave de acceso a la plataforma Initial State

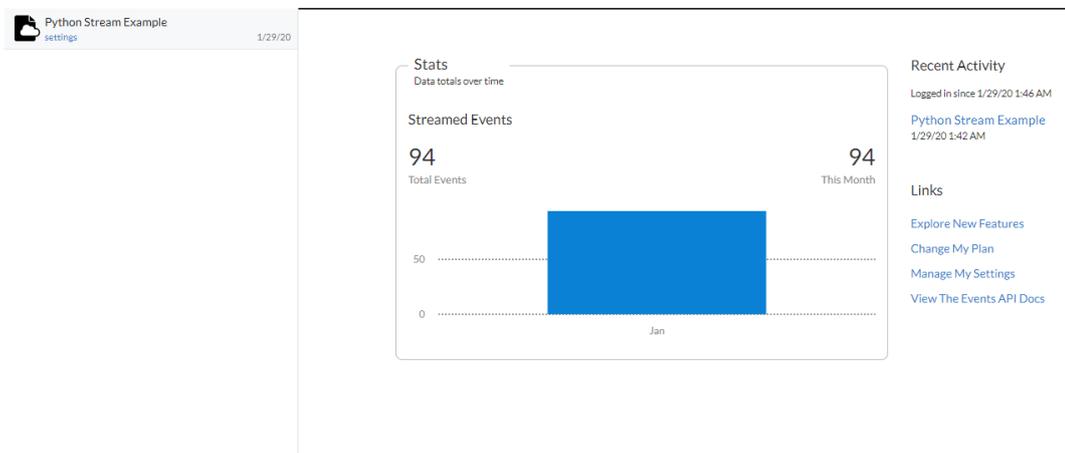


Figura 3.7: Obtención de datos desde la plataforma

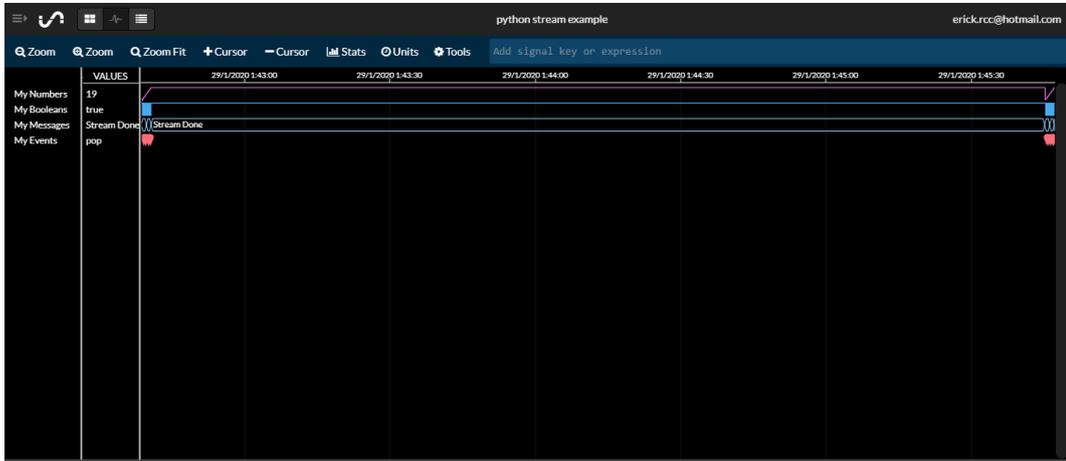


Figura 3.8: Obtención de Datos desde la Plataforma

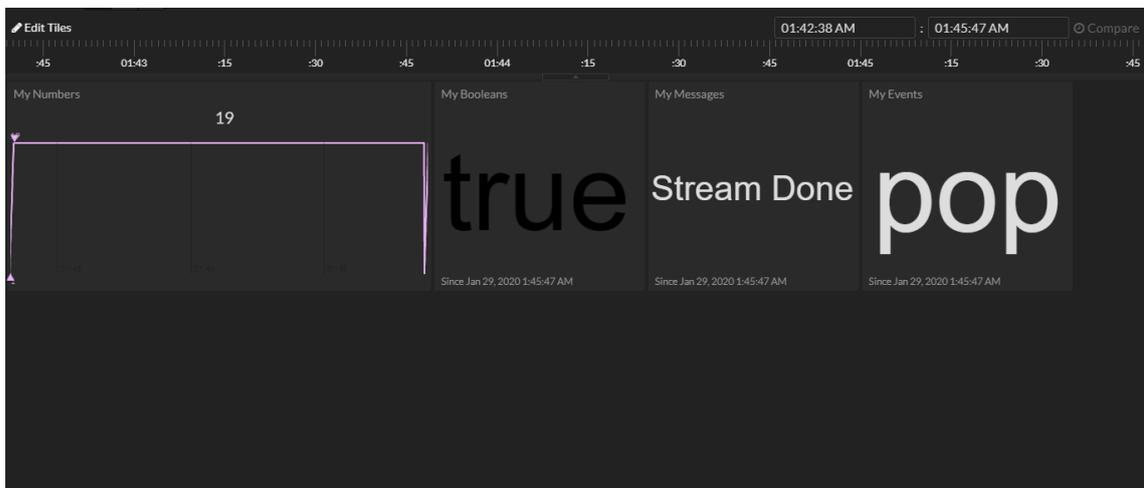


Figura 3.9: Obtención de Datos desde la Plataforma



Figura 3.10: Obtención de Datos desde la Plataforma

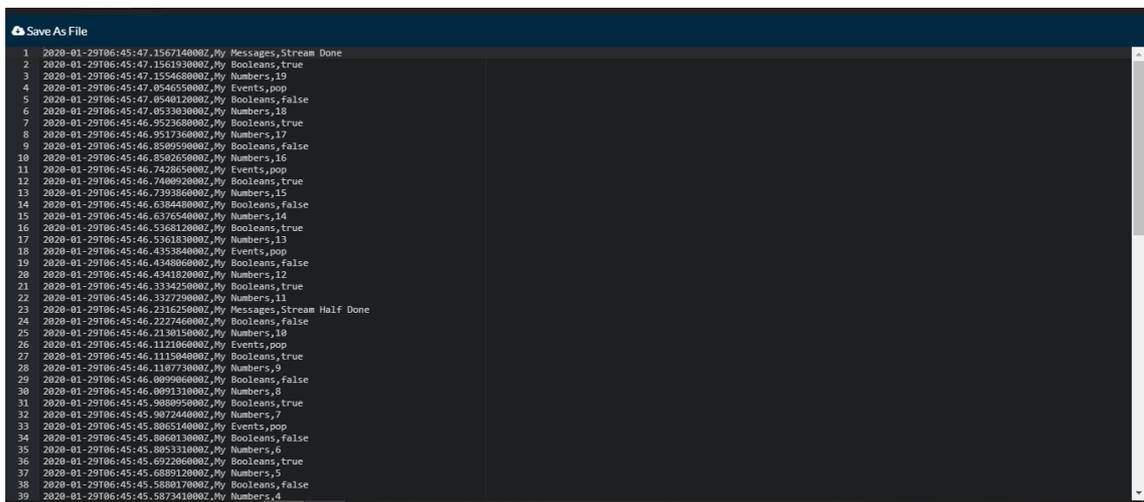


Figura 3.11: Obtención de Datos desde la Plataforma

Conclusiones y trabajo futuro

Este capítulo muestra las conclusiones del presente proyecto y esboza algunas líneas posibles de trabajo futuro.

Conclusiones

- Se realizó el análisis de dispositivos existentes en el medio, cada una de sus funcionalidades y características mediante tablas comparativas, tomando en cuenta factores básicos como costos, usabilidad, adquisición, programación y compatibilidad con diversas plataformas y con esta información se determinó las funcionalidades requeridas para el nuevo dispositivo.
- Con la información obtenida en el capítulo 2 de este proyecto, se realizó un nuevo diseño de estableciendo requerimientos y características con las cuales se desarrolló y se estructuró el nuevo sistema embebido, de manera que obtenga datos de geolocalización.
- Una vez desarrollado el dispositivo, se acopló la misma con una plataforma web abierta y se verificó su funcionamiento y validez.
- Con base al funcionamiento del nuevo dispositivo, se puede verificar que el mismo cumple con los requerimientos planteados en este proyecto.

Recomendaciones

- Es necesario realizar las conexiones del dispositivo de manera segura, ya que una incorrecta conexión puede ocasionar el daño de los elementos.
- Realizar la configuración adecuada del módulo GPS/GSM-GPRS para realizar la conexión con la unidad central, caso contrario una mala configuración puede ocasionar que la unidad central se quemé.
- Utilizar elementos electrónicos actuales debido que para este trabajo se hace uso de redes celulares y sus conexiones. Como es de conocimiento público estas redes celulares han ido evolucionando con el tiempo y por esta razón es necesario utilizar dispositivos que utilicen redes 3G o posteriores a estos para evitar problemas de conexión.

