

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA GEOGRÁFICO DE RASTREO DE
VEHÍCULOS MEDIANTE SENSORES CONECTADOS A INTERNET

KEVIN SANTIAGO ANGULO ANGULO
MIGUEL ANGEL CARDENAS DIAZ

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERIA TOPOGRAFICA
SANTIAGO DE CALI
2018

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA GEOGRÁFICO DE RASTREO DE
VEHÍCULOS MEDIANTE SENSORES CONECTADOS A INTERNET

KEVIN SANTIAGO ANGULO ANGULO
MIGUEL ANGEL CARDENAS DIAZ

TRABAJO DE TESIS
PARA OPTAR POR EL TITULO DE INGENIERO TOPOGRAFICO

PHd. JHON JAIRO BARONA MENDOZA
MSc. ROBIN ALEXIS OLAYA HERRERA

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERIA TOPOGRAFICA
SANTIAGO DE CALI
2018

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Santiago de Cali 21 de Junio de 2018

DEDICATORIA

Este proyecto muy significativo lo dedico a mis padres Helmer y Margarita que siempre han estado allí presentes para apoyarme, aconsejarme, guiarme y que me impulsan a seguir adelante cada día como persona y profesional, porque con esfuerzo de todos y su comprensión permiten que este logro y muy pronto culminación de esta etapa de mi vida académica pueda ser alcanzada.

A mi hermana Angie que es una motivación y compañía importante en mi vida, y que trato de ser un ejemplo para que sea igual y mejor persona y profesional el día de mañana.

A mi abuela Lilia que se me fue muy repentinamente dejando un vacío grande en mi vida pero que desde del cielo me da fuerza, estará orgullosa y la llevo siempre en mi mente.

A mis familiares, amigos y compañeros que hacen parte de mi vida y creyeron que es posible.

Miguel Ángel Cárdenas Díaz

Al Todopoderoso por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr los objetivos propuestos durante mi proyecto de vida.

A mis padres Alfredo y Cruz María por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, sus ejemplos de constancia, perseverancia que me han infundado siempre y por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su Amor.

A mis hermanos Mayra Yuliana y Juan David quienes han sido una compañía imprescindible a lo largo del camino de la vida.

A mi abuela Irma que tuvo que marcharse y ahora guía cada uno de mis pasos desde el cielo.

Kevin Santiago Argalo Argalo

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme todo lo necesario sin importar las condiciones y bendiciones para llegar a este momento y lograr este objetivo en el camino; a mis padres y hermana que fueron, son y serán siempre mi bastón, mi abrigo y motivación en cada paso que sigo en mi vida, por su cariño, apoyo, comprensión y paciencia siempre para conmigo; también a mi tío Luis Cárdenas por su valiosa colaboración.

A ambos directores del proyecto por su acompañamiento, conocimiento, interés y paciencia en este proceso y gran proyecto que se terminó con satisfacción; a mi amigo y compañero de proyecto que con trabajo, aguante, constancia y mucha motivación logramos terminarlo, al igual que mi amigo y colega Miguel Ramírez por su gran ayuda en este proyecto.

A amigos, compañeros y profesores con los que compartí en el plan y de cierta forma contribuyeron e hicieron una agradable estadía en esta etapa de formación.

Miguel Ángel Cárdenas Díaz

Agradezco a Dios por su infinita misericordia y por hacer todo esto posible.

A toda mi familia que ha sido mi motivación y fuerza para seguir adelante y el hacerme creer que todo lo que uno se propone se logra.

A los directores del proyecto el Dr Jhon Jairo Barona y el Ingeniero Robin Olaya por toda la paciencia tenida, por todas sus asesorías y guías en donde nos compartieron su conocimiento de la manera más atenta y desinteresada.

A mi compañero y colega Miguel Ángel Ramírez por hacer parte de todo este proceso de aprendizaje y por compartir sus conocimientos con nosotros para hacer realidad este proyecto.

Al ingeniero Daniel Osorio por su guía y por facilitar la infraestructura necesaria para hacer este proyecto posible.

A todos mis compañeros y profesores de la carrera quienes han sido una compañía agradable en todo este proceso de formación y de aprendizaje.

Kevin Santiago Angulo Angulo

CONTENIDO

	Pág.
GLOSARIO.....	12
MARCO CONCEPTUAL	16
RESUMEN.....	19
INTRODUCCIÓN.....	20
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
1.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	21
1.2. JUSTIFICACIÓN	22
1.3. MARCO TEÓRICO	23
1.4. OBJETIVOS	29
1.4.1.Objetivo General.....	29
1.4.2.Objetivos Específicos.....	29
2. METODOLOGÍA	30
2.1. EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS MÁS COMUNES DE UN VEHÍCULO EN LA CIUDAD.	30
2.2. EVALUACIÓN DE PRODUCTOS EXISTENTES EN EL MERCADO PARA EL MONITOREO DE VEHÍCULOS.	30
2.3. PROPUESTA DE SISTEMA DE SEGUIMIENTO DE VEHÍCULOS	31
2.4. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS	31
2.4.1.Análisis de Requerimientos del Dispositivo.....	31
2.4.2.Análisis de Requerimientos del Sistema de información Geográfica (SIG).	31
2.5. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN	31
2.5.1.Adquisición y Programación del Dispositivo	33
2.5.1.1. Adquisición de insumos y dispositivos.	33
2.5.1.2. Prueba inicial de funcionamiento de dispositivo.	33
2.5.1.3. Determinación de error e incertidumbres de dispositivo.	33
2.5.1.4. Programación del Arduino/Módulo SIM 808.	33
2.5.1.5. Diseño y elaboración de prototipo del dispositivo.....	34
2.5.2.Implementación del Sistema de Información Geográfica	34
2.5.2.1. Diseño BD.....	34
2.5.2.2. Diseño de portal web.	36

2.5.2.3. Publicación en la Web.....	36
3. DESARROLLO DEL PROYECTO.....	37
3.1. EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS MÁS COMUNES DE UN VEHÍCULO EN LA CIUDAD.	37
3.2. EVALUACIÓN DE PRODUCTOS EXISTENTES EN EL MERCADO PARA EL MONITOREO DE VEHÍCULOS.....	42
3.3. PROPUESTA DE SISTEMA DE SEGUIMIENTO DE VEHÍCULOS.	44
3.4. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS.	44
3.4.1. Análisis de Requerimientos del Dispositivo.....	44
3.4.2. Análisis de Requerimientos del Sistema de información Geográfica (SIG).	45
3.5. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN.	49
3.5.1. Adquisición y Programación del Dispositivo.....	49
3.5.1.1. Adquisición de insumos y dispositivos.	49
3.5.1.2. Prueba inicial de funcionamiento de dispositivo.	57
3.5.1.3. Determinación de error e incertidumbre asociado al dispositivo.....	62
3.5.1.4. Programación del dispositivo (Arduino/SIM 808).....	74
3.5.1.5. Diseño Y Elaboración De Prototipo Del Dispositivo.....	86
3.5.2. Implementación del Sistema de Información Geográfica (SIG)	87
3.5.2.1. Diseño BD.....	87
3.5.2.2. Diseño del Portal Web	96
3.5.2.3. Publicación en la Web.....	98
4. ANÁLISIS DEL DESARROLLO DEL PROYECTO.	100
4.1. PRUEBAS	100
4.1.1. Prueba Dinámica Peatonal	103
4.1.2. Prueba Dinámica Vehicular.....	104
4.2. VALIDACIÓN.....	105
5. CRONOGRAMA.....	111
6. CONCLUSIONES	112
7. RECOMENDACIONES	113
8. BIBLIOGRAFÍA	114

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Requerimientos de datos y fuentes de información.....	46
Tabla 2 Módulos del sistema establecidos.....	47
Tabla 3 Listado de tipos de funciones presentes en el sistema.....	47
Tabla 4 Listado de funciones que se realizan en el sistema.	48
Tabla 5 Listado de insumos a utilizar en el proyecto.....	49
Tabla 6 Especificaciones técnicas ARDUINO UNO	51
Tabla 7 Características principales SIM808	53
Tabla 8 Rendimiento del motor del GPS.....	54
Tabla 9 Potencia del motor BT.....	54
Tabla 10 Resumen de los modos de funcionamiento.....	55
Tabla 11 Servicios de Pines pantalla LCD 16x2.	56
Tabla 12. Datos técnicos estación laboratorio de Geoposicionamiento (GOP).	65
Tabla 13 Datos técnicos punto materializado terraza.....	65
Tabla 14 Variables e indicadores estadísticos	67
Tabla 15 Diferencia de valores máximos y mínimos medidos.....	68
Tabla 16 Coordenadas finales del punto GPS-1KSA	68
Tabla 17 Coordenadas promediadas durante la prueba.	68
Tabla 18 Parámetros en cuenta según informe de errores e incertidumbres para establecer estado del vehículo.....	79
Tabla 19 Actores y procesos en el sistema.....	89
Tabla 20 Representación y tipo de entidades en el sistema.	92
Tabla 21 Consumo de corriente (A) y voltaje (V) según estado dispositivo.	100

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1 Datos obtenidos de Latitud y Longitud por cada medición.	73
Gráfica 2 Datos obtenidos de la Velocidad por cada medición.....	73
Gráfica 3 Cronograma de desarrollo proyecto.	111

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1 Esquema metodológico a desarrollar	30
Figura 2 Metodología a implementar en el desarrollo de la aplicación.	32
Figura 3 Representación Gráfica Del Flujo de Información De La Aplicación.....	36
Figura 4 Microcontrolador Arduino UNO y Módulo de comunicación SIM808.	50
Figura 5 Pantalla LCD de 16x2.	55
Figura 6 Diagrama de Pines pantalla LCD 16x2.	56
Figura 7 Batería recargable 12V - 1,3A.....	57
Figura 8 Configuración y conexión del módulo SIM808.	57
Figura 9 Conexión de comunicación Arduino UNO y Módulo SIM808.....	58
Figura 10 Compilación del programa en el Arduino UNO.....	59
Figura 11 Respuesta del módulo a comando AT.	59
Figura 12 Visualización en puerto serial del método llamada.....	60
Figura 13 Recepción de llamada al celular desde el módulo Arduino/SIM808	60
Figura 14 Respuesta del Módulo en el puerto serial.	61
Figura 15 Visualización del punto de ubicación del módulo SIM808.	61
Figura 16 Envío de datos por internet al servidor.....	62
Figura 17 Punto GPS materializado. Fuente: Propia.....	62
Figura 18 Lugar de Posicionamiento (Terraza).	64
Figura 19 Controlador de GPS Doble Frecuencia Leica.....	64
Figura 20 Procesamiento de Datos.....	65
Figura 21 Informe de procesamiento de coordenadas de punto GPS1-KSA.....	66
Figura 22 Informe de procesamiento de coordenadas de punto GPS1-KSA.....	66
Figura 23 Prueba con GPS del módulo SIM 808 en punto materializado.	67
Figura 24 Arduino y módulo SIM808 (izq) y toma de datos GPS en el puerto serial (der).67	
Figura 25 Datos obtenidos de la prueba del GPS del módulo.	72
Figura 26 Esquema general del sistema del dispositivo.....	75
Figura 27 Esquema del método consultarGps().	78
Figura 28 Condicional para establecer estado del vehículo.	79
Figura 29 Esquema de método consultarEstado().	80

Figura 30 Esquema de método enviarDatoInternet().	82
Figura 31 Esquema método enviarSMS.	83
Figura 32 Esquema del método llamarUsuario().	85
Figura 33 Render de Protector.	86
Figura 34 Prototipo final terminado.	87
Figura 35 Modelo Entidad – Relación del Sistema.	88
Figura 36 Diagrama de casos de uso general del sistema.	89
Figura 37 Diagrama de casos de uso específico del sistema.	90
Figura 38 Diagrama de secuencia de caso de uso Usuario - Módulo.	90
Figura 39 Diagrama de secuencia de caso de uso Usuario - Aplicación.	91
Figura 40 Diagrama de secuencia de caso de uso Módulo – BD.	91
Figura 41 Diagrama de secuencia de caso de uso BD - Aplicación.	91
Figura 42 Diagrama de clases del sistema.	92
Figura 43 Modelo de datos de la BD.	93
Figura 44 Modelo de Navegación General del Sistema.	93
Figura 45 Modelo de Navegación Página de Autenticación.	94
Figura 46 Modelo de Navegación Página Geocerca.	94
Figura 47 Modelo de Navegación Página Reporte.	94
Figura 48 Página de Autenticación de usuario.	96
Figura 49 Página de Tracking.	96
Figura 50 Visualización de la velocidad del vehículo.	97
Figura 51 Página de Geocerca con actualización de datos del usuario.	97
Figura 52 Página de Geocerca para definir distancia de seguridad.	97
Figura 53 Página de Reporte.	98
Figura 54 Visualización en la web del sistema como aplicación.	99
Figura 55 Prueba de consumo del dispositivo.	100
Figura 56 Esquema electrónico de dispositivo con pantalla LCD 16x2.	101
Figura 57 Esquema de método pantalla LCD.	102
Figura 58 Prueba dinámica peatonal con el dispositivo (Arduino/SIM 808).	103
Figura 59 Antena GPS y Antena GSM/ GPRS para envío de datos en el Vehículo.	104
Figura 60 Dispositivo de rastreo funcionando y conectado a batería independiente.	104

Figura 61 Dispositivo de Rastreo enviando datos Vía Internet con el Vehículo en Movimiento	104
Figura 62 Esquema electrónico de dispositivo completo con botón de alerta.....	105
Figura 63 Visualización del rastreo y recorrido en tiempo real.	106
Figura 64 Visualización del recorrido del vehículo con la capa de Open Street Maps. ...	106
Figura 65 Visualización del recorrido del vehículo con la capa de imagen satelital de Bing mapas.	107
Figura 66 Visualización en el portal y fotografía terrestre de la ubicación del vehículo. .	107
Figura 67 Visualización y consulta del historial de recorrido del vehículo.	108
Figura 68 Visualización y establecimiento de la geocerca (zona de seguridad) del vehículo.	108
Figura 69 Visualización del recorrido en tiempo real y grafica de la velocidad del vehículo.	109
Figura 70 Generación de Reporte de Hurto en la Dirección Establecida.....	109
Figura 71 Registro de la llamada del módulo	110
Figura 72 Mensaje de texto enviado por el modulo al móvil del usuario.....	110

LISTA DE ANEXOS

Se entregan en forma digital los necesarios y considerados importantes en el desarrollo del proyecto.

GLOSARIO

Aplicación Web: Software o servicio que los usuarios pueden utilizar accediendo a un Servidor web a través de Internet o de una intranet mediante un navegador para acceder a información, el cual se codifica en un lenguaje soportado por los navegadores web siendo práctico su uso sin problemas con el sistema operativo.

APN: Access Point Name significan sus siglas en inglés o se conoce como Nombre del Punto de Acceso, que consiste en la configuración de los dispositivos móviles para poderse conectar a internet o tener acceso a una red de comunicación inalámbrica, esto se logra al realizar el proceso de Resolución de APN que se solicita un nombre por medio del Sistema de Nombres de Dominio (DNS) y de esa forma se asigna una IP al equipo móvil.

Arduino: Es una compañía open source de hardware y software, así como un proyecto y comunidad internacional que diseña y manufactura placas de desarrollo de hardware para construir dispositivos digitales y dispositivos interactivos que puedan sensar y controlar objetos del mundo real. Arduino se enfoca en acercar y facilitar el uso de la electrónica y programación de sistemas embebidos en proyectos multidisciplinarios.

AVL: Por sus siglas en inglés (Automatic Vehicle Location) es un dispositivo anexo al GPS en el que se pueden conocer, gestionar y administrar información de un vehículo como velocidad, revoluciones, aceleración y frenado bruscos, combustible, encendido y apagado, apertura de puertas, alarmas, entre otros, por medio de dispositivos móviles como el celular.

Base de Datos: Serie de datos organizados y relacionados entre sí, los cuales son recolectados y procesados por los sistemas de información de una empresa o negocio en particular, siendo un almacén que permite ubicar y utilizar datos de forma fácil y que sea compatible a diferentes softwares para darle un uso más eficiente para la consulta de todo tipo de datos.

Coordenadas geográficas: Son un sistema de referencia que utiliza las dos coordenadas angulares medidas desde el centro de la Tierra, latitud (Norte y Sur) y longitud (Este y Oeste) y sirve para determinar los laterales de la superficie terrestre (o en general de un círculo o un esferoide), teniendo en cuenta un datum, meridiano principal y unidad angular, estas coordenadas son expresadas en grados sexagesimales.

Dirección IP: Una dirección IP, es un número que permite la identificación de una interfaz en red de una computadora (ordenador), un teléfono inteligente u otro dispositivo que usa el mencionado protocolo, puede ser estática o conexión permanente como un servidor, o dinámica que no cuenta con un número fijo donde se utilizan nombres de dominio.

GNSS: GNSS (Global Navigation Satellite System), es el acrónimo que se refiere al conjunto de tecnologías de sistemas de navegación por satélite para el posicionamiento geoespacial con cobertura global de manera autónoma, determinando su posición en cuatro dimensiones (latitud, longitud, altitud, y tiempo) de un punto dado de la tierra.

Geo-codificación: La geo codificación es el proceso de transformar una descripción de una ubicación por medio de tres formas diferentes como, un par de coordenadas, una dirección o un nombre de un lugar en una ubicación de la superficie de la tierra.

GET: Es un método de solicitud HTTP que tiene como objetivo obtener información del servidor. Traer datos que están en el servidor, ya sea en un archivo o base de datos, al cliente. Independientemente de que para eso tengamos que enviar (request) algún dato que será procesado para luego devolver la respuesta (response) que esperamos.

HTML: HyperText Markup Language que significa Lenguaje de Marcas de Hipertexto, hace referencia al lenguaje de marcado para la elaboración de páginas web.

HTTP: Hypertext Transfer Protocol o Protocolo de Transferencia de Hipertexto es el protocolo de comunicación que permite las transferencias de información en la World Wide Web.

Internet de la Cosas (IOT): Es un escenario donde animales, personas u objetos están todos conectados o disponen de unos identificadores únicos, UID (Unique Identifier) es una cadena de datos numéricos o alfanuméricos asociados a una sola entidad y son almacenados en un sistema, por medio de internet.

JSON: Acrónimo de JavaScript Object Notation, es un formato de texto ligero para el intercambio de datos. JSON es un subconjunto de la notación literal de objetos de JavaScript, aunque hoy, debido a su amplia adopción como alternativa a XML, se considera un formato de lenguaje independiente.

OGC: Open Geospatial Consortium, que sería por las siglas consorcio abierto de SIG, es la organización abierta geoespacial que lleva a cabo la gestión para el manejo integral de la información espacial por medio de sensores de forma global por medio de la web.

POST: Es un método de solicitud HTTP que tiene como objetivo enviar información desde el cliente para que sea procesada y actualice o agregue información en el servidor, como sería la carga o actualización en sí de una noticia. Cuando enviamos (request) datos a través de un formulario, estos son procesados y luego a través de una redirección por ejemplo devolvemos (response) alguna página con información.

REST: Representational State Transfer son las siglas que refieren a Transferencia de estado Representacional, siendo un tipo de arquitectura de desarrollo web que se apoya totalmente en el estándar HTTP. El cual permite crear servicios y aplicaciones que pueden ser usadas por cualquier dispositivo o cliente que entienda HTTP, por lo que es increíblemente más simple y convencional que otras alternativas que se han usado.

Servidor Web: Es un ordenador o dispositivo informático que está al “servicio” de otros dispositivos, ordenadores o personas llamadas clientes y que suministran información a estos, que pueden ser personas, o también ser otros dispositivos como ordenadores, móviles, impresoras, etc. se ejecuta continuamente a la espera de peticiones que le hará un cliente o un usuario de Internet mostrando una página web o información de todo tipo.

Sistema de Información Geográfica: Se denomina SIG o GIS (Geographic Information System) el cual es una integración de manera organizada de componentes como hardware, software y datos geográficos (datos alfanuméricos y espaciales) que realiza actividades como capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar información geográficamente referenciada para resolver problemas complejos de planificación y de gestión.

SWE: Sensor Web Enablement que tiene como significado Activación de Sensores Web que consiste en el uso de variedad de sensores integrados en la web de forma simultánea, con recolección, almacenamiento y distribución de datos en tiempo real.

TCP: Es uno de los protocolos fundamentales en Internet. El protocolo utilizado para crear “conexiones” entre sí a través de las cuales puede enviarse un flujo de datos garantiza que los datos serán entregados en su destino sin errores y en el mismo orden en que se transmitieron.

Tecnología 4G: Las siglas utilizadas para referirse a la cuarta generación de tecnologías de telefonía móvil, sucesora de la 2G y 3G, y que precede a la próxima, la 5G. Está basada completamente en el protocolo IP, que alcanza la convergencia entre las redes de cables e inalámbricas, usada por módems inalámbricos, Smartphone y otros dispositivos móviles con velocidades de acceso mayores de 100 Mbit/s en movimiento y 1 Gbit/s en reposo.

Trilateración: Es un método para obtener las coordenadas de un punto del que se ignora su posición a partir de la medición de distancias a puntos de coordenadas conocidas inicialmente, siendo esta técnica la base del posicionamiento de todos los sistemas GNSS.

WFS: Web Feature Service o Servicio de Características Web define operaciones Web de interface para la consulta y edición de entidades geográficas vectoriales, como por ejemplo carreteras o líneas de contorno de lagos. Para realizar estas operaciones se utiliza el lenguaje GML que deriva del XML, que es el estándar a través del que se transmiten las órdenes WFS.

WMS: El servicio Web Map (WMS) definido por el OGC (Open Geospatial Consortium) produce mapas de datos referenciados espacialmente, de forma dinámica a partir de información geográfica. Está organizado en una o más capas y se puede consultar cierta información disponible. Las operaciones WMS pueden ser invocadas usando un navegador estándar realizando peticiones en la forma de URLs (Uniform Resource Locators).

XML: Xtensible Markup Language son las siglas del lenguaje de etiquetado extensible es decir que no tiene limitación frente a ese aspecto de codificación y que sea compatible sus datos con varios software o programas para su reconocimiento de datos.

UTC: Tiempo Universal Coordinado es el principal estándar de tiempo por el cual el mundo regula los relojes y el tiempo. Debido a que la rotación de la tierra es constante pero no estable y se retrasa con respecto al tiempo atómico, UTC se sincroniza con el tiempo medio de Greenwich (GMT) (obtenido a partir de la duración del día solar), al que se le añade o quita un segundo intercalar cuando resulta necesario, siempre a finales de junio o diciembre.

MARCO CONCEPTUAL

Para poder realizar este trabajo se tendrán en consideración y se van a ir comentando varios conceptos que son necesarios para su desarrollo:

Un sensor web se refiere a una red de sensores en donde se pueden acceder a sus datos y atributos mediante protocolos e interfaces de programas de aplicación (Mike Botts et al 2007) el cual cuenta con GPS que es un sistema de navegación que consiste de una constelación de 24 satélites operacionales y 7 satélites de respaldo, con una cobertura mundial y dividida en 6 orbitas en total, cada una con 4 satélites logrando una constelación geométrica permitiendo que sean visibles de 4 a 10 de estos en cualquier parte del mundo, pero solo con 4 satélites es posible determinar la información de la localización (Nieto, 2015), esta tecnología de posicionamiento es uno de los insumos principales para establecer la localización automática de vehículos (LAV), que es una herramienta que se utiliza para mejorar la administración de flotas de transporte, asignación de vehículos de emergencia, optimización de sistemas de transporte público, entre otros. Esta herramienta se integra con aplicaciones como: central telefónica, central de monitoreo, planificadores de ruta, sistemas de despacho, etc. (Cathey & Dailey, 2003).

Siendo una gran posibilidad de avance con el amplio desarrollo de la tecnología de comunicación, el internet de las cosas puede ahora desplegarse para recopilar datos en cualquier parte del mundo donde haya disponibilidad de una conexión a Internet. Al mismo tiempo, los avances en la electrónica y en la tecnología de circuitos integrados hacen que los sensores y dispositivos de detección se están poniendo más económicos y más fácilmente disponibles. Aunque el internet de las cosas en sí mismo es una excelente plataforma para la recopilación de datos, tareas como la conexión de sensores, el archivado de datos y la transferencia al mundo exterior no son fáciles para los usuarios comunes. Para configurar una red de sensores, se incluyen aspectos técnicos como la configuración VPN para acceso global, el archivado de datos en una base de datos, la publicación de datos en Internet, la gestión de la configuración de sensores, etc. Honda et al (2009).

Esto se complementa con la combinación de los sistemas de información geográfica (SIG) con los sensores activados por web (SWE) es una nueva tendencia que da las posibilidades de permitir el flujo de datos en tiempo casi real, en donde se pueden incluir bajo demanda a diferentes servicios de geo procesamiento, por lo que esta tecnología es de gran aceptación y de gran ayuda para la planificación y la gestión del riesgo en temas medio ambientales que ayudan a tomar la mejor decisión en situaciones complejas. Ribeiro, Sousa y Cardoso (2016). Todo esto posible debido al avance tecnológico, a partir del momento en que los estándares HTML/HTTP facilitaron el intercambio de cualquier tipo de información en la web, la iniciativa de los sensores activados por web (SWE) del consorcio Open GIS se enfoca en el desarrollo de políticas que facilite el descubrimiento e implementación de este tipo de sensores en donde se ha hecho énfasis en la funcionalidad dentro de una web

de sensores que permitan procesar y geolocalizar las observaciones, recuperar observaciones y coberturas en tiempo real, asignación de tareas específicas para realizar observaciones de interés y que también permitan la publicación de alertas que serán emitidas por dichos sensores bajo ciertos criterios, debido a que esta nueva tecnología está en implementación, se han observado resultados positivos siendo un tema de gran exploración por parte de la geomática que otorga diversos beneficios. Botts, Niedzwiadek (2004).

Integrando como lo son los sensores activados por web, que son dispositivos que por medio de la internet operan la información que describen, su posición geográfica, sus procesos internos y operaciones sobre el dispositivo con el fin de proporcionar la capacidad de suscribirse a alertas e incluso controlar remotamente los dispositivos. El objetivo final es estandarizar el acceso vía web a los sensores. Sánchez et al (2010) y que se puedan conectar en el contexto de World Wide Web (www), que un sitio, portal y/o aplicación sea “accesible” significa que debe presentar la información a las personas, de manera tal, que independientemente de la tecnología que utilicen (computadora de escritorio, PC, PDA, teléfono, etc.) y de las capacidades diferentes que estas personas posean (físicas, psicológicas, sensoriales, etc.) todas ellas estén en igualdad de condiciones en lo que se refiere al acceso de contenidos y servicios ofrecidos por la Web. Martín (2012).

Siempre teniendo en cuenta que la información espacial se captura por medio de: satélites, radares, estaciones de medición, campañas de muestreo entre otros, esto hace que en las diferentes fases del proceso de gestión y análisis se presente la necesidad de integrar sistemas, la integración de tecnologías o programas no es una tarea fácil ya que estas poseen un carácter heterogéneo como también los formatos de almacenamiento, ingreso y salida de datos de cada programa, por lo que se concluye que para que el intercambio de la información sea un proceso fluido es necesario que los programas que intervienen tengan la capacidad de inter-operar. Morales, Agudelo y Durán (2012) es por eso que los Sistemas de Información (SIG) tienen amplia utilidad en una variedad de dominios para el manejo de datos complejos obtenidos de la teledetección, mapeo automatizado y sistemas de gestión de instalaciones, y una mirada de otras aplicaciones. Recientemente, algunos investigadores están aplicando SIG para la instalación de sensores con cables e inalámbricos y redes de sensores a través de grandes regiones geográficas, así como el desarrollo de interfaces SIG para descubrir, consultar y operar sensores dentro de una arquitectura orientada al servicio. (Russomanno y Trittenko 2010).

Por otra parte, componentes de visualización GIS (Geographic Information Systems), utilizan dichos componentes para mostrar las localizaciones o realizar análisis de los recorridos realizados. Se pueden tener varias de estas fuentes de datos GNSS distribuidas sobre una red de área local, la arquitectura basada en CORBA proporciona los mecanismos básicos de distribución e integración. El trabajo trata de aportar, desde la perspectiva de una aplicación real, nuestras conclusiones en el uso de componentes con el punto de vista

de ingeniería del software (Álvarez et al 1999), es por eso que “La invención de aplicaciones web incluye decisiones no triviales de diseño y de ejecución que inevitablemente influyen en todo el proceso de desarrollo, los problemas dados como el diseño del modelo y la construcción de la interfaz de usuario tienen requerimientos disjuntos que deben ser tratados con cuidado y por separado. El alcance de la aplicación, los usuarios a los que estará dirigida son factores importantes, así como también las tecnologías escogidas para su desarrollo, es por ello que el uso de una metodología de diseño y de tecnologías que se adapten naturalmente a la indicada, son de vital importancia para el desarrollo de aplicaciones complejas” (Silva y Mercerat - 2002) y se debe poder tener la disponibilidad generalizada de poderosas herramientas de geo-codificación en software comercial de SIG y el interés en el análisis espacial en el individuo han hecho de la geo codificación de direcciones una técnica ampliamente empleada en muchos campos diferentes. El enfoque más utilizado para geocodificación emplea un modelo de datos de red de calles, en el que las direcciones se colocan a lo largo de un segmento de calle sobre la base de una interpolación lineal de la ubicación del número de calle dentro de un rango de direcciones.

Para poder saber que “Se presentan los sitios web como estructuras de información a ser creados en términos de proyecto, a partir de trabajos en equipos multidisciplinarios. Se enuncian las etapas que conlleva a su diseño, construcción y mantenimiento. Se enfatizan los aspectos a contemplar vinculados a la calidad de los contenidos, normalización, utilización, accesibilidad y recuperación de los sitios web”. (García – 2002).

RESUMEN

En este trabajo se realizó una aplicación web que integrado a un prototipo de localización se obtiene un sistema de rastreo en tiempo real para la seguridad de los vehículos de los usuarios.

Se elaboró un prototipo para instalación en el vehículo el cual se encuentra integrado con un microcontrolador Arduino y módulo de comunicación con un sensor como una antena GPS y GSM/GPRS junto a un botón de alerta, configurado para la ubicación y envío de las coordenadas, velocidad entre otros datos cada 15 segundos por internet, además de otros servicios como llamada y mensajes de texto como aviso a los usuarios del estado y ubicación del vehículo, se configuró un servidor web y una base de datos en donde se tendrá el almacenamiento de los datos obtenidos del dispositivo para su reporte y actualización de su posición en tiempo real. Además se realizó una aplicación web en donde se muestra varios servicios al usuario de forma dinámica y sencilla para visualizar el seguimiento o tracking de su vehículo en tiempo real, consultar el historial de recorrido y ver su velocidad, establecer una geocerca o área de seguridad y reportar la ubicación en caso de robo del vehículo.

Este proyecto el cual es muy funcional busca generar una alternativa de seguridad para las personas que tengan interés en tener seguridad de sus vehículos y que pueda llegar a satisfacer las necesidades cotidianas convirtiéndose en una opción de sistema de rastreo accesible.

Palabras clave: Sensor, tracking, geocerca, GPS, GSM, GPRS, internet, servidor, aplicación web.

INTRODUCCIÓN

Uno de los campos que ha registrado mayor evolución en los últimos años, han sido los sistemas de telecomunicación, especialmente la telefonía móvil, que día tras día ofrece más servicios a los usuarios. Por ejemplo, la telefonía IP, paquetes de datos, redes Wi-Fi, mensajes de texto, mensajes multimedia, bluetooth, reproductores de música y videos, televisión digital, banca virtual, sistemas de información, entre otros. Los sistemas de navegación por satélite (GNSS) solucionan un problema muy antiguo en la historia de la humanidad: La necesidad de conocer la posición sobre la superficie terrestre.

Actualmente el rastreo de vehículos ha tomado gran importancia alrededor del mundo. Existe una extensa variedad de aplicaciones que se pueden desarrollar a partir de las tecnologías de comunicación y de navegación de las cuales se resaltan la localización del vehículo en caso de robo, asistencia vial en siniestros o accidentes, cartografía, diseño de rutas, control logístico de flotillas, entre otros. Dentro del control logístico se tienen interesantes aplicaciones, muchas entidades tanto públicas como privadas utilizan sistemas de rastreo satelital para ubicar y controlar de una forma eficiente sus unidades con el objeto de reducir tiempos y costos de operación. Otra aplicación consiste en guiar ambulancias, bomberos, policía o grupos de rescate al lugar del siniestro reduciendo tiempos de respuesta y por ende salvar vidas

En este proyecto se diseñará una metodología que consiste en adaptar un sensor de tipo GNSS, el cual se programará en una plataforma de hardware libre, en este escenario se utilizará la infraestructura de comunicación de la red de telefonía móvil 4G disponible en Colombia para enviar los datos de navegación a un servidor por medio de una conexión estable a Internet, a través de unos protocolos de comunicación se interpretara la información enviada por el sensor la cual se almacenara en una base de datos geográfica en donde a partir de esta se diseñara un modelo conceptual, un modelo lógico y un modelo físico para implementar un Sistema de Información Geográfico (SIG) con una serie de funciones que permitirán el rastreo y monitoreo en tiempo real del sensor instalado en el vehículo y por último la visualización en una aplicación web amigable en donde los usuarios del servicio puedan observar y conocer la posición verdadera de sus bienes en cualquier día, a cualquier hora en cualquier circunstancia o hecho.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En Colombia los hurtos de vehículos se ha convertido en una poderosa industria que mueve más de \$ 8000 millones de dólares al año, siendo la tercera del país más rentable por detrás del narcotráfico y la guerrilla (Allianz 2014), debido a que se han creado organizaciones delictivas de asaltantes de vehículos que en promedio por el delito reciben un pago de 2 millones a 5 millones de pesos, terminando estos la mayoría de las veces en “deshuesaderos” donde sus componentes son usados para la venta como autopartes, mientras otros terminan como taxis.

En el caso de la ciudad de Medellín, dos de los cinco vehículos que más se han hurtado en lo corrido del año en la capital antioqueña no hacen parte de la popular “mancha amarilla”. Así lo registran las estadísticas del sistema de información para la Seguridad y la Convivencia que da cuenta que en la capital antioqueña entre el 1 de enero y el 15 de mayo se robaron 254 vehículos, es decir, uno cada 13 horas (El Colombiano, 2016). En los primeros ocho meses de 2016, la Fiscalía General de la Nación ha recibido 4.003 denuncias por robo a vehículos en Bogotá. Es decir que cada día 17 de estas denuncias, en promedio, se reportarían en la ciudad, principalmente por casos de hurto bajo la modalidad del ‘halado’, atraco y mediante estafas. Según datos de la Fiscalía, desde el primero de enero de este año hasta el 18 de agosto se registraron en la ciudad 1.525 hurtos a automotores, un 11% más que en 2015, periodo en el que se registraron 1.374 casos. Esto, sin contar los vehículos que son robados mediante estafas. A la fecha, según el grupo automotor de la SIJIN (Seccional de Investigación Criminal) se ha desarticulado 17 bandas dedicadas al hurto de vehículos en Bogotá, dejando a 72 personas capturadas. Como resultado de estos operativos se han logrado recuperar 439 vehículos. (Caracol radio, 2016).

La ciudad de Santiago de Cali se ubica como la tercera ciudad con mayor vulnerabilidad a este tipo de delito después de Bogotá y Medellín, en el año 2015 se reportaron 2700 casos de robos de vehículos, donde más del 85% del total de estos, se ha dado en la modalidad de halado según datos de la movilidad de robo de la SIJIN, esto muestra que el hurto de vehículos en Cali no está sectorizado presentándose así de forma aleatoria, (El País, 2016). En operativos adelantados en el centro de Cali y en el distrito de aguablanca fueron capturadas 12 personas señaladas, por la policía, de hurtar vehículos y deshuesarlos, robaban entre cuatro y cinco vehículos de alta gama a diario, las ventas y ganancias mensuales para esta organización ascendían a los 1.500 millones de pesos. La SIJIN recuperó tantas autopartes, que fueron necesarios 10 camiones para transportar el material incautado. Entre enero y abril de este año se han reportado 1.460 casos, en igual periodo del 2015 se habían hurtado 1.445, y según sus proyecciones a lo largo de este año se hurtarán, en la capital vallecaucana, unos 5.000 automotores. (El Tiempo, 2016). Al ser Cali una de las ciudades preferidas para la operación de bandas dedicadas a estos delitos el

fiscal denunció que en Cali hay una situación que debe concentrar la atención de las autoridades y es que hay organizaciones de micro tráfico que están canjeando motocicletas y vehículos robados por droga (El País, 2016). Debido a la globalización y avance tecnológico en los últimos 5 años, se han implementado sistemas de seguridad y de alarmas para la protección de vehículos como lo fueron las alarmas convencionales, alarmas de código variable, sensores de proximidad y botones anti atracos a costos relativamente altos, los cuales han sido métodos poco eficientes debido a que las organizaciones delictivas han logrado cierta destreza para desactivar estos dispositivos anteriormente mencionados aumentando aún más las cifras de hurto en los últimos años. Debido a la situación presentada en la ciudad en el tema de seguridad vehicular, y hechos delictivos ¿Cómo implementar un sistema de seguridad basado en rastreo y localización de vehículos ante la problemática de los hurtos en la ciudad mediante equipos y servicios de fácil acceso y de bajo costo?

1.2. JUSTIFICACIÓN

Debido a que el hurto a vehículos en los últimos años es una actividad muy frecuente y de gran impacto económico en el país, según las cifras, tiende a crecer con los años por generar pérdidas millonarias a los usuarios por el vehículo como tal y los métodos para su seguridad como alarmas y bloqueos, las aseguradoras también se han visto perjudicadas ya que sus posibilidades de no cubrir estos siniestros disminuyen cada vez más, es por eso que los datos reflejan que solo más del 70% de los vehículos robados no son recuperados dejando así pérdidas millonarias para este tipo de mercado .

El estudio del monitoreo y localización por GNSS mediante la red de comunicaciones es relativamente nuevo en Colombia, pero está aumentando rápidamente, es por eso que se debe generar una solución que permita disminuir los índices de este delito mediante una aplicación que sea económica, de fácil acceso y eficiente para el rastreo y localización de los vehículos para combatir la inseguridad mediante un sistema de seguridad novedoso y de servicio completo, en el aspecto teórico es importante señalar que la geomática es una profesión multidisciplinaria y que gracias a que el objetivo de esta ciencia es el manejo, análisis y tratamiento de la información espacial puede articularse con otros campos también multidisciplinarios, en donde a partir de estas combinaciones se benefician este tipo de áreas, debido a que se presentaran nuevos problemas y en consecuencia se implementaran nuevas metodologías y nuevas investigaciones acerca de lo que se ha venido presentando y se presentará a lo largo del tiempo.

En el aspecto práctico es importante resaltar que la articulación de la geomática y lo relacionado con el internet de las cosas (IOT) está aportando a la resolución de problemas presentes en la sociedad en el ámbito de la seguridad, razón en la cual se demanda en la actualidad equipos y servicios que ayuden o aporten a este tipo de desarrollo tecnológico,

que al ser económico y de bajo costo beneficiara a la comunidad en general ya que podrán acceder a un sistema de seguridad funcional, eficiente y sobre todo innovador, como también beneficiará a las microempresas y empresas que se encuentren en crecimiento y demanden este tipo de información espacial mejorando así su logística y gestión de sus vehículos encargados de transportar y encaminar sus bienes hacia sus lugares de destino de una forma confiable y segura, instituciones gubernamentales como la policía nacional también serán beneficiarios en potencia ya que las cifras que describen y abordan el problema son muy altas cuando se habla de este tipo de delito, al implementar esta tecnología este tipo de instituciones aumentará u optimizara su tiempo de respuesta ante este tipo de hechos debido a que el sistema da esa oportunidad de localizar y representar espacialmente la información, y así este tipo de instituciones podrán mitigar, repeler y evitar este tipo de problemas que afecta a la sociedad entregando así estadísticas menos impactantes y en consecuencia mejorar y revolucionar su forma de operación y reacción ante estos siniestros.