Trabajo futuro

- Debido al avance tecnológico en el ultimo tiempo,es necesario implementar elementos con mas capacidad, rapidez y precisión que los actuales.
- Desarrollar un dispositivo que sea capaz de trabajar con redes celulares 3G y 4G.
- El sistema puede ser replicado o modificado según la necesidad para posteriores mejoras y hacer el análisis de otras variables complementarias que en este proyecto no se analizó.

Apéndice A

Código

Esta parte incluye el código desarrollado en el proyecto. Sólo se han anexado los códigos mas importantes.

```
BUCKET_NAME = " Fona GPS "  
BUCKET_KEY = " fona "  
ACCESS_KEY = " ist_8jS-YbpjdGA_5_FK3i5GNZXbd2QAzPKM "  
SECONDS.BETWEEN_READS = 60  
  
# Start PPPD  
def openPPPD():  
    # Check if PPPD is already running by looking at syslog output  
    output1 = subprocess.check_output("cat /var/log/syslog |grep pppd | tail -1", shell=True)  
    if "secondary DNS address" not in output1 and "locked" not in output1:  
        while True:  
            # Start the "fona" process  
            subprocess.call("sudo pon fona", shell=True)  
            sleep(2)  
    output2 = subprocess.check_output("cat /var/log/syslog | grep pppd | tail -1",shell=True)  
    if "script failed" not in output2:  
        break  
# Make sure the connection is working  
    while True:  
        output2 = subprocess.check_output("cat /var/log/syslog | grep pppd | tail -1",shell=True)  
        output3 = subprocess.check_output("cat /var/log/syslog | grep pppd | tail -3", shell=True)  
        if "secondary DNS address" in output2 or "secondary DNS address" in output3:  
            return True  
  
# Stop PPPD  
def closePPPD():  
    print "turning off cell connection"  
    # Stop the "fona" process  
    subprocess.call("sudo poff fona", shell=True)  
    # Make sure connection was actually terminated  
    while True:  
        output = subprocess.check_output("cat /var/log/syslog | grep pppd | tail -1", shell=True)  
        if "Exit" in output:  
            return True  
  
# Check for a GPS fix  
def checkForFix():  
    print "checking for fix"
```

```

# Start the serial connection
ser=serial.Serial('/dev/serial0', 115200, bytesize=serial.EIGHTBITS, parity=serial.
    PARITY_NONE, stopbits=serial.STOPBITS.ONE, timeout=1)
# Turn on the GPS
ser.write("AT+CGSPWR=1\r")
ser.write("AT+CGSPWR?\r")
while True:
    response = ser.readline()
    if "1" in response:
break
# Ask for the navigation info parsed from NMEA sentences
ser.write("AT+CGPSINF=0\r")
while True:
    response = ser.readline()
# Check if a fix was found
    if "+CGPSINF: 1,1," in response:
        print "fix found"
        print response
return True
# If a fix wasn't found, wait and try again
if "+CGPSINF: 1,0," in response:
    sleep(5)
    ser.write("AT+CGPSINF=0\r")
print "still looking for fix"
else:
    ser.write("AT+CGPSINF=0\r")

# Read the GPS data for Latitude and Longitude
def getCoord():
    # Start the serial connection
    ser=serial.Serial('/dev/serial0', 115200, bytesize=serial.EIGHTBITS, parity=serial.
        PARITY_NONE, stopbits=serial.STOPBITS.ONE, timeout=1)
    ser.write("AT+CGPSINF=0\r")
    while True:
        response = ser.readline()
        if "+CGPSINF: 1," in response:
# Split the reading by commas and return the parts referencing lat and long
            array = response.split(",")
            lat = array[3]
            print lat
            lon = array[4]
            print lon
            return (lat,lon)

# Start the program by opening the cellular connection and creating a bucket for our data
if openPPPD():
# Initialize the Initial State streamer
    streamer = Streamer(bucket_name=BUCKET_NAME, bucket_key=BUCKET_KEY, access_key=ACCESS_KEY,
        buffer_size=20)
# Wait long enough for the request to complete
    sleep(10)

    while True:
# Close the cellular connection
if closePPPD():
        print "closing connection"
        sleep(1)
# The range is how many data points we'll collect before streaming
        for i in range(10):
# Make sure there's a GPS fix
            if checkForFix():
# Get lat and long