En el aspecto metodológico cabe resaltar que los principales beneficiados serán las personas o empresas que decidan tomar el camino del rastreo y la localización así como los aprendices que por medio de trabajos y metodologías desarrolladas en este trabajo , despertaran interés en temas como los sistemas de información geográfica aplicados al monitoreo y rastreo satelital de los vehículos en tiempo real fortaleciendo, nutriendo y dando a conocer que al articular este tipo de campos del saber se pueden desarrollar infinidad de problemas de tipo espacial.

Debido a que este es un problema que afecta muchos sectores de la sociedad, se pueden establecer diferentes beneficiarios frente al servicio minimizando costos, tiempos e inseguridad como los siguientes:

- Aseguradoras
- Flotas de transporte tanto de carga como de pasajeros
- Propietarios de vehículos particulares y públicos
- Entidades gubernamentales como la Policía Nacional, entre otros.
- Será base para futuras investigaciones e innovaciones con este tipo de sistemas.

1.3. MARCO TEÓRICO

Para el desarrollo del presente proyecto es necesario consultar el estado del arte correspondiente a todas las tecnologías que se utilizarán, con el fin de tener una apreciación de la situación actual de las tecnologías a utilizar a partir de esto, Crossley y Markley (2010), aluden la importancia del uso de los sistemas de información geográfica (SIG) en la industria australiana por más de 20 años contribuyendo a la planificación de la cosecha de la caña de azúcar, se creó un aplicativo denominado AgData que consistía en una serie de

productos que en conjunto fue una herramienta poderosa para el monitoreo de los cultivos, el aplicativo consiste en una versión de escritorio que permite a los operadores capturar la base de la información sobre los avances de cultivo y cosecha, una aplicación a distancia que permite las operaciones a registrar en el campo donde se realizan, una interfaz web que permite la visualización de los datos en línea, todas estas plataformas mencionadas anteriormente son compatibles con AgData Interpolator que interpreta las zonas afectadas por una operación de rastreo de vehículos usando GPS y sistema de intercambio de datos que permiten el intercambio de datos seguro entre las organizaciones, este dispositivo también era controlado de cierta forma e informaba la posición real (latitud,longitud) y al mismo tiempo informaba los lugares donde se realizaba la cosecha, aquella información se mostraba en las diferentes plataformas de AgData donde se tenía la cartografía actualizada para visualizar la información.

Esta metodología aporta a la presente idea de una forma positiva, ya que evidencia la importancia de los sistemas de información geográfica (SIG), en el ámbito de la representación en tiempo real de la información espacial disponible en un entorno, así como también de muchas de las variables que inciden e interactúan con ella, de este proyecto se extrae esa idea de representar y visualizar la información geoespacial con SIG de una manera dinámica en la web con el fin de formar parte de la tendencia actual en el Internet de las cosas, específicamente en el ámbito de la geolocalización.

Posteriormente Zhigang Liu, Anqi Zhang y Shaojun Li (2013), demuestran que así como ha evolucionado la parte web, también lo ha hecho la parte de la electrónica y de las comunicaciones, desarrollando así una aplicación para plataformas Android con el fin de realizar monitoreo y rastreo en tiempo real en donde se visualizaba la información de una serie de sensores instalados en los vehículos con etiquetas RFID instaladas en las llaves del automotor y un lector dentro de este, al alejarse las llaves del vehículo se da la activación del sistema, es decir cuando el coche es manipulado estando las llaves lejos del vehículo, se activan los sensores infrarrojos detectando presencia humana identificando así que se está presenciando un robo, a partir de esto se activa el módulo GPS el cual captura las información correspondiente a la latitud y longitud, alternamente, se activa el escudo GSM que trabaja con la infraestructura de la red celular, y es el encargado de enviar la información consultada a los satélites por medio del GPS, la envía al móvil del usuario el cual posee una aplicación en Android capaz de visualizar en un mapa de Google Maps, la aplicación también tiene la capacidad de controlar cierto funcionamiento del coche como el apagado del vehículo entre otros. Este proyecto ha aportado de forma óptima al actual debido a que se ha explorado abiertamente utilizar un escudo GSM y GPS para desarrollar un aplicativo que permita el monitoreo y rastreo en tiempo real.

Debido al avance significativo que ha tenido la electrónica digital con la implementación de hardware libre, Sergio Andrés Valverde Vega (2014), implementó un monitoreo vehicular mediante módulos GPS y GPRS controlados por la tarjeta microcontrolada Intel Galileo por

puerto serial, donde con la comunicación entre el módulo GPRS SIM900 y el microcontrolador Galileo es por medio de comandos AT donde se le dice las órdenes para activar el sensor del módulo GPS que funciona por medio de un pin llamado FIX donde el LED según su frecuencia de luz dice su estado si es estable o no de acuerdo a un lapso de tiempo para su orientación con los satélites para la recepción de las coordenadas, para luego en el microcontrolador se lee estos datos y se programa de acuerdo a la forma de separarlos, para luego enviarlos por medio del servicio GPRS del módulo que se conecta a internet por medio de la operación HTTP al servidor por medio de la URL de una página creada con todos los requerimientos necesarios previamente para mostrar de forma espacial la ubicación del prototipo con las variables que se quieren visualizar.

El diseña una pequeña caja para tener el prototipo con los módulos y microcontrolador utilizado, para hacer dos pruebas principales, la estática para obtener la precisión del equipo y la otra es en movimiento para evaluar su funcionamiento en tiempo real y visualizar en google maps, haciendo en su caso la comparación de posición con un celular iPhone 5s teniendo una toma simultanea de datos después de un tiempo mientras se estabilizan las mediciones de las lecturas, aunque fueron solo 5 siendo muy pocas a consideración. De esta propuesta se adapta a las necesidades propias la utilización del sensor de posicionamiento como lo es el GPS ya junto con el módulo GSM GPRS SIM808 usado para la obtención de las coordenadas y con el lenguaje C++ para programar el proceso para las variables a utilizar, además de utilizar los comandos AT para enviar los datos a un servidor y de esa forma en una página web creada para visualizar información espacial con base a los datos de la ubicación del equipo con su prototipo diseñado, siendo necesarias las mismas pruebas realizadas del autor como lo son en estado estático y en movimiento del vehículo teniendo en cuenta la precisión que se pueda lograr obtener.

Actualmente, una de las tendencias en todo este nuevo mundo del internet de las cosas es la geolocalización por ello , Morales et al (2015), desarrollaron una aplicación basada en la geo informática con funciones para capturar, visualizar, procesar y transferir información geográficamente referenciada del transporte mediante dispositivos móviles, como una herramienta que permita el aprovechamiento de las tendencias en cuanto al desarrollo de aplicaciones de tipo geográfico en México, el software o soporte programático en el que se llevaron a cabo las tareas principales en cuestión de desarrollo de la aplicación fue la plataforma Eclipse, en la cual se configuraron las herramientas para desarrollador de Android (ADT, Android Developer Tools). Se requirió la instalación tanto el SDK (Software Development Kit) de Android como del Java SE Development Kit (JDK). En cuestión de software para bases de datos, se utilizó SQLite para crear la base de datos en la que se almacenan los datos en el dispositivo móvil. Para el caso del servidor se implementó el software MySQL. Mediante las herramientas de software señaladas, se diseñó y se llevó a cabo el desarrollo de una aplicación para dispositivos móviles con sistema operativo Android, la cual permite realizar el registro georreferenciado de infraestructura de transporte como puede ser un tramo de carretera, un puente, una marca de kilómetro o un banco de

material. Una vez que se registran los datos, estos pueden ser transferidos a un servidor en Internet donde se almacenan en una base de datos desde la cual es posible consultarlos y visualizarlos utilizando un visor de la aplicación Google Earth.

Esta metodología aporta a la presente investigación de manera optimista, debido a que muestra e informa que el flujo de datos por la web es cada vez mayor y a raíz de eso se demanda nuevas aplicaciones de internet basadas en la geolocalización y la geo informática, esta vez desde cada móvil del usuario, es decir que está empezando a generarse una gran demanda del consumo de información geográfica a través de dispositivos móviles, y gracias a esta nueva tecnología de Smartphone que contienen diversos sensores incorporados como lo son el sistema de posicionamiento global (GPS), sistema de navegaciones inerciales (INS), WIFI, Bluethoth entre otros, ayudan a que el usuario contribuya con la información geográfica a la web es decir cada terminal de usuario se convierte en un instrumento para levantar y recolectar la información a un sitio web donde se accede libremente, teniendo así la representación del mundo real y en tiempo real de los sucesos y variables que inciden en el territorio.

Cuando se habla de variables que inciden en el territorio, no sólo se refiere a la elaboración de cartografía o representación de ubicaciones espaciales por medio de coordenadas , si no también de variables físicas que inciden en el terreno, como lo es la temperatura, la precipitación, presión entre otras variables, por ello, la investigación realizada por Velásquez Quintero Sebastián (2015), lleva a cabo la instalación de Estación Ambiental-Captura Y Transmisión De Datos donde se utiliza para una área específica en donde ubicaran un total de 5 estaciones donde las variables a tener en cuenta como información son CO (Monóxido de Carbono), CO₂ (Dióxido de Carbono) y la temperatura en donde durante un periodo de tiempo de toma de datos generan un reporte con el promedio de estos; para su desarrollo emplearon el uso de componentes como los tres sensores necesarios para cada variable (MQ7, K30 y LM35 respectivamente) en cada base, al igual un microcontrolador Arduino Leonardo, un módulo de comunicación GSM/GPRS Shield V2 y una estación central como lo es la Raspberry PI 2 en la cual por sus características le instalan un sistema operativo esta vez Linux y servidor web como apache web server, al igual que PHP, administrador de BD como MySQL para que todo eso lo puedan subir integrar junto a un portal web para visualizar la información tomada en la zona, mediante los comandos AT para la comunicación con los Arduino para las ordenes que tendrán que hacer los sensores y conectar a la Raspberry que es la central de todos, donde se almacenará, procesará y enviará al servidor por medio de métodos HTTP, además utilizaron baterías LI-ON 12V recargables para cada dispositivo y la programación de los códigos a ejecutar son claves para los resultados.

Esta metodología aporta a la técnica de este trabajo ajustándose con la parte del uso del microcontrolador y su forma de programar las ordenes y de comunicarse con el modulo para la recepción de los datos, además de su conexión a un servidor y su representación

por medio de un portal web que debe evidenciar e interactuar con el cliente frente a la información a suministrar.

Al día de hoy la programación se ha vuelto una herramienta de vital importancia para el día a día debido a que muchos procesos de la vida cotidiana están revolucionándose de forma masiva y muchas actividades realizadas por manos humanas, están siendo reemplazados por dispositivos que a base de robótica, integración de sensores entre otras tecnologías realizan estas actividades, Ahmed Imteaj et al. (2016), diseñaron un sistema de suministro de agua automático en tierras de cultivo, en el cual utilizaron un microcontrolador Raspberry pi 3, microcontroladores Arduino, un módulo Wi-Fi, módulo GSM SIM808, tarjetas de relé, bomba de agua y sensores de humedad del suelo, nivel de agua y de luz del día, para enviar sus datos a los microcontroladores Arduino que junto al escudo GSM el cual cuenta con la ranura de tarjeta SIM, donde por medio de servicio GSM se comunican por SMS, y GPRS puede conectarse a internet en este caso de WI-FI para enviar las mediciones mediante IP para que las capture la Raspberry pi, en donde además de revisar los datos de cada Arduino llega la notificación del sensor del depósito de agua para poder abrir las compuertas para el paso de agua y abastecer a las plantas y si no es suficiente la cantidad de agua para el proceso a través de SMS el microcontrolador Raspberry Pi avisa al administrador del estado insuficiente del tanque repitiendo el mensaje una hora después para cumplir con el correcto funcionamiento y abastecimiento del cultivo.

Ellos tienen unos niveles específicos para condicionar los sensores y secuencia de parámetros para los diferentes resultados posibles pero la determinación precisa para las decisiones del momento adecuado de realizar el riego de agua o alertar al propietario de un estado insuficiente para la conservación del cultivo. En este sistema eficiente implementado por los autores, se aplica a este caso el uso de un microcontrolador Arduino junto con el módulo GSM/GPRS SIM808 que será el encargado de enviar los datos obtenidos por el GPS que corresponde al sensor de posicionamiento, por internet a un servidor por servicio GPRS para el manejo de la base de datos y GSM para notificar por SMS al cliente de la ubicación del vehículo.

En el desarrollo que ejecutan Domínguez Veliz Cristóbal y Mora García María Fernanda (2016) frente a un sistema integral para la reconfiguración dinámica de los tiempos entre paradas de una ruta predefinida de transporte público en Ecuador manejan la localización de los buses para establecer tiempos de espera a los usuarios, información de las rutas y paradas, ellos implementaron un sistema en el cual integraron el microcontrolador Arduino el cual por medio de códigos de programación envía las ordenes a un módulo de comunicación GSM/GPRS SIM808 que con el sensor de GPS obtiene las coordenadas de su ubicación cada periodo de tiempo, para abastecer estos dos dispositivos utilizan una fuente de voltaje de 9V recargable. Una vez se obtenían las lecturas se extraen la latitud, longitud y velocidad de la trama de datos que arroja el GPS para mandarlo por medio del servicio GPRS a un servidor por medio de comandos AT y el servicio HTTP donde se

almacena en la base de datos establecida para manejar la información espacial con algoritmos para las consultas que realizan los usuarios tanto en portal web para poder visualizar como en las pantallas LCD que se encuentran en cada parada con el tiempo de parada, es necesario decir que el administrador es el principal responsable con el correcto funcionamiento del sistema pues el estado de cada vehículo será vital para su eficiente uso. Con referencia a esta implementación lo que se adaptaría al sistema de rastreo propio sería el uso de el mismo microcontrolador y módulo GSM-GPRS, además del mismo mecanismo de batería en este caso como reserva en caso de fallo de la fuente principal, para su alimentación y funcionamiento, la extracción de las variables que serían 10 en total de la trama de datos del GPS, su procesamiento y envío de los datos por servicio HTTP para el envío de los mismos al servidor con la Base de datos y poder mostrar en un portal web la información espacial en este caso del vehículo.

Las redes móviles fue uno de los avances tecnológicos más importantes en la historia del ser humano. La capacidad de establecer una llamada a través de dos terminales sin ninguna conexión, aparentemente, entre ellos era inconcebible hace un tiempo, Lucero (2016), resalta la importancia de la infraestructura de la red de tecnologías móviles GSM-GPRS en un proyecto donde se innovó la forma de monitorear y controlar los niveles de agua de una locomotora a vapor que mueve un tren de transporte de pasajeros que conduce el trayecto de Ibarra a Otalvo en la república de Ecuador. El principal problema radica en que cada vez que se va a realizar un viaje en ferrocarril es importante revisar los niveles de agua de la locomotora antes de salir del origen y al llegar al destino, no obstante durante el recorrido por lo general los operarios suelen revisar manualmente el nivel de agua en el tanque siendo este un procedimiento riesgoso al estar la locomotora en movimiento, lo que puede provocar que los operarios sufran accidentes en caso de que la locomotora frenara por algún problema en la vía. Para dar solución a este problema se creó un dispositivo con Arduino y con el modulo SIM 900 se conectaron los sensores correspondientes a capturar la variación del nivel de agua, aquí se utilizaron sensores de nivel de conductivo, fotoeléctrico y de ultrasonido, así mismo se desarrolló un portal web para visualizar la información en tiempo real donde se pudiera acceder remotamente desde cualquier lugar con la opción de generar alertas.

Este proyecto aporta significativamente a esta idea ya que se puede observar la importancia de los escudos o shields que utilizan la infraestructura de las tecnologías móviles para enviar información en tiempo real del estado de un sensor, aparte de que se resalta la importancia de la publicación de los datos en la web con el auge del internet de las cosas con el fin de tener información precisa en tiempo real a cualquier hora y en cualquier momento.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

Implementar un sistema de seguridad basado en rastreo y localización de vehículos mediante el uso de un sensor GNSS conectado a internet monitoreado en una aplicación geográfica, de fácil acceso y bajo costo.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Adaptar un sensor de tipo GNSS a un sistema de información geográfico (SIG) para llevar a cabo el rastreo de vehículo mediante conexión a internet.
- Desarrollar un aplicativo web geográfico para la gestión de localización, rastreo y seguridad de vehículos.
- Validar los datos, resultado de las observaciones realizadas en las pruebas de monitoreo y de rastreo.

2. METODOLOGÍA

A continuación, se describe la metodología a llevar a cabo para el cumplimiento de los objetivos y demás productos propuestos inicialmente,

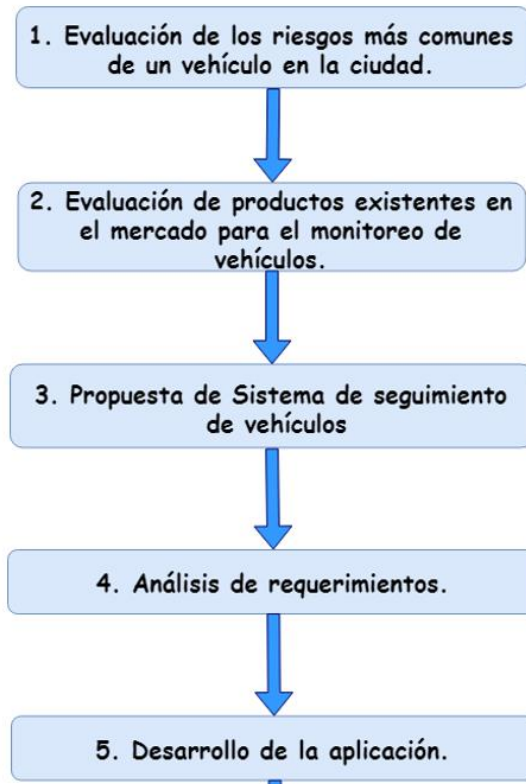


Figura 1 Esquema metodológico a desarrollar.

Fuente: Propia

2.1. EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS MÁS COMUNES DE UN VEHÍCULO EN LA CIUDAD.

Se realiza la evaluación de los riesgos más comunes que afectan directamente o indirectamente los vehículos en la ciudad, con el fin de diseñar y pensar en una aplicación de fácil acceso y bajo costo que satisfaga la necesidad de seguridad vehicular en la región.

2.2. EVALUACIÓN DE PRODUCTOS EXISTENTES EN EL MERCADO PARA EL MONITOREO DE VEHÍCULOS.

Se realiza una revisión general de los dispositivos que actualmente se encuentran en el mercado con el fin de evaluar el actual mercado y capacidad técnica de los equipos homólogos.

2.3. PROPUESTA DE SISTEMA DE SEGUIMIENTO DE VEHÍCULOS

Se establece realizar una propuesta para desarrollar un sistema de rastreo para localizar vehículos en tiempo real, novedoso e innovador ante los equipos y servicios que se encuentran actualmente en el mercado.

2.4. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS

2.4.1. Análisis de Requerimientos del Dispositivo.

Se realiza el proceso de establecer los elementos y las funciones importantes a tener en cuenta para el desarrollo del dispositivo.

2.4.2. Análisis de Requerimientos del Sistema de información Geográfica (SIG).

Se realiza el proceso de establecer los elementos necesarios e importantes a tener en cuenta para la implementación del SIG.

✓ ***Fuente de los Datos.***

Se establece determinar de dónde provienen los datos tanto espaciales como no espaciales a mostrar en la aplicación.

✓ ***Variables del Sistema.***

Se establecen las entidades tanto espaciales como alfanuméricas para representar en el sistema de información geográfica.

✓ ***Requerimientos.***

Este es el punto de partida, una mirada sistemática a la manera en que se producen los fenómenos en los que se centra la aplicación, a los datos tanto espaciales como no espaciales, necesarios para modelar dichos fenómenos y desarrollar la aplicación.

✓ ***Funciones del Sistema.***

Para la comprensión del sistema se listan todas las funciones, acompañadas del atributo y el tipo de la función; (evidente, oculto, implícito, obligatorio y opcional), para cada parte de la página, de la base de datos, del registro de usuario y de la aplicación.

2.5. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN

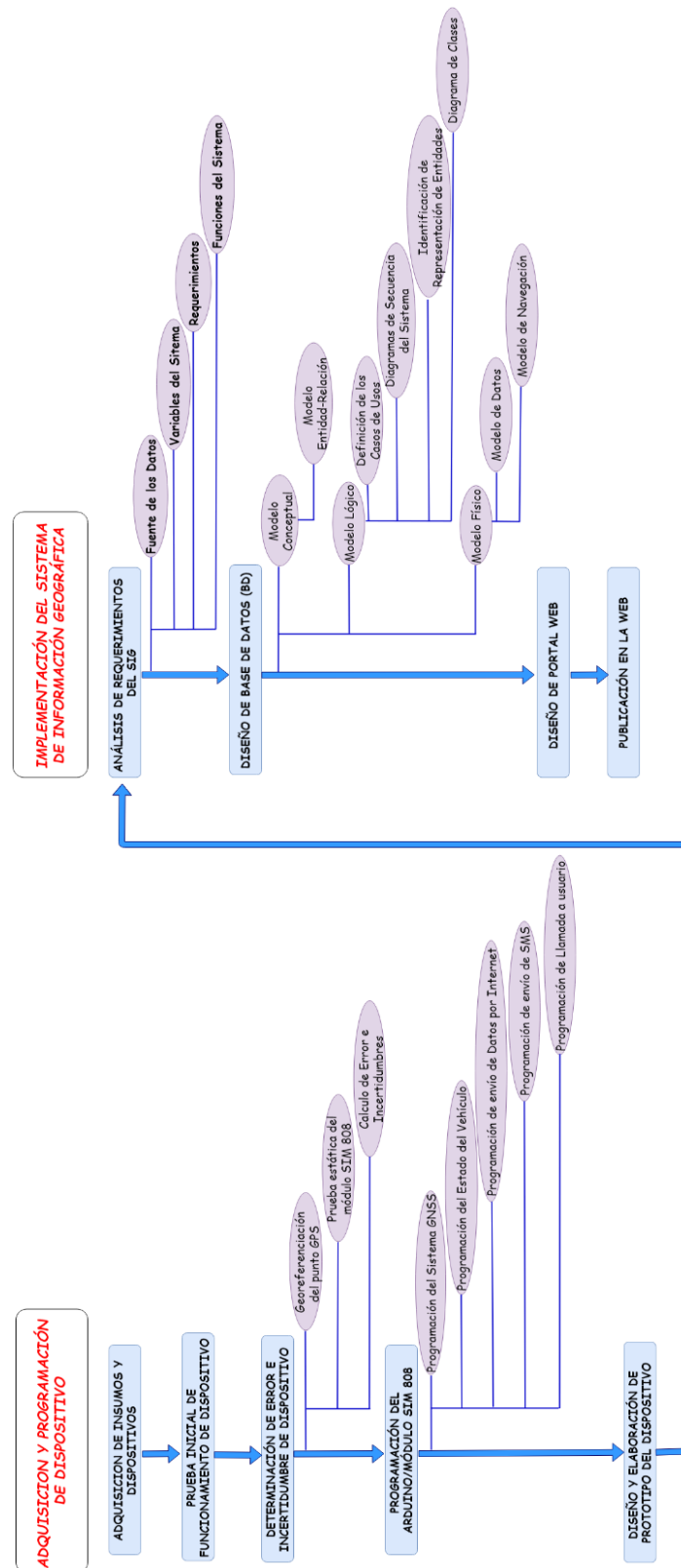


Figura 2 Metodología a implementar en el desarrollo de la aplicación. Fuente: Propia

2.5.1. Adquisición y Programación del Dispositivo

2.5.1.1. Adquisición de insumos y dispositivos.

Se establecen y obtienen los materiales necesarios para iniciar el proceso de elaboración del dispositivo de rastreo.

2.5.1.2. Prueba inicial de funcionamiento de dispositivo.

Se realiza una prueba del funcionamiento del equipo a utilizar y revisar parámetros y características del mismo.

2.5.1.3. Determinación de error e incertidumbres de dispositivo.

Se llevan a cabo cuatro actividades que permiten llegar a conocer la precisión del dispositivo de rastreo

✓ Georreferenciación de punto GPS

Se establece posicionar un punto GPS de alta precisión como punto de control, en las pruebas a realizar y así determinar los errores e incertidumbres asociados al equipo de rastreo.

✓ Prueba estática del dispositivo Arduino/SIM 808

Se establece dejar observar el GPS mono-frecuencia del módulo Arduino/SIM 808 por un tiempo aproximado de 7 horas con el fin de tener una gran cantidad de datos para realizar los análisis estadísticos correspondientes.

✓ Calculo de Errores

Se realiza un procedimiento experimental con el fin de obtener una diferencia entre el valor real y el valor medido.

✓ Calculo de Incertidumbres.

Se establece calcular la incertidumbre asociada al equipo dependiendo de si el valor de la magnitud se observa directa o indirectamente.

2.5.1.4. Programación del Arduino/Módulo SIM 808.

El proceso establecido para realizar las funciones que permiten el correcto trabajo del sistema de rastreo a utilizar en los vehículos.

✓ Programación del Sistema GNSS.

Se establecen el algoritmo y el paso a paso necesario para controlar, manejar y adaptar correctamente el sistema de posicionamiento global a una aplicación de rastreo y monitoreo.

✓ **Programación del estado del vehículo.**

Se establece el algoritmo y el paso a paso necesario para controlar y manejar el estado del vehículo con una función booleana siendo verdadero que el estado del vehículo es movimiento y siendo falso que el estado del vehículo es estático, todo esto controlado por el estado de las variables del sistema de posicionamiento global (latitud, longitud, velocidad).

✓ **Programación del envío de datos por internet.**

Se establece el algoritmo y paso a paso necesario para el envío de datos por Internet utilizando la infraestructura de comunicación de la red 4G de Claro-Colombia disponible.

✓ **Programación del envío de datos por mensajes de texto (SMS).**

Se establece el algoritmo y paso a paso necesario para el envío de datos por mensajes de texto (SMS), utilizando la infraestructura de comunicación de la red 4G de Claro-Colombia disponible

✓ **Programación de llamada por voz a usuario en base a botón de alerta.**

Se establecen dos pequeñas funciones para ejecutar esta tarea, la primera es cambiar el estado de una variable mediante un pulsador y la segunda es que dependiendo del valor de esa variable se le realiza una llamada perdida al teléfono móvil del usuario con el fin de informarlo y alertarlo.

2.5.1.5. Diseño y elaboración de prototipo del dispositivo.

Se realiza la construcción de un modelo base para la protección y acondicionamiento del dispositivo al vehículo al cual se instale.

2.5.2. Implementación del Sistema de Información Geográfica

2.5.2.1. Diseño BD.

Se llevan a cabo las fases fundamentales en el proceso de implementación del SIG como lo son:

✓ **Modelo Conceptual**

El modelo conceptual representa en mejor forma la caracterización de los elementos del mundo real cuando se almacenan en la base de datos por lo cual se aplica en el modelado.

• **Modelo Entidad – Relación**

Se establece un diagrama entidad-relación, también conocido como modelo entidad relación o ERD, es un tipo de diagrama de flujo que ilustra cómo las "entidades", como personas, objetos o conceptos, se relacionan entre sí dentro del sistema.

✓ **Modelo Lógico**

Se establece una mejor representación del modelo conceptual y relación con la base de datos, la realización de los casos de uso, diagramas de secuencia y diagramas de clase teniendo una mejor interpretación del funcionamiento de la aplicación.

- **Definición de los casos de uso.**

Se establece una descripción de la secuencia de interacciones que se producen entre un actor y el sistema, cuando el actor usa el sistema para llevar a cabo una tarea específica.

- **Diagrama de Secuencias del Sistema.**

Los diagramas de secuencia son los encargados de investigar en la fase de análisis el comportamiento del sistema. En estos diagramas se hace una descripción de lo que se hace sin explicar la manera en que lo hace.

- **Identificación de Representación de Entidades.**

Se establece identificar las entidades y su representación geométrica, ya que es parte fundamental para el desarrollo de un sistema de información geográfica

- **Diagrama de Clases del Diseño.**

El objetivo principal del diseño del sistema de información geográfica es modelar todas las necesidades obtenidas en el análisis de requerimientos realizado en el proyecto.

✓ **Modelo Físico**

Se establece el diseño físico de la base de datos que consiste en traducir el modelo lógico al lenguaje de la base de datos utilizando el sistema gestor postgres SQL con su extensión espacial postgis

- **Modelo de Datos del Sistema.**

Se establece un lenguaje a hablar de la base de datos donde se describirá los tipos de los datos que hay en ella y la forma en que se relacionan.

- **Modelo de Navegación.**

Al realizarse un sistema de información orientado a la web se busca que sea amigable con el usuario, necesariamente debe tener una interfaz gráfica que permita la interacción del SIG con el usuario.

- **Hardware y Software.**

Se establecen los programas y lenguajes de programación a utilizar durante la ejecución del proyecto.

2.5.2.2. Diseño de portal web.

Se definen las opciones que se ofrecerán al usuario en el portal web, funcionalidades y programación necesaria para el funcionamiento como servicio del sistema de rastreo.

2.5.2.3. Publicación en la Web

Se establece realizar la carga de los archivos correspondientes a la ejecución de la aplicación en el servidor ya sea por acceso ftp o directamente en el equipo que administra el servidor para que esta puede ser accedida desde la web.

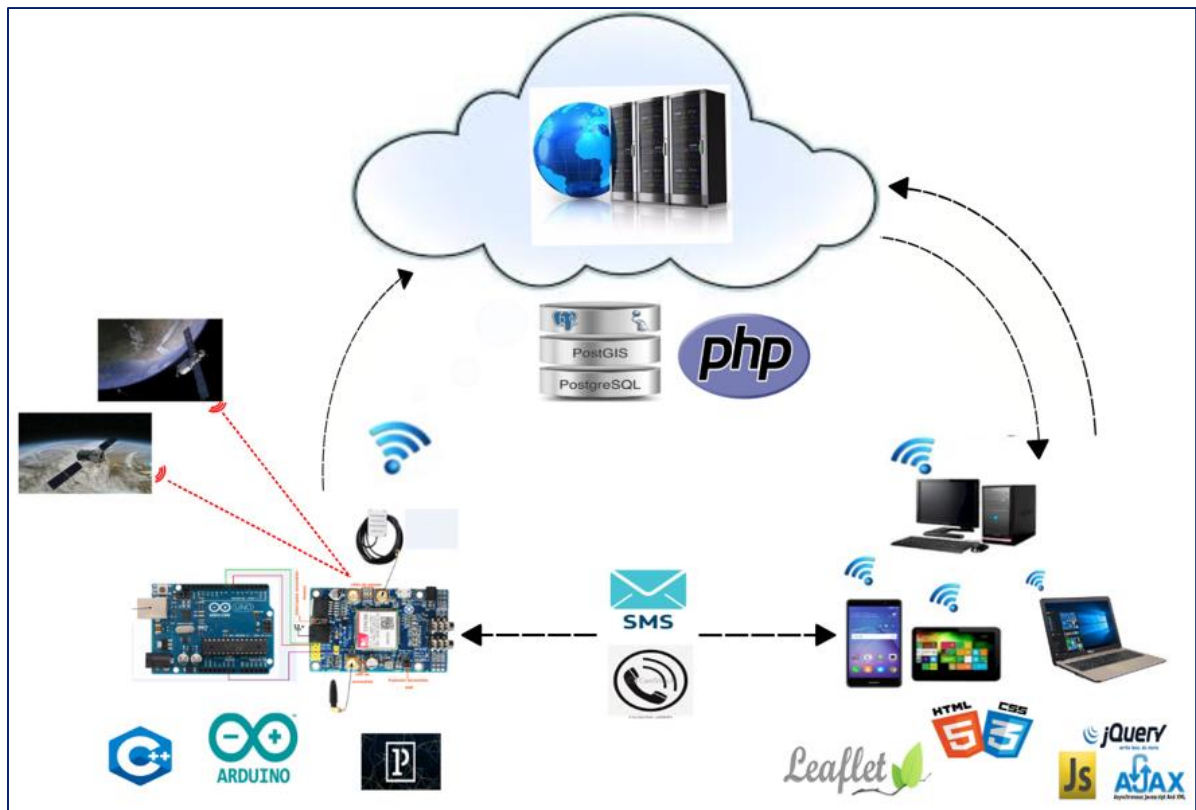


Figura 3 Representación Gráfica Del Flujo de Información De La Aplicación. Fuente: Propia

3. DESARROLLO DEL PROYECTO.

3.1. EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS MÁS COMUNES DE UN VEHÍCULO EN LA CIUDAD.

En los últimos cinco años en Colombia se han denunciado como hurtados 44.490 automotores (art. 239 del Código Penal Colombiano –Ley 599 de 2000–); por este delito se han capturado en el país, en estos años, 3.783 personas, y por receptación, 13.259 (vid. tabla 1); además, se han recuperado por la Policía un total de 34.272 automotores (1.267 de otros países).

Asimismo, se han identificado algunas características, para el 2012 el 30% de los vehículos hurtados fueron de marca Chevrolet, y la línea Spark la más recurrente; el 16% eran de marca Mazda, y la línea 323 la más frecuente; el 12% Renault, y la línea Renault 9 la de mayor hurto. Estas tres marcas concentran el 58% de los hurtos de automotores en Colombia.

Con el propósito de avanzar en la comprensión del fenómeno de hurto de automotores se realiza una revisión sistemática de diferentes estudios criminológicos, de corte nacional e internacional, para identificar los principales hallazgos de cada uno y seleccionar las variables con mayor significancia en la crimino génesis y crimino dinámica del delito.

Modalidades de hurto más recurrentes descritas desde los victimarios

Según el artículo publicado por la policía nacional de Colombia “hurto de automotores y estrategias contra el delito: una mirada desde la academia, el victimario y la policía” aquí se describen las modalidades más descritas desde los victimarios

“Quieto” (atraco): con el uso de amenazas se obliga al conductor a abandonar el vehículo; esta denominación proviene de la frase de “quédese quieto y bájese”, o similares, que son típicas en esta modalidad.

“Bajonazo” o intimidación (atraco): frecuente en vehículos de servicio público (taxis), puesto que se lleva al conductor hasta un sitio aislado o periférico y se le obliga con amenazas a bajarse del vehículo.

Halado: se realiza cuando el carro está sin pasajeros, parqueado en bahías o en la calle; mediante distintas técnicas (algunas de las cuales se describen en el escrito) los delincuentes se llevan el automóvil.

“Estuche o pluma” (llave maestra): el carro se abre y enciende con una pluma (llaves hechizas elaboradas con seguetas, destornilladores o de carbón).

Entrega o de confianza: se da por descuido de los conductores, cuando abandonan el auto dejando las puertas abiertas y el carro encendido o con las llaves puestas. Esta situación es aprovechada para abordar el vehículo y huir con él.

“El taco”: se usa un martillo o taco para romper el encendido del carro, el cual se enciende haciendo ignición con los cables.

Con bujía: se emplea una bujía húmeda (los delincuentes la ponen en su boca para humedecerla) y se lanza contra un vidrio para fragmentarlo.

Autorobo o asegurado: cuando una persona quiere deshacerse del vehículo (por lo general para cobrar un seguro) y contacta a los delincuentes para planear el hurto del carro con la complicidad del propietario. Hay un acuerdo de dinero que paga el propietario a los delincuentes, y acuerdan realizar la denuncia brindando a los delincuentes el tiempo suficiente para ocultar, vender o despiezar el auto.

De control (suplantación de autoridad): en esta modalidad los delincuentes emplean distintivos o disfraces de la autoridad para engañar a víctimas fingiendo un retén o requisa, invitándolos a abandonar el automóvil y aprovechando para huir con él.

Inicio: en esta modalidad se tiene un mayor trabajo previo, se ubica el vehículo que se va a hurtar y se busca la complicidad de vigilantes o encargados de la seguridad del vehículo. También se da por complicidad de lavaderos y parqueaderos donde los propietarios dejan las llaves de los carros, y los delincuentes pagan por las copias de las llaves para luego hurtar los vehículos, se pagan entre \$500.000 y \$1.000.000 por cada llave copiada.

“Tomasiado o tomasera” (uso de sustancias psicoactivas): es la modalidad más común en las zonas de entretenimiento nocturno (bares o restaurantes). Una persona se gana la confianza del propietario del vehículo (por lo general son mujeres atractivas) y le proporciona alguna sustancia psicoactiva (escopolamina o ativan), para incapacitarlo con el propósito de hurtar el vehículo y otras pertenencias.

“Choque” (atraco): se usa un carro antiguo o hurtado para golpear por detrás un automóvil; cuando el conductor baja a mirar lo sucedido, otro integrante del grupo se sube al vehículo y huye.

“Lujos” (hurto autopartes): con el carro estacionado o en movimiento, se hurtan los accesorios o partes de lujo del carro, es decir, espejos, antenas, tapas de llantas, radios, entre otros.

“Creación de empresa fachada” (estafa): creación legal de una empresa dedicada a la comercialización de vehículos, que inicia un proceso formal de compra y venta con los

propietarios de automotores. Luego de pagar un pequeño monto de dinero al propietario, se tramitan los documentos para la entrega a un nuevo acreedor de buena fe. Finalmente, el vehículo es vendido por la empresa y nunca se le paga al propietario contactado el dinero convenido en la promesa de compraventa.

Por otro lado, a pesar de no ser modalidades de hurto, existen procesos asociados al fenómeno y destacados por los delincuentes como:

“Martilleo”: se borran los seriales e identificaciones del auto y se usa una placa o molde para “martillar” nuevas marcas en el vehículo.

“Picar”: hace referencia al despiece o desguace de los carros hurtados.

“Darle vida al auto” (falsedad en documento y falsedad marcaria): creación de los documentos legales de un vehículo (matrícula, registro de importación, pago de impuestos, placas, entre otros), con la complicidad de funcionarios públicos encargados de estos trámites administrativos.

“Gemeleo” (falsedad en documento y falsedad marcaria): es la adaptación física (chasis, placas, color, entre otros) de un vehículo hurtado a un vehículo que se encuentra transitando en el mercado.

Riesgos más comunes que facilitan el hurto de los vehículos.

Rentabilidad.

Es la principal fuente de beneficios que toma en cuenta el delincuente en su ponderación de costos - beneficios que lo lleva a cometer el delito. Uno de los aspectos más importantes en esta variable es la existencia de ventas de autos usados y de repuestos, ante una política de precios de los fabricantes que resulta demasiado costosa para los compradores, de modo tal que en la búsqueda de economía acuden a expendedores no autorizados.

Tecnología.

La tecnología puede convertirse en un factor de seguridad al implementarse medidas antirrobo en los automóviles, o en el uso de tecnologías para ofrecer medidas de seguridad externas al vehículo. Pero, por otra parte, los desarrollos tecnológicos son aprovechados por los delincuentes para obtener mayores rentabilidades de esta actividad.

Según el artículo publicado por la policía, en las entrevistas se pudo comprobar la doble acción de la tecnología: en todos los casos los condenados hicieron referencia a los artefactos y sistemas tecnológicos que podían obstaculizar el hurto, como alarmas, encendidos electrónicos, LoJack, Chevystar y GPS. Por otra parte, algunos entrevistados se dedicaban de manera exclusiva a la creación de software y otras tecnologías que

permiten violar sistemas de seguridad electrónicos, la creación de un software y escáner que ubica el chip del GPS en los carros y lo desactiva enviando un virus al sistema por bluetooth.

Otro de los hallazgos en este factor es la complicidad y corrupción en los concesionarios, ya que a pesar del esfuerzo realizado por las casas matrices para crear nuevos y sofisticados sistemas de seguridad, las organizaciones delincuenciales infiltran o sobornan a trabajadores de estas compañías para obtener los planos de los automóviles, ubicación de los dispositivos de seguridad, tecnología empleada, entre otra información, que les permite idear estrategias o nuevas tecnologías que faciliten la perpetración del hurto.

Facilidad de legalización.