```

```
if getCoord():
    latitude, longitude = getCoord()
    coord = str(latitude) + "," + str(longitude)
    print coord
# Buffer the coordinates to be streamed
streamer.log("Coordinates", coord)
sleep(SECONDS_BETWEEN_READS)
# Turn the cellular connection on every 10 reads
if i == 9:
    print "opening connection"

    if openPPPD():
        print "streaming"
# Flush the streaming queue and send the data
streamer.flush()
print "streaming complete"
```

Bibliografía

- [1] D. Cerda y I. Pazmiño, «Diseño e Implementacion de un Sistema con GPS y Control de Seguridad Vehicular,» Escuela Politécnica del Ejercito, Carrera de Ingeniería Automotriz, vol. 1, 2011.
- [2] R. M. Stallman, Software libre para una sociedad libre, Madrid: Traficantes de Sueños, 2004.
- [3] J. C. Cobo Romaní, «Conocimiento, creatividad y software libre: una oportunidad para la educación en la sociedad actual.,» OUC Papers-Revista sobre la sociedad del conocimiento,N8, 2009.
- [4] R. Y. A. Carlos R. Primorac, «CMS orientado a la enseñanza y aprendizaje de la Computación Física y el OSHW,» Argentina, 2016.
- [5] D. Cárdenas, Herramientas del Pensamiento Computacional, 2016.
- [6] L. I. Chulde y G. D. Brito, «Sistema De Monitoreo Web Para Vehículos Mediante Hardware y Software Libre,» Universidad Técnica de Ambato, 2017.
- [7] UTN, «<http://www.utn.edu.ec/fica/carreras/mecatronica>,» UTN, [En línea]. Available: http://www.utn.edu.ec/fica/carreras/mecatronica/?page_id=762. [Último acceso: 13 Enero 2020].
- [8] C. B. S. R. Carlos Oswaldo Quito Pachar, DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD PARA EL CONTROL ELECTRÓNICO DE LA INYECCIÓN A TRAVES DE UN TELÉFONO MÓVIL VÍA SATELITAL PARA UN VEHÍCULO CHEVROLET LUV 2.2, Cuenca, 2013.
- [9] M. R. N. y. F. d. O. Juan Gilberto Serpas, GPS: EL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL, Heredia, Costa Rica, 2004.
- [10] A. R. M. G.-. A. L. G. D. G. F. S. A. Pozo-Ruiz, SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS): DESCRIPCIÓN, ANÁLISIS DE ERRORES, APLICACIONES Y FUTURO, Madrid.

- [11] E. G. D. T. Juan Pablo Astudillo León, SISTEMA DE LOCALIZACIÓN MONITOREO Y CONTROL VEHICULAR BASADO EN LOS PROTOCOLOS GPS/GSM/GPRS, Cuenca, 2012.
- [12] H. D. G. Mediavilla, “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA DE LOCALIZACIÓN Y SEGURIDAD VEHICULAR CON COMUNICACIÓN GPS Y GSM, BASADO EN HARDWARE Y SOFTWARE LIBRE, IBARRA, 2016.
- [13] R. J. N. S. Marcia Lorena Chuquitarco Chuquitarco, DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE RASTREO SATELITAL MEDIANTE GPS Y GPRS PARA EL VEHÍCULO CHEVROLET-AVEO DE LA ESCUELA DE CONDUCCIÓN DE ESPELATA CUNGA, Latacunga, 2012.
- [14] Motosafety, «MotoSafety your teen driving coach,» [En línea]. Available: <https://www.motosafety.com/features.html>. [Último acceso: 23 Diciembre 2019].
- [15] Accutracking, Accutraking VTPLUG TK373 Online Tracking Guide, 2004.
- [16] G. C. Electrónica, TK 303 GSM/GPRS/GPS TRACKER USER MANUAL, Guangzhou Cylink Electrónica, 2004.
- [17] I. P. P. D. David Alejandro Cerda Sánchez, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA GPS Y CONTROL DE SEGURIDAD VEHICULAR CON COMUNICACIÓN GSM, Latacunga, 2011.
- [18] C. C. D. Elizabeth, IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE ENTRENAMIENTO DE SEÑALES GPS, Latacunga: Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, 2010, p. 23.