El tercer factor de incidencia en el hurto a automotores es la posibilidad de legalizar los vehículos robados o sus partes. En Colombia hay diversas modalidades para la legalización de los vehículos robados y sus partes, hay una fuente legal aprovechada por los comercializadores de piezas hurtadas para encubrir su actividad; en el caso específico de Colombia se señala: Una fuente de autos usados, que son despiezados después, y reciben el nombre de salvamentos. Son autos que se venden por lotes en las compañías aseguradoras, mediante subasta o remate, luego de haber sido objeto de daños o hurtos, que permitieron a sus dueños originales cobrar la póliza adquirida con antelación con una de las aseguradoras. El remate es legal. Los lotes de salvamentos son revendidos una o dos veces más, hasta que alguien en la cadena de transacciones despieza los vehículos, y las partes son distribuidas entre diferentes negocios del comercio de autopartes. En cada transacción se emplean facturas y una copia del acta de remate original, con la relación de los autos que salieron de la aseguradora.

Nivel organizativo de los delincuentes.

El hurto de vehículos exige un alto nivel organizativo de los delincuentes. Aunque algunas modalidades requieren una mayor organización respecto a otras, en la literatura se ha destacado el hurto de automotores como una de las principales actividades del crimen organizado.

1. El autor material, que hurta el vehículo 2. Los mecánicos, encargados de reacondicionar el vehículo y a veces cambiarle los sistemas de identificación para darle una nueva identidad. También se encargan de desarmar el auto 3. El receptor, la persona que recibe el vehículo y se lo pasa a un comercializador, quien vende el vehículo o sus partes, 4. El financiador, quien provee el dinero para toda la operación, 5. El jefe de la organización, muchas veces es el mismo financiador, quien es el autor intelectual o la cabeza de la organización. Es la persona más oculta de todo el proceso.

Seguridad.

Este aspecto afecta la disposición de guardianes eficaces (incluyendo sistemas electrónicos o elementos de la infraestructura), que determinan la oportunidad de cometer el delito.

Puede hacer referencia tanto a agentes externos (policías, cámaras de seguridad, barreras físicas en parqueaderos) como a factores propios del objetivo, es decir, del automóvil, razón por la cual se identifican dos componentes en la seguridad, que denominaremos exógena y endógena, en los cuales, dependiendo del tipo de seguridad, aumenta el nivel de especialización del delincuente para la comisión del hurto o facilita el delito.

La seguridad exógena (externa) incluye elementos que forman parte del entorno (cámaras de vigilancia, presencia de funcionarios de Policía, control de acceso y salida de parqueaderos, entre otros); estos factores son responsabilidad, principalmente, del gobierno y de los organismos de seguridad, y pueden disuadir a los delincuentes de la comisión del delito dada la posibilidad de ser identificados, capturados, e incluso por la dificultad asociada al hurto; además, este tipo de seguridad está estrechamente relacionada con el lugar donde se comete el delito.

Sobre los factores propios del objetivo –seguridad endógena o interna–, se señala la corresponsabilidad de las fábricas y marcas de vehículos en el diseño de carros con más dispositivos de seguridad. La responsabilidad social de estas empresas debe incluir la fabricación de autos con medidas de seguridad tendientes a reducir tres aspectos principales: posibilidad de irrumpir o ingresar en el auto, probabilidad de conducirlo (especialmente de arrancar el automóvil) y posibilidad de desarmarlo (factor que permite la venta de las piezas de los carros).

Vigilancia Informal.

Es ejercida por personas que tienen una presencia en la comunidad, pueden ser residentes de la zona, vigilantes informales (barriales, residenciales, comerciales), dueños de tiendas, locales, compradores o peatones, entre otros. Los observadores son una parte importante del escenario de un crimen, ya que pueden ser considerados dentro de la categoría de “guardianes capaces”, lo cual se demuestra que encuentran la vigilancia informal ejercida por los peatones como un factor importante en la reducción de los robos de autos y crímenes relacionados.

Nodos de Actividad.

Son lugares con múltiples funciones (educativas, culturales, económicas-comerciales, sociales, etc.), que generan un uso intensivo tanto de actividades legales como ilegales, hecho que desencadena un alto nivel de atracción para los delincuentes que pasan su día en esa locación, buscando objetivos vulnerables para el delito y enfocando su actividad criminal allí. Estos nodos de actividad sitúan a los individuos dedicados a labores legales en un enorme riesgo de victimización, con respecto a quienes no frecuentan la zona. Los nodos de actividad tienden a configurarse como hotspots o áreas crimípetas, y hacen referencia a los rasgos estructurales de un lugar que facilitan la ocurrencia del delito; incluyen características culturales, demográficas, sociales y urbanísticas, entre otras.

Conducta espacial.

Es una de las variables con mayor desarrollo en la literatura académica sobre el hurto de vehículos. Las características del lugar ayudan al criminal a determinar un buen objetivo, la posibilidad de que el delito pase inadvertido y si hay vías de escape; por lo tanto, en esta variable la experiencia desempeña un papel importante, dado que proporciona al delincuente un mapa mental de lugares conocidos y sus vías de escape. Diversos estudios señalan que, desde una perspectiva criminal, mayores distancias significan más esfuerzo necesario, más tiempo requerido y un mayor riesgo de captura, además de la posibilidad de adentrarse en un área que no le es familiar, donde las rutas de escape y los patrones de conducta de los habitantes y la Policía no son conocidos. La distancia entre las locaciones del robo y aquellas donde se abandonan los autos provee una información consistente y distintiva de dicha conducta.

Penalidad.

La penalidad tiene gran influencia en la estimación de costos que realizan los delincuentes en su proceso de toma de decisión. Desde un punto de vista genérico, el marco legal influye en el hurto, al significar mayores o menores costos en caso de ser capturado. El sistema penal y el accionar del poder judicial son considerados costos para los delincuentes y, por lo tanto, constituyen un factor de disuasión del crimen. Dependiendo de la legislación del país, las modalidades de hurto pueden variar para evitar incurrir en un delito calificado o agravado y tener menores penas. Igualmente, no solo debe tenerse en cuenta la penalización del delito, sino la pena comparada con los beneficios de la actividad criminal; a pesar de la existencia de sanciones y multas, si estas no son superiores a los beneficios del hurto, su efectividad será muy baja.

3.2. EVALUACIÓN DE PRODUCTOS EXISTENTES EN EL MERCADO PARA EL MONITOREO DE VEHÍCULOS.

Actualmente en el mercado existen varios productos que le hacen resistencia a los hurtos de los vehículos generando cierto grado de seguridad de los propietarios en un ambiente tan complejo por parte de la sociedad actual.

En el momento está en el mercado Detector Cazador que es un sistema de rastreo y localización de cualquier tipo de vehículo por medio de una red de radiofrecuencia privada permitiendo tener durante todo el día y sin problemas de aislamiento de la señal, con una cobertura nacional y de reacción propia para la recuperación del vehículo con aviso a las autoridades, como también Telesentinel que brinda el servicio de seguimiento del vehículo en tiempo real en una aplicación web para ver el recorrido como también tener un área de seguridad o geocerca para todo tipo de vehículo, además de asignación de rutas como alternativa de seguridad.

Otra alternativa que se encuentra es la de TN Colombia ubicada en Bogotá que al igual que las demás brindan sistema de rastreo a todo medio de transporte, desde flotas, maquinaria, transporte de carga y vehículo particular hasta personas, utilizan GPS como GSM en el servicio del seguimiento vehicular generando alertas por SMS o correo, geocerca, historial, rutas y demás como información. También en el mercado se encuentra Visatel de Colombia que se encarga de las mismas características y servicios de la anterior junto al consumo de combustible, la velocidad, apagado remoto, pánico entre otras cosas disponibles en donde sus productos están basados en GSM/GPRS y GPS para la localización de vehículos particulares, flotas de transporte, entre otras como también para empresas de seguros, etc. En este recorrido por servicios y dispositivos en el mercado se encuentra con Colombia GPS Seguridad y Confianza que maneja varios servicios de localización y rastreo de vehículos, alarmas, reportes de diferentes aspectos integrado con varios sensores, seguimiento en tiempo real, visualización de diferentes variables del espaciales y estado del vehículo, además de conexión a la central para aviso de pánico y correos al e-mail del usuario para alarmas, su sede es en Bogotá y utiliza la red GSM tanto para alertar al usuario como para la localización y rastreo del vehículo, maneja varios tipos de productos desde personas como bienes y vehículos, como ejemplo de uno es el GlobalTracker utilizando el celular, el Watch Track como rastreo personal entre otros y tiene la posibilidad de app móvil sin restricciones de sistema operativo.

Prosegur Seguridad y Confianza es otra opción la cual ofrece los mismos servicios de seguimiento, con los mismos métodos de comunicación, consultas variadas y dinámicas teniendo varios sensores a disposición para tener más seguridad, aviso por diferentes modos al usuario como también a Fuerzas de Seguridad y referentes si es activada la alarma, esta opción de producto cuenta con aplicación web como también móvil, y una posibilidad que maneja el medio local siendo muy conocida es la de ChevyStar que cuenta con diferentes funcionalidades tanto de rastreo como información del vehículo y sus diferentes estados según varios sensores que integran y tienen para disposición del cliente según sus necesidades, y demás cosas que brinda este sistema algo costoso pero disponible.

Estas son solo algunas opciones que en su mayoría son de la ciudad de Bogotá, en donde el costo es un impedimento para su aceptación, como otras que no son a la medida de las personas común y corriente, como distintas que no integran la parte espacial enfocándose en la funcionalidad de dispositivos de forma física y análoga como llamadas, mensajería y ubicación, como también de diferentes servicios y opciones integradas con varios sensores, hay variedad pero con algo en común el cual en la mayoría de los casos los dispositivos son importados y no tienen la programación, desarrollo e implementación conjunta llevada a cabo a nivel local.

3.3. PROPUESTA DE SISTEMA DE SEGUIMIENTO DE VEHÍCULOS.

Se propone realizar un sistema de monitoreo y de rastreo vehicular realizado a partir de las tecnologías de hardware libre y tecnologías web que se demandan hoy en día en el mercado, según la problemática y los riesgos más comunes de un vehículo en la ciudad es necesario que los vehículos dispongan de dispositivos GPS novedosos que se comuniquen vía internet con el propósito de conocer la ubicación en tiempo real teniendo un buen esquema de la aplicación en donde haya robustez tanto en la base de datos que será el eje central de esta propuesta como de la programación . Todo esto se realizará partiendo de un entorno amigable, sencillo y de fácil uso, en asociación con las empresas de telecomunicaciones se podrá brindar cobertura en todos los lugares en donde se tiene acceso a la red móvil de datos. Los datos a mostrar usando la red 4G hará que se muestre las consultas en segundos, considerando que la central de monitoreo contará con una red de fibra óptica de internet de alta capacidad de ancho de banda y velocidad, así mismo permitirá atender la necesidad del mercado que requiere dispositivos GPS y un servicio de control sobre estos.

3.4. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS.

3.4.1. Análisis de Requerimientos del Dispositivo.

Es la fase inicial del desarrollo del dispositivo, se busca definir el o los componentes electrónicos necesarios para obtener un dispositivo con todas las funcionalidades necesarias para el desarrollo de la aplicación de rastreo vehicular.

Para realizar el dispositivo se requiere:

- Un sistema de posicionamiento con tecnología GNSS
- Un sistema de comunicación con las redes de tecnología móvil GSM/GPRS
- Una antena emisora y receptora de frecuencias GSM/GPRS (850 - 1900 Mhz).
- Una antena receptora de frecuencias de la constelación GNSS (1575.42 Mhz).
- Una tarjeta microcontrolada y reprogramable con posibilidad de comunicación serial con otros dispositivos electrónicos.
- Que el dispositivo se conecte con los satélites en órbita correspondiente a la constelación GNSS
- Que el dispositivo pueda conectarse a internet
- Que el dispositivo pueda realizar llamadas por voz
- Que el dispositivo pueda enviar mensajes de texto

3.4.2. Análisis de Requerimientos del Sistema de información Geográfica (SIG).

Es la fase inicial de todo proyecto de SIG en donde se busca definir los datos necesarios para su desarrollo, se deben de establecer las variables necesarias y funciones que realizará el sistema.

✓ **Fuente de los Datos.**

Se tienen varios tipos de información a integrar al sistema, una de las fuentes es directamente del módulo en donde se tienen en cuenta las variables que se enviarán por internet a la base de datos para su posterior uso. La segunda fuente fue por medio de los servicios WMS que se tomaron de la IDESC como entidad oficial y permite el manejo de información espacial de forma pública, otra fuente es del servidor de mapas de Bing con una imagen satelital, la capa de calles de Open Street Maps es la siguiente capa y por último la capa Terrain de Google Maps por defecto.

✓ **Variables del Sistema.**

Son los datos que permitirán tener como información y llevar a cabo la interacción y funcionamiento del sistema, para eso se definen las variables para tener en cuenta como importantes en el SIG mediante un listado a continuación:

- Vehículo
- Usuario
- Datos modulo
- Perímetro urbano
- Comunas
- Barrios
- Manzanas
- Vías

Se inicia con la información referente a lo que necesita y se quiere ofrecer en el sistema de información.

✓ **Requerimientos.**

Se deben cumplir los siguientes requerimientos del módulo y demás fuentes de información como datos necesarios para poderse manejar en el Sistema de Información Geográfica en la siguiente tabla:

Tabla 1 Requerimientos de datos y fuentes de información.

NUMERO	REQUERIMIENTOS	FUNCION
1. MODULO (DATOS)		
1.1	Id	Consulta y Visualización
1.2	Placa	Consulta y Visualización
1.3	Latitud	Visualización
1.4	Longitud	Visualización
1.5	Altura	Consulta y Visualización
1.6	Velocidad	Visualización
1.7	Fecha	Consulta y Visualización
2. COMUNA		
2.1	Nombre	Visualización
3. BARRIOS		
3.1	Nombre	Visualización
4. MANZANAS		
4.1	Nombre	Visualización
1.2	Area	Consulta
5. PERIMETRO URBANO		
5.1	Area	Consulta y Visualización
6. VIAS		
6.1	Nombre	Visualización
7. IMAGEN SATELITAL		
7.1	Nombre	Visualización

Fuente: propia

Se deben satisfacer los siguientes requerimientos del cliente:

- Ingreso y manejo de la aplicación por parte del usuario.
- Verificación y actualización de datos personales como del vehículo por parte del usuario.
- Debe tener una interfaz que sea dinámica y de fácil manejo para cualquier tipo de persona que vaya a utilizar el sistema de rastreo.
- Visualización en la interfaz del seguimiento del vehículo en tiempo real de forma puntual o lineal para el recorrido sobre el mapa.
- Visualizar datos adicionales en la interfaz como forma gráfica la velocidad y en forma de tabla un historial de recorrido del vehículo en un periodo de tiempo establecido por el usuario.
- Visualizar el seguimiento del vehículo en tiempo real en el mapa con una imagen satelital.
- Visualizar la velocidad y placa en el marcador durante el seguimiento del vehículo en el mapa.
- Generar en la aplicación una zona de seguridad o geo-cerca del vehículo por parte del usuario para limitar su desplazamiento en cualquier momento y de un aviso.

- Permitir al usuario reportar y registrar el robo del vehículo para llevar un registro y control el administrador de esa información de seguridad de los clientes.
- Recepción de datos en la base de datos del módulo cuando el vehículo se encuentre en movimiento.

✓ **Funciones del Sistema.**

Son las funciones que debe llevar a cabo el sistema para cumplir con los objetivos y necesidades del cliente. Para ello se describen y establecen por módulos que forman el sistema y las etapas del SIG.

Los siguientes son los módulos establecidos para el sistema:

Tabla 2 Módulos del sistema establecidos.

REF#	MODULOS
1	Autenticación
2	Base de datos
3	Aplicación

Fuente: Propia

Con base a esto se realiza en la siguiente tabla la lista de funciones que se contemplan para la elaboración del sistema:

Tabla 3 Listado de tipos de funciones presentes en el sistema.

CONVENCIONES TABLA	
TIPO DE FUNCION	ABREVIATURA
Función Evidente	Ev
Función Implícita	Im
Función Oculta	Oc
Atributo Obligatoria	Ob
Atributo Opcional	Op

Fuente: Propia

Las funciones del sistema se muestran de manera detallada por modulo en la siguiente tabla:

Tabla 4 Listado de funciones que se realizan en el sistema.

REF#	FUNCION	TIPO	ATRIBUTO	DETALLES	TIPO
R1	AUTENTICACIÓN				
R1.1	Ingreso de usuario y contraseña	Ev	Formulario	Página de autenticación	Ob
R1.2	Verificación, autenticación de usuario	Oc	Tiempo de respuesta	tiempo en segundos	Ob
R1.3	Olvide contraseña	Ev	Formulario	página de autenticación	Ob
R1.4	Solicitar contraseña	Oc	Mensaje	Correo electrónico	Ob
R2	BASE DE DATOS				
R2.1	Recepción de datos del módulo	Oc	Enlaces y conexión	Módulo e internet	Ob
R2.2	Registro y almacenamiento de datos en la BD	Im	Estructura de la BD	Conjunto de datos	Ob
R2.3	Conexión de BD con aplicación	Im	Enlaces y conexión	Funciones aplicación.	Ob
R2.4	Creación de usuario	Ev	Formulario	Cuenta de administrador	Ob
R2.5	Asignación de un nombre de usuario y contraseña de acceso a cada usuario	Ev	Formulario	Cuenta de administrador	Ob
R2.6	Edición de los datos del usuario	Ev	Formulario	Cuenta de administrador	Ob
R2.7	Consulta de usuario	Ev	Formulario	Cuenta de administrador	Ob
R2.8	Eliminación de usuario	Ev	Formulario	Cuenta de administrador	Ob
R3	APLICACIÓN				
R3.1	Visualización de mapa de Cali	Ev	Visualización	En aplicación	Ob
R3.2	Visualización de las capas de información	Ev	Visualización	En aplicación	Ob
R3.3	Aumento o disminución de la escala de visualización	Ev	Escala	Aumentar, acercar con el mouse	Ob
			Visualización	En aplicación	Ob
R3.4	Mover horizontal o verticalmente el mapa	Ev	Forma	Uso de mouse	Ob
			Visualización	En aplicación	Ob
R3.5	Visualización de datos de perfil del usuario	Ev	Visualización	En página de Tracking	Ob
R3.6	Visualizar la ubicación del vehículo en el mapa en tiempo real	Ev	Visualización	En página de Tracking	Ob
R3.7	Cargar capa de historial de recorrido del vehículo en tiempo real	Ev	Visualización	En página de tracking	Op
R3.8	Representación gráfica de velocidad del vehículo en tiempo real	Ev	Visualización	En página de Tracking	Ob
R3.9	Visualización de tabla de datos historial de recorrido del vehículo.	Ev	Visualización y tabla de datos	En página de Tracking	Ob
R3.10	Visualización de velocidad y placa en ubicación del vehículo en el mapa	Ev	Visualización	En página de Tracking	Ob
R3.11	Selección de último registro de ubicación del vehículo en movimiento en la BD	Oc	Conexión y consulta a BD	En página de Tracking	Ob
R3.12	Definición por área de influencia de (geocerca) como zona de seguridad	Ev	Modo	Consulta	Op
			Visualización	En página de Geocerca	Ob
R3.13	Intersección de ubicación de vehículo con área de influencia (geocerca)	Ev	Visualización	En página de Geocerca	Ob
R3.14	Mensaje de alerta y sonido por intersección del vehículo con área de influencia.	Ev	Visualización	En página de Geocerca	Ob
R3.15	Busqueda por dirección en el mapa del reporte de robo.	Ev	Tipo	Manual	Ob
			Visualización	En página de reporte	Ob
R3.16	Registro y almacenamiento de reportes en la BD	Oc	Estructura de la BD	Conjunto de datos	Ob
R3.17	Identificación de atributos de las capas	Ev	Visualización	En aplicación	Ob

Fuente: Propia

3.5. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN.

3.5.1. Adquisición y Programación del Dispositivo

3.5.1.1. Adquisición de insumos y dispositivos.

Se buscaron los insumos necesarios para el desarrollo de la aplicación, principalmente se escogió como plataforma de hardware libre a Arduino, específicamente un Arduino uno, se escogió el módulo SIM 808 de la empresa SIM.com, esta tarjeta dispone de 3 tecnologías las cuales permiten la conexión con la red GNSS de posicionamiento satelital, conexión a la red de telefonía móvil (4G Claro-Colombia) por medio de una sim card de la empresa de telefonía, y conexión por tecnología bluetooth con dispositivos que dispongan de la misma tecnología.

- **Adquisición de dispositivos:** Como primer objetivo se inició con la compra varios componentes necesarios explicados en el ítem de materiales, para iniciar con la integración del dispositivo:

Tabla 5 Listado de insumos a utilizar en el proyecto

INSUMO	CANT	COSTO
CABLES DE PROGRAMACIÓN ARDUINO (USB)	1	\$5,000
FUENTE (12V-2A)	1	\$18,000
BATERIA 12V	1	\$25,000
MODULO SIM 808	1	\$140,000
SIM CARD (3122674534)	1	\$5,000
DIODO SENER	1	\$2,000
ARDUINO	1	\$30,000
CABLE PARA ALIMENTACION (m)	1	\$3,000
CABLES MACHO-HEMBRA	20	\$15,000
PANTALLA LCD 16x2	1	\$15,000
PROTOBOARD	1	\$10,000
CONECTOR JACK 5.5 x 2.1 mm	3	\$4,500
POTENCIOMETRO 10K	3	\$3,000
BOTON	3	\$3,000
ALQUILER EQUIPO GNSS DOBLE FRECUENCIA	1	\$150,000
LEDS	2	\$1,000
PROTOTIPO DE DISEÑO	1	\$160,000
CABLE EXTENSION ANTENA GSM	1	\$25,000
RECARGA DATOS MOVILES Y TELEFONIA	2	\$100,000
EQUIPOS DE COMPUTO	2	\$4,500,000
TOTAL		\$5,214,500

Fuente: Propia

➤ Descripción de materiales:

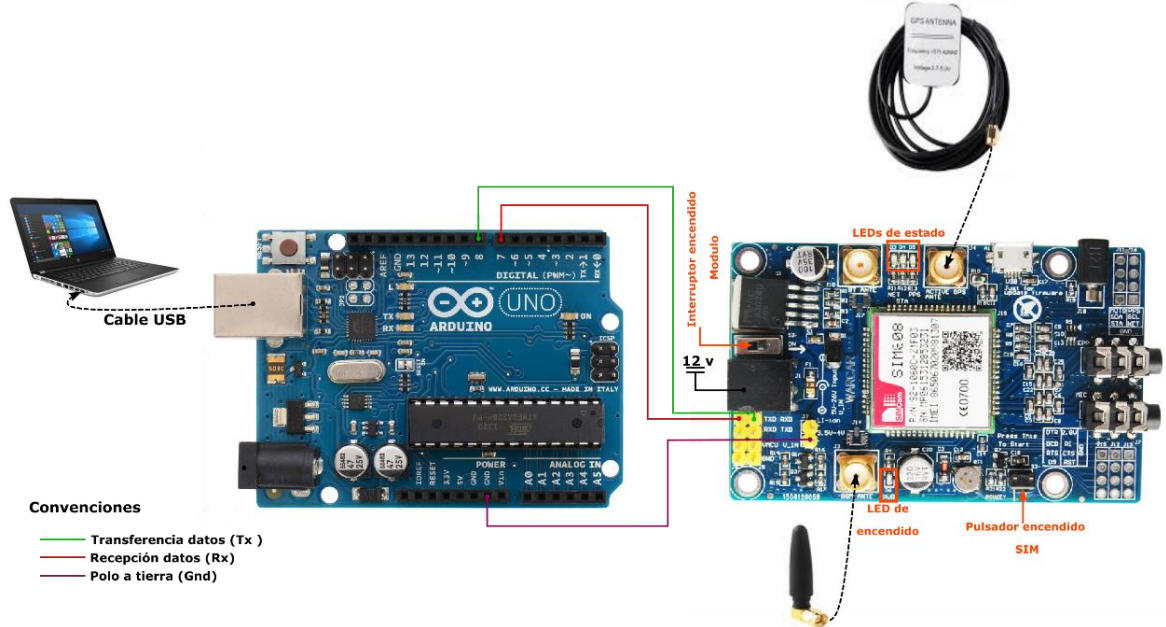


Figura 4 Microcontrolador Arduino UNO y Módulo de comunicación SIM808.

Fuente: Propia

Se utilizan para el funcionamiento correcto de la toma de datos de localización con estos dos dispositivos como lo son ARDUINO UNO (izq.) y un módulo GPS/GSM-GPRS SIM808 (der.) que integran el sistema para su conexión mediante programación con su lenguaje básico del Arduino en C++ y poder obtener junto con este módulo información de ubicación y conectividad.

Descripción Arduino Uno:

Es una placa de microcontrolador basada en ATmega328P (hoja de datos). Tiene 14 pines digitales de entrada / salida (de los cuales 6 se pueden usar como salidas PWM), 6 entradas analógicas, un cristal de cuarzo de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, un encabezado ICSP y un botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para soportar el microcontrolador; simplemente se conecta a una computadora con un cable USB o con un adaptador de CA a CC o batería para comenzar. Puede jugar con su programación sin preocuparse demasiado por hacer algo incorrecto, en el peor de los casos, puede reemplazar el chip por unos pocos pesos y comenzar de nuevo. En la siguiente tabla (1) se muestran las características:

Tabla 6 Especificaciones técnicas ARDUINO UNO

ESPECIFICACIONES TECNICAS	
Microcontrolador	ATmega328P
Tensión de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (limite)	6-20V
Pines de E / S digitales	14 (de los cuales 6 proporcionan salida PWM)
Pines de E / S digitales de PWM	6
Clavijas de entrada analógica	6
Corriente DC por Pin E / S	20 mA
Corriente DC para 3.3V Pin	50 mA
Memoria flash	32 KB (ATmega328P) de los cuales 0,5 KB utilizados por el gestor de arranque
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Velocidad de reloj	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Longitud	68.6 mm
Anchura	53.4 mm
Peso	25 g

Fuente: www.arduino.com**Programación:**

Arduino Uno se puede programar con el (software Arduino (IDE)).

Poder:

La placa Arduino Uno puede alimentarse a través de la conexión USB o con una fuente de alimentación externa. La fuente de poder se selecciona automáticamente. La alimentación externa (no USB) puede provenir de un adaptador de CA a CC (wall-wart) o batería. El adaptador se puede conectar al enchufar un conector positivo de 2.1 mm en el conector de alimentación de la placa. Los cables de una batería se pueden insertar en los conectores GND y Vin pin del conector POWER. La placa puede operar con un suministro externo de 6 a 20 voltios. Sin embargo, si se suministra con menos de 7 V, el pin de 5 V puede suministrar menos de cinco voltios y la placa puede volverse inestable. Si usa más de 12 V, el regulador de voltaje puede sobrecalentarse y dañar la placa. El rango recomendado es de 7 a 12 voltios.

Entrada y Salida:

Cada uno de los 14 pines digitales del Uno se puede usar como entrada o salida, usando las funciones `pinMode()`, `digitalWrite()` y `digitalRead()`. Operan a 5 voltios. Cada pin puede proporcionar o recibir 20 mA como condición de operación recomendada y tiene una resistencia interna de pull-up (desconectada por defecto) de 20-50k ohm. Un máximo de 40 mA es el valor que no debe excederse en ningún pin de E / S para evitar daños permanentes al microcontrolador.

El Uno tiene 6 entradas analógicas, etiquetadas de A0 a A5, cada una de las cuales proporciona 10 bits de resolución (es decir, 1024 valores diferentes).

Comunicación:

Arduino / Genuino Uno tiene varias facilidades para comunicarse con una computadora, otra placa Arduino / Genuino u otros microcontroladores. El ATmega328 proporciona comunicación serie UART TTL (5V), que está disponible en los pines digitales 0 (RX) y 1 (TX). Un ATmega16U2 en la placa canaliza esta comunicación en serie a través de USB y aparece como un puerto virtual para el software en la computadora. El firmware 16U2 usa los controladores COM USB estándar y no se necesita ningún controlador externo. Sin embargo, en Windows, se requiere un archivo .inf. El software Arduino (IDE) incluye un monitor serie que permite el envío y recepción de datos textuales simples desde y hacia el tablero. Los LED RX y TX de la placa parpadearán cuando los datos se transmitan a través del chip de USB a serie y la conexión USB a la computadora (pero no para la comunicación serial en los pines 0 y 1).

Descripción modulo Gps/Gsm-Gprs SIM808:

Este módulo está basado en el chip SIM.COM SIM808 y nos ofrece, además de las funcionalidades de envío y recepción de datos GSM/GPRS (la de los teléfonos móviles 2g), la tecnología GPS de navegación por satélite. Es decir, gracias a este módulo y utilizando una tarjeta SIM, seremos capaces de enviar y recibir llamadas y SMS, conectarnos a Internet, conocer nuestras coordenadas y el horario UTC (Tiempo Universal Coordinado). SIM808 módulo es un completo Quad-Band GSM/GPRS, que combina la tecnología GPS para la navegación por satélite. El diseño compacto que integra GPRS y GPS en un paquete de SMT ahorrará significativamente el tiempo y los costes para los clientes para desarrollar aplicaciones GPS. Con una interfaz estándar de la industria y la función GPS, que permite los activos variables para hacer un seguimiento en cualquier lugar y en cualquier momento con la cobertura de la señal.

En las siguientes tablas (1 - 4) se muestra más información técnica del dispositivo, características y alcances.

Tabla 7 Características principales SIM808

Características	Implementación
Fuente de alimentación	4,4 V 3,4V ~
Ahorro de energía	Consumo de energía típico en modo de reposo es de 1,07 mA (BS-PA-MFRMS=9)
Carga	Soporta control de carga para la batería de Li-ion
Bandas de frecuencia	● SIM808 de cuatro bandas GSM 850, EGSM 900, DCS 1800, PCS 1900. SIM808 puede buscar las 4 bandas de frecuencia automáticamente. Las bandas de frecuencia también se pueden configurar mediante comandos AT "AT + CBAND" ● Cumple con la norma GSM fase 2/2 +
Potencia de emisión	● Clase 4(2W) en GSM 850 y EGSM 900 ● Clase 1(1W) a DCS1800 y PCS 1900
Conectividad GPRS	● GPRS multi-slot-clase 12 (defecto) ● GPRS multi-slot-clase 1-12 (opcional)
Rango de temperatura	● Operación normal: -40°C ~ + 85°C ● Temperatura de almacenamiento: -49°C ~ + 90°C
Datos GPRS	● GPRS transferencia de datos del enlace descendente máx 88.6 kbps. ● GPRS transferencia de datos del enlace ascendente máx 88.6 kbps. ● esquema de codificación: CS-1, CS-2, CS-3 y CS-4 ● protocolo PAP para PPP conectar ● Integrar el protocolo TCP / IP ● Canal de Control de Difusión de soporte de paquetes (PBCCH) ● las tasas de transmisión de las CDS: 2.4, 4.8, 9.6, 14.4 kbps
CDS	● transmisión CSD apoyo
USSD	● Servicios Suplementarios no Estructurados soporte de Data (USSD)
SMS	● MT, MO, CB, texto y el modo PDU ● Almacenamiento de SMS: tarjeta SIM
Interfaz de SIM	Soporte de tarjeta SIM: 1.8V, 3V
Antena externa	almohadilla antena
Características de audio	modos de códec de voz ● Half Rate (ETS 06.20) ● Full Rate (ETS 06.10) ● Enhanced Full Rate (ETS 06.50 / 06.60 / 06.80) ● Tasa múltiple adaptativo (AMR) ● Cancelación del eco ● Supresión del ruido
Puerto serie y la interfaz USB	Puerto serial: ● interfaz de módem completa con líneas de estado y control, desequilibrada, asíncrono. ● 1200 bps a 460800 bps. ● Puede ser utilizado para el envío de comandos AT o la transmisión de flujo de datos. ● RTS/CTS apretón de manos de soporte de hardware y software ON/OFF de control de flujo. ● capacidad múltiple de acuerdo con GSM 07.10 Protocolo Multiplexor. ● Autobauding soporta velocidad de transmisión de 1200 bps a 115200 bps. Interfaz USB: ● Puede ser utilizado para la depuración y actualización del firmware.
Gestion de agenda	tipos de apoyo de la agenda: SM, FD, LD, RC, ON, MC.
Kit de herramientas de aplicaciones SIM	GSM 11.14 versión 99
Reloj en tiempo real	soporte de RTC
Función de alarma	se puede establecer por comando AT
Características físicas	Tamaño 24 * 24 * 2,6 mm Peso 3,3 g
Actualización firmware	La actualización del firmware por puerto serie o USB (se recomienda utilizar USB)

Fuente: SIM.COM

Tabla 8 Rendimiento del motor del GPS

PARAMETRO	DESCRIPCION	ACTUACION			
		min	Tipo	Max	Unidad
La exactitud de posición horizontal (1)	Autónomo		<2,5		m
Presición de velocidad (2)	sin la ayuda		0,1		Sra
	DGPS		0,05		Sra
Aceleración Presición	sin la ayuda		0,1		Sra2
	DGPS		0,05		Sra2
La presición de temporización			10		Ns
Rendimiento Dinamico	Altitud máxima			18000	metro
	Velocidad máxima			515	Sra
	La aceleración máxima			4	gramo
Tiempo al primer arreglo (3)	Arrancque en caliente		1		s
	Arrancque en caliente		28		s
	Inicio fresco		30		s
Sensibilidad	adquisición autónoma (arranque en frío)		-148		dBm
	Readquisición		-159		dBm
	Rastreo		-165		dBm
Receptor	Canales		22/66		
	Frecuencia de actualización			5	hz
	Seguimiento de L1, CA Código				
	compatibilidad con el protocolo NMEA				
Poder consumo(4)	Adquisición		42		mamá
	seguimiento continuo		24		mamá

(1) 50% 24 horas estático - 130 dBm

(2) 50% a 30 m/s

(3) Nivel de señal GPS: -130 dBm

(4) Sola fuente de alimentación 3,8V @ -130dBm, IDLE GSM

Fuente: SIM.COM

Tabla 9 Potencia del motor BT

PARAMETRO	CONDICION	ACTUACION			
		min	Tipo	Max	Unidad
Rango de frecuencia		2402		2480	Megahercio
Potencia de transmisión máxima			7		dBm
Paso ganancia			4		dB
Sensibilidad del receptor	DH1 (VER <0,1%)		-91.4		dBm
	DH5 (VER <0,1%)		-91.4		dBm
EDR Receptor Sensibilidad	2-DH5		-92		dBm
	3-DH5		-88		dBm

Fuente: SIM.COM

Tabla 10 Resumen de los modos de funcionamiento

MODO	FUNCION
Operación normal	GSM/GPRS SLEEP
	Módulo pasará automáticamente a modo de reposo si las condiciones del modo de suspensión están permitiendo y no hay ninguna está en el aire y sin interrupción del hardware (como GPIO interrumpen o datos sobre le puerto serie).
	En este caso, el consumo de corriente del modulo reducirá al nivel mínimo.
	En el modo de reposo, el modulo puede seguir recibiendo mensaje de llamada y SMS.
	IDLE GSM
	El software está activo. Modulo registrado en la red GSM, y el modulo está listo para comunicarse.
	Conversación GSM
	Conexión entre dos abonados está en curso. En este caso, el consumo de energía depende de la configuración de red, como DTX off/on, FR / EFR / HR, secuencias de salto de la antena.
	GPRS ESPERA
	Módulo está listo para la transferencia de datos GPRS, pero no hay datos actualmente enviado o recibido. En este caso, el consumo de energía de la configuración de red y la configuración GPRS.
	DATOS GPRS
	No hay transferencia de datos GPRS (PPP o TCP o UDP) en curso. En este caso, el consumo de energía está relacionada con la configuración de red (por ejemplo, nivel de control de potencia); las tasas de enlace ascendente / descendente de datos y configuración GPRS (por ejemplo, se utilizó la configuración multi-ranura)
	CARGAR
	La función de carga compatible con el modo (por defecto no se admite)
Apagado	potencia normal fuera enviando el comando AT "AT + CPWD=1" o utilizando el PWRKEY. La unidad de administración de energía se apaga la fuente de alimentación de la parte de la banda base del módulo, y solo la fuente de alimentación para el RTC se mantuvo. El software no está activo. El puerto serie no es accesible. Fuente de alimentación (conectado a VBAT) permanece aplicada.
El modo de funcionalidad mínima	En el comando "AT + Cfun" se puede utilizar para fijar el módulo a un modo de funcionalidad mínima sin necesidad de retirar la fuente de alimentación. En este modo la parte de radiofrecuencia del modulo no funciona o la tarjeta SIM no será accesible, o ambas partes del RF y la tarjeta SIM se cerrará, y el puerto serie sigue siendo accesible. El consumo de energía en este modo es mas bajo que el modo normal.

Fuente: SIM.COM



Figura 5 Pantalla LCD de 16x2.

Fuente: tienda.sawer.com

La pantalla LCD (pantalla de cristal líquido) es un módulo de pantalla electrónica y encuentra una amplia gama de aplicaciones. Una pantalla LCD de 16x2 es un módulo muy básico y se usa muy comúnmente en varios dispositivos y circuitos. Estos módulos se prefieren en siete segmentos y otros LED de segmentos múltiples. Las razones son: las pantallas LCD son económicas; fácilmente programable; no tienen ninguna limitación para mostrar caracteres especiales e incluso personalizados (a diferencia de los siete segmentos), animaciones, etc.

Una pantalla LCD de 16x2 significa que puede mostrar 16 caracteres por línea y hay 2 de esas líneas. En esta pantalla LCD, cada personaje se muestra en una matriz de 5x7 píxeles. Esta pantalla LCD tiene dos registros, a saber, Comando y Datos.

El registro de comando almacena las instrucciones de comando dadas a la pantalla LCD. Un comando es una instrucción dada a la LCD para realizar una tarea predefinida, como inicializarla, borrar su pantalla, establecer la posición del cursor, controlar la visualización,

etc. El registro de datos almacena los datos que se mostrarán en la pantalla LCD. Los datos son el valor ASCII del carácter que se mostrará en la pantalla LCD.

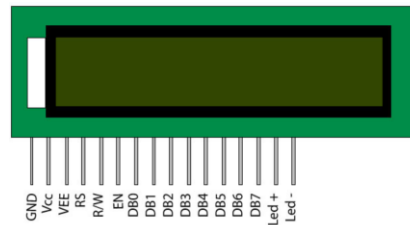


Figura 6 Diagrama de Pines pantalla LCD 16x2.

Fuente: tienda.sawer.com

Tabla 11 Servicios de Pines pantalla LCD 16x2.

Pin No	Función	Nombre
1	Tierra (0V)	GND
2	Voltaje de suministro; 5 V (4,7 V - 5,3 V)	Vcc
3	Ajuste de contraste; a través de una resistencia variable	V _{EE}
4	Selecciona el registro de comando cuando está bajo; y el registro de datos cuando está alto	Registrarse Seleccionar
5	Bajo para escribir en el registro; Alto para leer desde el registro	Leer escribir
6	Envía datos a los pines de datos cuando se da un pulso de alto a bajo	Habilitar
7	Pines de datos de 8 bits	DB0
8		DB1
9		DB2
10		DB3
11		DB4
12		DB5
13		DB6
14		DB7
15	Luz de fondo V _{CC} (5V)	Led +
16	Luz de fondo Tierra (0V)	LED-

Fuente: tienda.sawer.com

Batería Recargable de 12 V – 1.3 A

Es un dispositivo que consiste en una o más celdas electroquímicas que pueden convertir la energía química almacenada en corriente eléctrica. Cada celda consta de un electrodo positivo, o cátodo, un electrodo negativo, o ánodo, y electrolitos que permiten que los iones se muevan entre los electrodos, permitiendo que la corriente fluya fuera de la batería para llevar a cabo su función, alimentar un circuito eléctrico.



Figura 7 Batería recargable 12V - 1,3A.

Fuente: Wikipedia

3.5.1.2. Prueba inicial de funcionamiento de dispositivo.

Se fueron obteniendo en orden los insumos anteriores de modo que junto a la disponibilidad y asesoramiento en el laboratorio de geo posicionamiento se empezó a la codificación que se debe al Arduino suministrado para su entendimiento del lenguaje de programación, se realizaron de forma progresiva los códigos para la comunicación con el modulo y de diferentes formas como lo son para la comunicación por llamada de voz o mensajes de texto (Red GSM) y la comunicación vía Internet (Red GPRS).

Durante la realización de los códigos se presentaron varios inconvenientes de carácter de comprensión del lenguaje para su correcto funcionamiento, pero se fueron revisando y ajustando. Una vez se adquiere el modulo propio se arma, se le adiciona la sim con el número telefónico que permite hacer las pruebas posteriores.

Se establece la comunicación serial conectando el Pin 7 y Pin 8 y que las tierras (GND) es decir los polos a tierra del módulo y del Arduino deben estar unidas, pues al inicio también se hizo una conexión entre los pines de 5v que más la conexión a la fuente externa quemando el diodo y generando que el modulo este en modo apagado.

La configuración del módulo se establece de la siguiente manera:

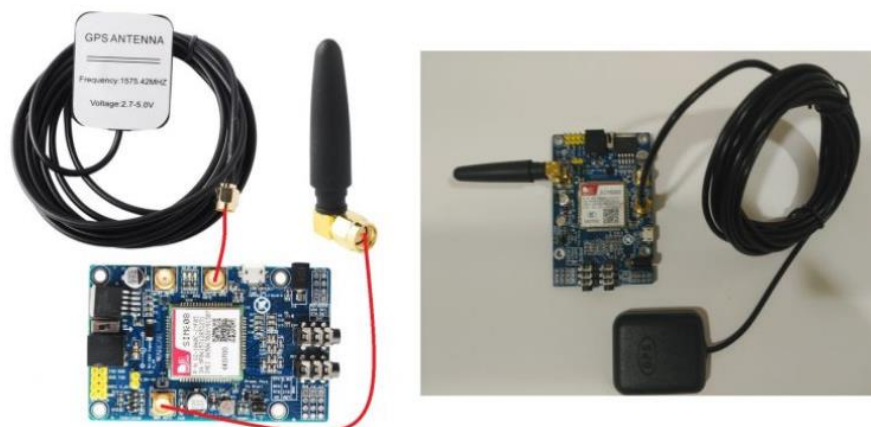


Figura 8 Configuración y conexión del módulo SIM808.

Fuente: Prometec.

El modulo SIM 808 básicamente se compone de 3 receptores de señal, una antena para recibir frecuencias de la red GSM/GPRS (4G), una antena para recibir frecuencias de la red

GNSS (GPS-GLONASS-GALILEO-BEIDOU), y una última antena para establecer comunicación vía bluetooth con otros dispositivos que dispongan de la misma tecnología de comunicación.

Para conectarlo al Arduino, se usarán los pines Tx y Rx de la tarjeta (transmisión y recepción de datos), que conectaremos a los pines 7 y 8 del Arduino respectivamente. Pueden ser otros pines cualesquiera, siempre que los soporte la librería Software Serial que se van a utilizar. Además, se unirán las tierras y se utilizará una fuente de alimentación externa para el módulo SIM808, ya que a la hora de comunicar este tipo de módulos consume mucha energía y no será suficiente con la alimentación del Arduino uno.

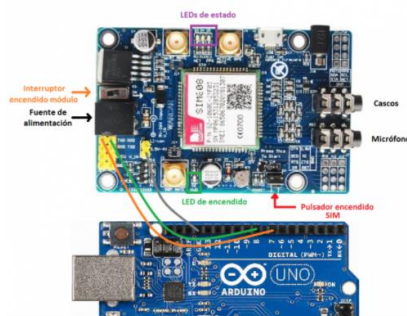
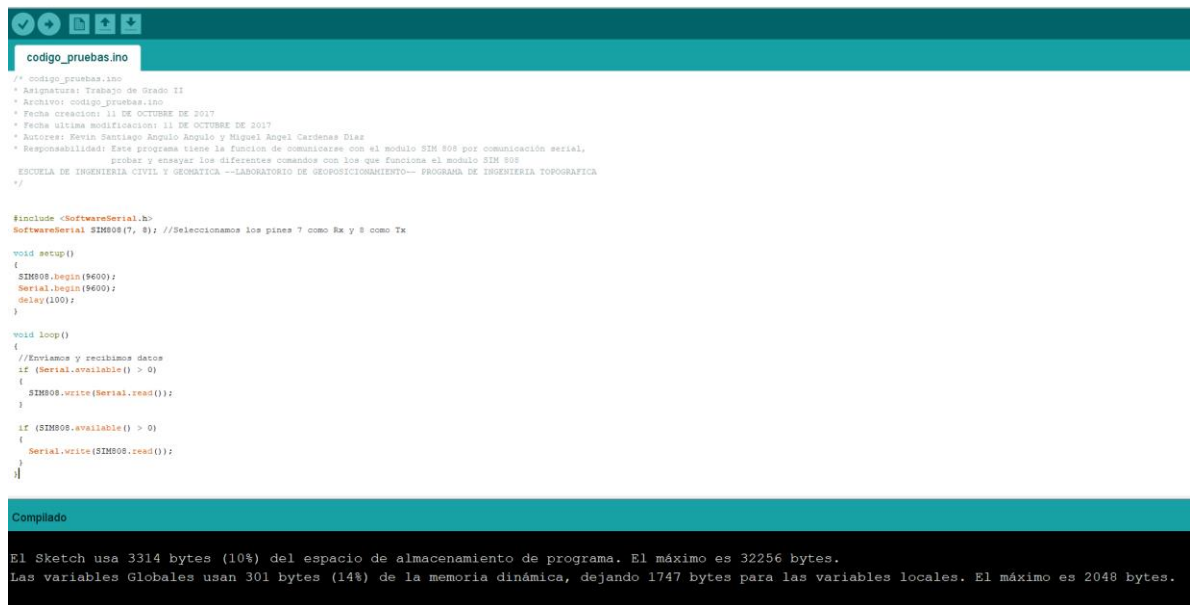


Figura 9 Conexión de comunicación Arduino UNO y Módulo SIM808. Fuente: Prometec

Para encender el módulo basta con ingresar la alimentación externa, aquí se ve cómo se ilumina un led y para activar la alimentación a la tarjeta SIM, se oprime el pulsador un par de segundos. Al hacerlo se verá cómo se encienden dos leds, uno fijo (D4) y otro que estará intermitente una vez por segundo (D3). Mientras esté así significa que no ha encontrado la red móvil. Para poder comunicarnos vía comandos AT se tendrá que cargar un programa para la comunicación serie. Se instanciará un objeto llamado SIM808 y se seleccionan los pines del Arduino que queramos usar para comunicarnos (*Rx* y *Tx*). Se eligieron los pines 7 y 8, pero se puede usar cualquiera que sea compatible con la librería Software Serial.h.



```
// codigo_pruebas.ino
/*
 * Asignatura: Trabajo de Grado II
 * Archivo: codigo_pruebas.ino
 * Fecha creación: 11 DE OCTUBRE DE 2017
 * Fecha última modificación: 11 DE OCTUBRE DE 2017
 * Autores: Kevin Santiago Aguilo Aguilo y Miguel Angel Cardenas Diaz
 * Responsabilidad: Este programa tiene la función de comunicarse con el módulo SIM 808 por comunicación serial,
 * probar y enviar los diferentes comandos con los que funciona el módulo SIM 808
 * ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y GEOMATICA --LABORATORIO DE GEOPOSICIONAMIENTO-- PROGRAMA DE INGENIERIA TOPOGRAFICA
 */

#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial SIM808(7, 8); //Seleccionamos los pines 7 como Rx y 8 como Tx

void setup()
{
  SIM808.begin(9600);
  Serial.begin(9600);
  delay(100);
}

void loop()
{
  //Enviamos y recibimos datos
  if (Serial.available() > 0)
  {
    SIM808.write(Serial.read());
  }

  if (SIM808.available() > 0)
  {
    Serial.write(SIM808.read());
  }
}
```

Compilado

El Sketch usa 3314 bytes (10%) del espacio de almacenamiento de programa. El máximo es 32256 bytes.
Las variables Globales usan 301 bytes (14%) de la memoria dinámica, dejando 1747 bytes para las variables locales. El máximo es 2048 bytes.

Figura 10 Compilación del programa en el Arduino UNO. Fuente: Propia

Una vez cargado el programa se abre el monitor serie y se selecciona la velocidad correcta. El primer comando AT servirá simplemente para saber si el módulo responde y que por lo tanto la comunicación funciona. Y este comando es simplemente AT, se escribe y pulsa INTRO. Debería responder con un OK; si no, se debe repasar que esté todo en orden: conexiones, encendido y velocidad en baudios correcta.



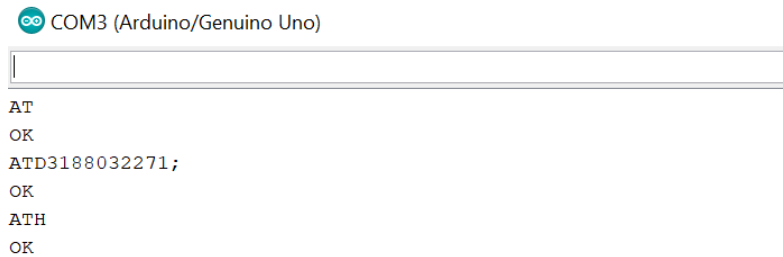
Figura 11 Respuesta del módulo a comando AT.

Fuente: Propia

Comprobando que hay comunicación debido a que el modulo responde se ingresa el PIN de tarjeta SIM que se hace mediante el comando AT+CPIN="XXXX", en donde se sustituye el carácter X por el pin de la tarjeta SIM dado por la compañía telefónica Claro, en este caso se ejecuta el comando AT+CPIN="0000", se obtendrá un mensaje de respuesta un mensaje de respuesta indicando si el PIN es correcto, y en caso de que lo sea, el led que parpadeaba una vez por segundo (D3) pasará a hacerlo cada 3 segundos aproximadamente, indicando que se ha encontrado una red móvil.

Ahora el modulo se encuentra en disposición de enviar y recibir llamadas, así como mensajes de texto y también con capacidad para conectarse a internet, para comprobar se envió el comando ATD#####; por el puerto serial, en donde se reemplaza el carácter # por el número telefónico al cual se le realizará la llamada en este caso se hizo una llamada al número 3188032271 en donde se comprobó la comunicación con total éxito, por último,

se ejecutó el comando ATH para colgar la llamada y evitar que la llamada se desvíe a buzón de mensajes.



COM3 (Arduino/Genuino Uno)

```
AT
OK
ATD3188032271;
OK
ATH
OK
```

Figura 12 Visualización en puerto serial del método llamada.

Fuente: Propia

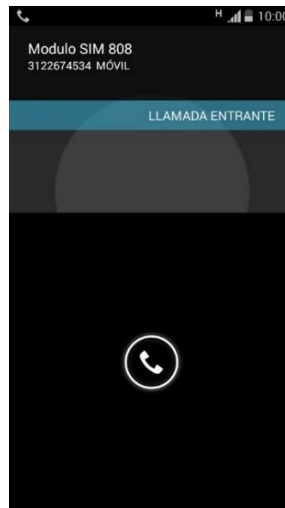


Figura 13 Recepción de llamada al celular desde el módulo Arduino/SIM808. Fuente: Propia

También se probó la parte del GPS, debido a que la electrónica del módulo es un poco compleja se identificó que el sistema GPS se encuentra inmerso en el módulo de comunicación, por lo tanto, para acceder a su funcionalidad y obtención de datos, este sensor se controla igual mediante comandos AT. Con el mismo código cargado en el Arduino mostrado anteriormente para comprobar comunicación y hacer llamadas, se envió por el puerto serial el comando AT+CGPSPWR=1, este comando permite la activación del GPS dentro del módulo, luego se le pregunta al módulo por el estado del GPS hasta que se observe que la antena del módulo se ha posicionado por medio de la conexión de la antena con mínimo 4 satélites de la red GNSS, ¿siendo así al ejecutar el comando AT+CGPSSTATUS?, el modulo deberá responder "Location 3D Fix".



Figura 14 Respuesta del Módulo en el puerto serial.

Fuente: Propia

Luego de este proceso el modulo está listo para obtener los datos del GPS usando el comando AT+CGPSINF=0 que devolverá algo como esto:

““+CGPSINF:0,322.552000,-

7631.55200,1005.300000,20170117141311.000,0,9,0.00000,198.850006”; que siguiendo ese orden corresponden a:

1. Modo: 0
2. Latitud: 03°22'29.9"
3. Longitud: 76°31'55.2"
4. Altitud: 1005.3
5. Fecha en UTC: 20171011141311, es decir 11 de octubre de 2017 a las 14:13:11
6. Tiempo de Respuesta: 0
7. Numero de satélites: 9
8. Velocidad: 0 en nudos
9. Curso: 198.850006

Para comprobar la posición por coordenadas, estas se introdujeron en google maps, obteniendo la geolocalización con un margen de error aceptable para el proyecto que se está llevando a cabo.

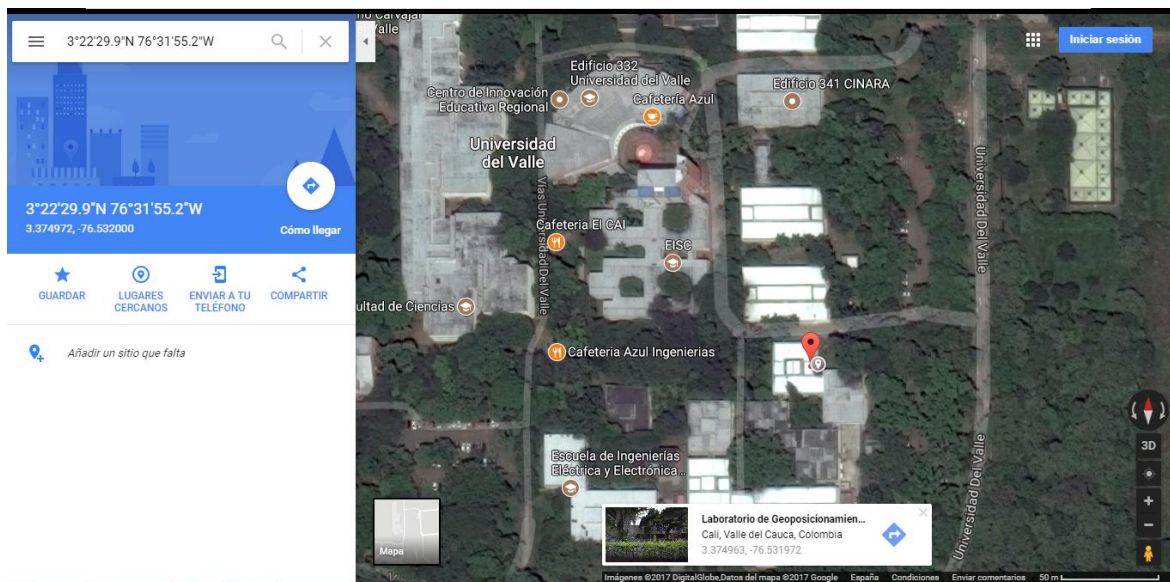


Figura 15 Visualización del punto de ubicación del módulo SIM808.

Fuente: Propia

Efectivamente las coordenadas dieron en el laboratorio de geo posicionamiento del área de geomática de la Universidad del Valle, en donde se realizaron las pruebas. Para comprobar que el dispositivo enviara datos por internet se realizaron varias pruebas, se llevó a cabo una solicitud para poder tener el acceso a un servidor público ya que la IP o dirección URL siempre debe estar fija y estable lo que permite almacenar los datos, para esto se configuran dos archivos php necesarios, el primero para el ingreso de los valores a una columna de la tabla creada en la base de datos (BD) en el servidor y el segundo para la consulta y visualización de los mismos, luego utilizando una secuencia de comandos AT y el puerto serial se establece conexión a internet para el envío de mensajes de texto al azar y variables del GPS obtenidas para luego consultar y observar que se registraron los datos.

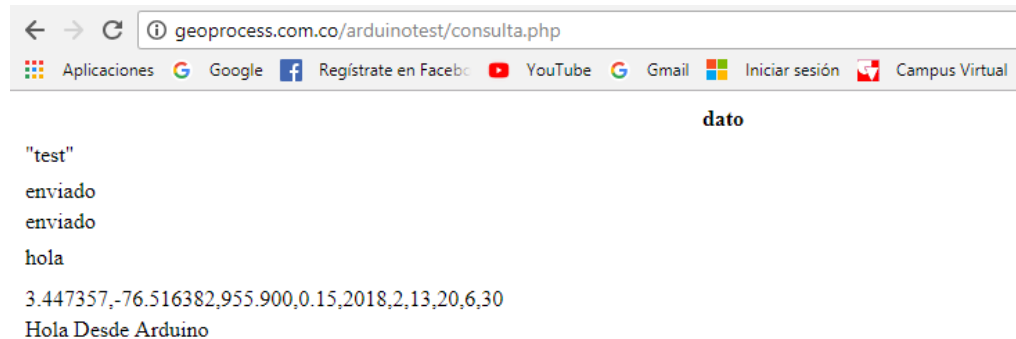


Figura 16 Envío de datos por internet al servidor.

Fuente: Propia

3.5.1.3. Determinación de error e incertidumbre asociado al dispositivo

✓ Georreferenciación de punto GPS

Se establece materializar un punto base con GPS, para tenerlo como punto de control en la prueba a realizar con el equipo para saber la precisión en campo que puede llegar a tener en su ubicación para así determinar el error e incertidumbre que se debe tener como intervalo de medición del dispositivo.



Figura 17 Punto GPS materializado.

Fuente: Propia

Se realiza la observación el día 27 de febrero de 2018, desde las 8:04 a.m. hasta las 12:04 p.m. para un periodo de 4 horas de toma de datos, el posicionamiento se lleva a cabo con un GPS doble frecuencia Leica 4600, el lugar donde se realizó en la terraza (4 piso) de la casa de uno de los autores donde se tenía una buena recepción de señal GPS, se tiene en cuenta como base para el post-proceso la estación permanente del laboratorio de Geoposicionamiento de la Universidad del Valle de la cual previamente se revisó la distancia con relación a la casa donde se hizo la ubicación del punto, ésta fue de 8,18 km lo que se necesitaría con base a la fórmula del tiempo de observación, que propone un tiempo mínimo de observación de 25 minutos más 5 minutos por cada kilómetro:

$$t_o = 25' + (5' * X) \quad (1)$$

Dónde: X Corresponde a la cantidad de kilómetros de la estación base a el punto a materializar, t_o Corresponde al tiempo total de observación en minutos.

Al calcular la distancia entre la base del laboratorio y el punto a materializar en Google Earth se aplicó la formula y se obtuvo una duración mínima de 66 minutos, pero se dejó un total de 4 horas para tener una mayor cantidad de datos y consecuentemente una mejor precisión en las coordenadas finales.



Figura 18 Lugar de Posicionamiento (Terraza).

Fuente: Propia



Figura 19 Controlador de GPS Doble Frecuencia Leica.

Fuente: Propia

Una vez se terminó la sesión de toma de datos se obtienen los datos del GPS Leica y de la estación del laboratorio GOP de univalle, para poder trabajar los datos que guarda el equipo Leica 4600 en el software Total Trimble Control, se hace una conversión a RINEX para el

procesamiento y poder obtener los archivos navegables y observables del punto GPS1-KSA, se utiliza los archivos RINEX de la estación y los del GPS doblefrecuencia Leica 4600 en el software Total Trimble Control en donde se hizo el proceso requerido con las efemerides, procesar en este caso la línea formada de la estación como base y el punto GPS1-KSA, donde se hace el escrutinio para tomar los satelites con las mejores observaciones y desactivar los que no, para finalmente hacer el ajuste 3D con tendencia donde se logró una desviación de 54,8 mm de error en el eje horizontal y en el vertical de 61,4 mm.

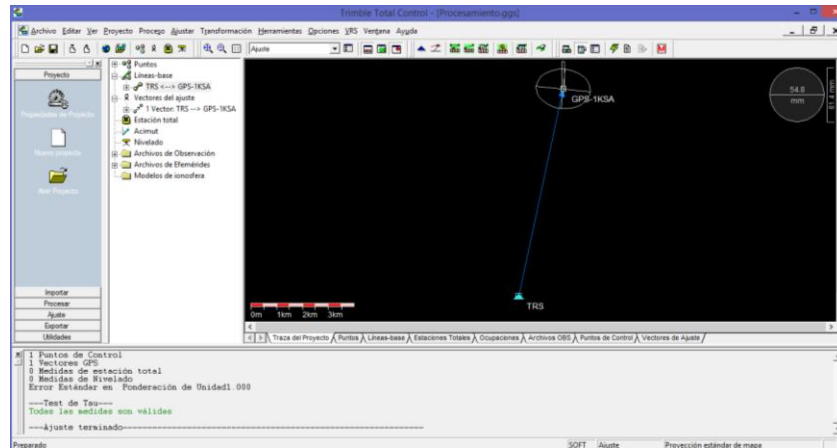


Figura 20 Procesamiento de Datos.

Fuente: Propia

Datos relevantes de posicionamiento:

Tabla 12. Datos técnicos estación laboratorio de Geoposicionamiento (GOP).

BASE UNIVALLE	
Receptor GPS:	Trimble
Antena:	Compact L1/L2
Medida de la altura de la antena (H):	0m
Medida a:	Centro de fase de la antena
Tipo de medida:	Vertical

Fuente: Propia

Tabla 13 Datos técnicos punto materializado terraza.

GPS1-KSA	
Receptor GPS:	Leica SR 530
Antena:	Leica SR299/SR399
Medida de la altura de la antena (H):	1.761m
Medida a:	Base de la antena
Tipo de medida:	Vertical

Fuente: Propia

Al terminar el post-proceso se tiene el informe completo del software empleado con la información del proceso y las diferentes coordenadas finales del punto materializado.


www.trimble.com

Ajuste de Red 3D

Copyright (C) 2001 - 2002 by Trimble Navigation Limited.

Project : Procesamiento.ggs

Nombre del usuario	Elmer	Fecha y hora	15:02:24 02/03/2018
Sistema de coordenadas	Proyección Estándar de Mapa	Zona	
Datum del proyecto		Modelo de geode	
Unidades de coordenadas	Metro		
Unidades de distancia	Metro		
Unidades de altitud	Metro		
Unidades de ángulo	Grados		

Ajuste de Red en WGS84.

Número de líneas-base GPS	1
Número de medidas de estación total	0
Número de puntos de control en WGS84	1
Número de puntos ajustados	2
Nivel de confianza	1 σ
Nivel de significación para el test de tau	1.00 %
Error estándar de ponderación de unidad	1.000
Número de iteraciones	1
Coefficiente de Refracción	0.140

- Se marcan observaciones que han sido rechazadas por el test estadístico.

Figura 21 Informe de procesamiento de coordenadas de punto GPS1-KSA.

Fuente: Propia

1. Entrada de Líneas-base en WGS84 (Componentes y Desv. Típica)

Observación	ΔXm	σmm	ΔYm	σmm	ΔZm	σmm	Solución
TRS-GPS-1KSA	1577.7010	56.8	874.0071	58.1	7981.6890	41.9	Dif. Doble / Fija / L1

- Las desviaciones estándar de las líneas-base estáticas han sido multiplicadas por el factor 10.00.

2. Entrada de Puntos de Control WGS84 (Coord. Cart. y Desv. Típica)

Punto	X	σ	Y	σ	Z	σ
TRS	1483152.0330m	0.0mm	-6193034.0636m	0.0mm	373032.3125m	0.0mm

3. Líneas-base Ajustadas en WGS84 (Componentes y Desv. Típica)

Observación	ΔX	σ	ΔY	σ	ΔZ	σ
TRS-GPS-1KSA	1577.7010m	56.8mm	874.0071m	58.1mm	7981.6890m	41.9mm

4. Residuos de Línea-Base (Residuos y Residuos Estandarizados)

Observación	Res. Dir. Norte	Res. Estánd.	Res. Dir Este	Res. Estánd.	Res. de Altitud	Res. Estánd.	Núm. de Red.
TRS-GPS-1KSA	0.0mm		0.0mm		0.0mm		0.00

Figura 22 Informe de procesamiento de coordenadas de punto GPS1-KSA.

Fuente: Propia

✓ Prueba Estática del dispositivo Arduino/SIM 808

Se llevó una toma de datos obteniendo un total de 19428 mediciones, tomando un dato cada segundo, en un periodo de tiempo que inició a las 07:41:00 (hrs:min:seg) y finalizó 13:41:37 (hrs:min:seg) teniendo 7 horas de toma de datos en una jornada de pruebas obteniendo diferentes variables como información importante para su localización. En la

siguiente tabla se muestra los tipos de medidas que se reciben y los indicadores estadísticos empleados para determinar la incertidumbre o error para de esa forma comparar resultados con las especificaciones técnicas.



Figura 23 Prueba con GPS del módulo SIM 808 en punto materializado.

Fuente: Propia

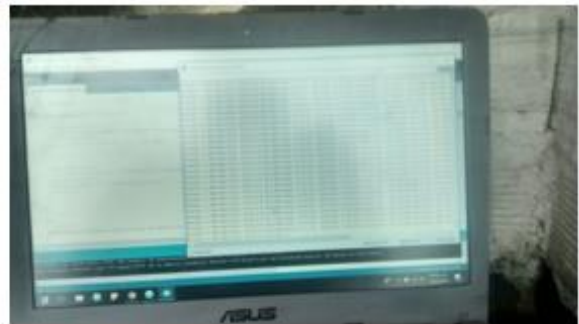


Figura 24 Arduino y módulo SIM808 (izq) y toma de datos GPS en el puerto serial (der). Fuente: Propia

Tabla 14 Variables e indicadores estadísticos

VARIABLE	MEDIA ARITMETICA	DESVIACION ESTANDAR	VALOR MAXIMO	VALOR MINIMO
LATITUD (°)	3.447260864	1.625E-05	3.4473	3.447228
LONGITUD (°)	-76.51644586	1.988E-05	-76.516392	-76.516477
ALTITUD (m)	988.244	4.144E+00	998.000	980.000
VELOCIDAD (km/h)	0.001770731	0.021666262	0.6	0
HDOP	0.892350852	0.106056513	1.6	0.8
PDOP	1.73993926	0.194660148	2.8	1.1
VDOP	1.483203789	0.19739493	2.5	0.7
#SATELITES	9.552118186	0.705976762	11	7
NORTE (m)	872968.8788	1.797063825	872973.206	872965.245
ESTE (m)	1062345.881	2.209400202	1062351.865	1062342.42

Fuente: Propia

Las dos últimas (NORTE y ESTE) se debe aclarar que son resultado de la conversión de coordenadas geográficas (Latitud, Longitud) a Gauss Kruger (Norte, Este) o planas para

determinar no en grados decimales sino en medida de longitud es decir metros la variación e incertidumbre de error.

Tabla 15 Diferencia de valores máximos y mínimos medidos.

Intervalo de maxima diferencia valores	
NORTE (m)	7.961
ESTE (m)	9.445

Fuente: Propia

Se evidencia que en la medición de la longitud tiene mayor variación siendo más sensible en sus datos, llegando a tener una desviación de hasta 9,5 m visto en la coordenada Este mientras que en la latitud presenta menos diferencias en sus observaciones con algo más de 7,9 m casi cerca a los 8 metros como se registra en la coordenada Norte con el equipo.

✓ Cálculo de Errores

1. Error e incertidumbre.

En un procedimiento experimental que nos proporciona el valor de una magnitud X , el resultado no coincide exactamente con el valor real de dicha magnitud. La diferencia entre el valor real y el valor medido se llama error de la medida:

$$\varepsilon = X_{med} - X_{real} \quad (2)$$

Donde:

X_{med} Corresponde al valor de la variable medida, X_{real} corresponde al valor real de la variable.

Para esta experimentación se utilizó el GPS del módulo SIM 808, el cual se ubicó en el punto GPS1-KSA, el cual se materializó en la terraza de uno de los autores, se tuvo una muestra de 19428 datos a una frecuencia de 1 dato / segundo, durante una hora, para calcular el error como lo indica el modelo, se utilizará la media aritmética como el valor de la variable medida y como valor real se tomará la coordenada final obtenida en el post-proceso del punto materializado y observado con GPS doble frecuencia en modo estático.

Tabla 16 Coordenadas finales del punto GPS-1KSA

COORDENADAS GEOGRAFICAS PUNTO MATERIALIZADO GPS-1KSA		
LATITUD	LONGITUD	ALTITUD (m)
3.447267036	-76.516416911	1002.3187

Fuente: Propia

Tabla 17 Coordenadas promediadas durante la prueba.

MEDIA ARITMETICA DE LOS DATOS TOMADOS CON GPS DEL MODULO SIM808		
LATITUD	LONGITUD	ALTITUD (m)
3.447260864	-76.516445862	988.244

Fuente: Propia

Error e incertidumbre para la Latitud:

$$\varepsilon = 3.447260864 - 3.447267036$$

$$\varepsilon = -6.172 \times 10^{-6} \text{ mts}$$

Error para la Longitud:

$$\varepsilon = 76.516445862 - 76.516416911$$

$$\varepsilon = 2.8950 \times 10^{-5} \text{ mts}$$

Error para la Altura:

$$\varepsilon = 1002.3187 - 988.244$$

$$\varepsilon = 14.075 \text{ mts}$$

Los errores pueden clasificarse, según su origen, en sistemáticos y accidentales.

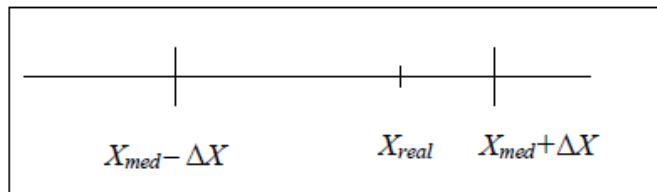
Los errores sistemáticos son debidos a defectos del método o del instrumento que dan lugar a una desviación de los resultados de las medidas siempre en el mismo sentido. Entre estos errores cabe destacar el error de cero como, por ejemplo, el que tiene una balanza cuyo cero no está bien ajustado por defecto de los brazos. Estos errores de deben detectar e intentar eliminar, ya que no admiten tratamiento estadístico.

Los errores accidentales son debidos a causas imposibles de controlar (p.e. cambios de temperatura, presión, vibraciones, etc.), que alteran el resultado a veces por defecto y otras por exceso. Habitualmente se hace la hipótesis de que estos errores se distribuyen al azar, siguiendo leyes estadísticas que permiten determinar el valor más probable, así como el margen de incertidumbre.

El error es siempre desconocido, pero puede estimarse una cota superior para su valor absoluto. Esta cota se denomina incertidumbre de la medida y se denota por ΔX . De la definición de error y de incertidumbre deducimos que el valor real de la medida se encuentra en el intervalo:

$$X_{real} \in [X_{med} - \Delta X, X_{med} + \Delta X] \quad (3)$$

Gráficamente podemos representar esta situación de la siguiente forma:



X_{med} se encuentra en el punto medio del intervalo. Por ello, el resultado de una medida se escribe siempre en la forma:

$$X = X_{medida} \pm \Delta X \quad (4)$$

Donde:

X corresponde a X_{real} , X_{medida} corresponde al dato del muestreo y ΔX corresponde a la incertidumbre

Hemos visto la diferencia entre los conceptos error e incertidumbre. Distinguirlos facilita la comprensión de la teoría de errores. Sin embargo, por comodidad, es muy frecuente utilizar la palabra error para referirse a la incertidumbre de una medida.

2. Cálculo de Incertidumbres

La incertidumbre se calcula de forma diferente dependiendo de si el valor de la magnitud se observa directamente en un instrumento de medida (medida directa) o si se obtiene manipulando matemáticamente una o varias medidas directas (medida indirecta). En este caso se aplicará el cálculo de incertidumbres en medidas directas.

2.1. Cálculo de la Incertidumbre en medidas directas

La forma de calcular la incertidumbre absoluta ΔX depende del número n de medidas efectuadas:

Una sola medida ($n=1$)

En este caso tomaremos la incertidumbre debida a la precisión del instrumento de medida. Normalmente se toma igual a la división mínima de su escala (o, en el caso de balanzas, la pesa de menor valor) y la denotamos por p .

$$\Delta X = p \quad (5)$$

Donde:

ΔX Es la incertidumbre absoluta y p es la precisión del instrumento de medida

Más de una Medida ($n \geq 2$)

Veamos ahora cómo se puede estimar la incertidumbre debida a factores ambientales aleatorios. Para esta estimación es necesario repetir la medida varias veces en las mismas condiciones. En cada una de estas repeticiones de la medida los factores aleatorios afectan de forma diferente, lo que permite obtener información acerca de su magnitud.

Si repetimos n veces la medida de una magnitud X y denotamos por $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ los resultados de las n medidas, entonces el mejor valor es la media aritmética, es decir:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (6)$$

Donde $\bar{X}$ es la media aritmética de los datos muestreados, n es la cantidad de datos muestreados y X_i es cada uno de los datos muestreados.

$$\begin{aligned} \text{si } 2 \leq n \leq 10 \quad \Delta X &= \max(p, Dm) \\ \text{si } n > 10 \quad \Delta X &= \max(\sigma, m) \end{aligned}$$

Donde Dm es la desviación máxima y viene definida como:

$$Dm = \frac{X_{max} - X_{min}}{2} \quad (7)$$

Y σm es la desviación típica de la media (o error cuadrático de la media) y viene dada por la expresión:

$$\sigma m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X - X_i)^2}{n(n-1)}} \quad (8)$$

Donde $\bar{X}$ es la media aritmética de los datos muestreados, n es la cantidad de datos muestreados y X_i es cada uno de los datos muestreados.

Por tanto, σ_m es una medida del grado de dispersión de la distribución de los valores alrededor de la media. Cuando σ_m es grande, los valores individuales están muy dispersos. Finalmente, la medida directa debe expresarse en la forma (con los redondeos que se explican en la sección siguiente:

$$X = (\bar{X} \pm \Delta X) \text{ unidades} \quad (9)$$

Donde X corresponde al valor real, $\bar{X}$ corresponde a la media aritmética y ΔX corresponde a la incertidumbre

Debido a que en esta experimentación se realizaron 19428 datos que es mayor a 10, se utilizara el error cuadrático de la media.

Latitud:

$$\text{Latitud} = (3.447260864 \pm 1.625E - 05) \text{ grados}$$

Longitud:

$$\text{Longitud} = (-76.51644586 \pm 1.988E - 05) \text{ grados}$$

Altura:

$$\text{Altura} = (988.244 \pm 4.144) \text{ metros}$$

Velocidad:

$$\text{Velocidad} = (0.001770731 \pm 0.021666262) \text{ km/h}$$

Norte:

$$\text{Norte} = (872968.8788 \pm 1.797063825) \text{ metros}$$

Este:

$$\text{Este} = (1062345.881 \pm 2.209400202) \text{ metros}$$

La Raíz del Error Cuadrático Medio o RMSE (Root Mean Squared Error) es una medida de desempeño cuantitativa utilizada comúnmente para evaluar métodos de pronóstico de demanda. En este contexto RMSE consiste en la raíz cuadrada de la sumatoria de los errores cuadráticos. En comparación con la Desviación Media Absoluta o MAD, RMSE amplifica y penaliza con mayor fuerza aquellos errores de mayor magnitud. La fórmula de cálculo del RMSE se muestra a continuación:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{n=1}^n (V_M - V_R)^2} \quad (10)$$

Donde: V_M Corresponde al valor observado en la medición, V_R Corresponde al valor real, n Corresponde al número de datos observados en la experimentación

El RMSE da una medida estadística de la dispersión de las posiciones calculadas en torno a la "posición mejor ajustada". A menor RMSE mayor precisión. En este caso, las variables espaciales como lo son las coordenadas Norte (Y) y Este (X), la forma de obtener el cálculo de este indicador es por medio del siguiente modelo:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{n=1}^n (Y_M - Y_R)^2 + (X_M - X_R)^2} \quad (11)$$

Donde: Y_M Corresponde al valor medido en la coordenada Norte, Y_R Corresponde al valor real del punto en la coordenada Norte, X_M Corresponde al valor medido en la coordenada Este, X_R Corresponde al valor real del punto en la coordenada Este, n Corresponde al número de datos observados en la experimentación.

$$RMSE = 4.3 \text{ m}$$

Con base a los resultados de los datos obtenidos (19428 en total) se grafican algunas de las variables determinantes para la ubicación del módulo con base al tiempo de medición que se estableció en cada segundo cada toma.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
ID	Fecha	Origen	Plancha	Tiempo	LATITUD	LONGITUD	ALTURA	NORTE	ESTE	ALTITUD	VELOCIDAD	HDOP	PDOP	VDOP	#SATELITES	N-GPS	E-GPS	
1	2018/03/06	2	Oeste	300-I-A-3	7:40:46	3.44729	-76.516448	994	872972.101	1062345.641	994	0.3	1	1.3	0.9	7	6.441444	11.944
2	2018/03/06	2	Oeste	300-I-A-3	7:40:47	3.447295	-76.51645	994.2	872972.653	1062345.419	994	0	1	1.3	0.9	7	9.5481	13.528
3	2018/03/06	6	Oeste	300-I-A-3	7:40:48	3.44729	-76.51644	996.6	872972.101	1062346.53	996	0.6	1	2.1	1.8	7	6.441444	6.589
4	2018/03/06	5	Oeste	300-I-A-3	7:40:49	3.44729	-76.51645	994.5	872972.101	1062345.419	994	0.2	1	1.3	0.9	7	6.441444	13.528
5	2018/03/06	7	Oeste	300-I-A-3	7:40:50	3.447292	-76.51644	995.7	872972.322	1062346.53	995	0.3	1	1.3	0.9	7	7.612081	6.589
6	2018/03/06	7	Oeste	300-I-A-3	7:40:51	3.447285	-76.516443	997.6	872971.548	1062346.197	998	0.4	1	1.3	0.9	7	3.940225	8.410
7	2018/03/06	5	Oeste	300-I-A-3	7:40:52	3.447285	-76.516445	997.5	872971.548	1062345.975	997	0.3	1	1.3	0.9	7	3.940225	9.747
8	2018/03/06	5	Oeste	300-I-A-3	7:40:54	3.447287	-76.516447	997.5	872971.769	1062345.753	997	0.3	1	1.3	0.9	7	4.866436	11.182
9	2018/03/06	2	Oeste	300-I-A-3	7:40:55	3.447287	-76.516447	997.2	872971.769	1062345.753	997	0.4	1	1.3	0.9	7	4.866436	11.182
10	2018/03/06	2	Oeste	300-I-A-3	7:40:56	3.447287	-76.516447	997	872971.769	1062345.753	997	0.3	1	1.3	0.9	7	4.866436	11.182
11	2018/03/06	9	Oeste	300-I-A-3	7:40:57	3.447288	-76.516448	996.9	872971.879	1062345.641	996	0.2	1	1.3	0.9	7	5.368356	11.944
12	2018/03/06	8	Oeste	300-I-A-3	7:40:58	3.447288	-76.516447	996.8	872971.88	1062345.752	996	0.4	1	2.1	1.8	7	5.368489	11.189
13	2018/03/06	7	Oeste	300-I-A-3	7:40:59	3.44729	-76.516447	996.7	872972.101	1062345.752	996	0.2	1	1.3	0.9	7	6.441444	11.189
14	2018/03/06	6	Oeste	300-I-A-3	7:41:00	3.44729	-76.516447	996.6	872972.101	1062345.752	996	0.1	1	1.3	0.9	7	6.441444	11.189
15	2018/03/06	5	Oeste	300-I-A-3	7:41:01	3.44729	-76.516447	996.5	872972.101	1062345.752	996	0.3	1	1.3	0.9	7	6.441444	11.189
16	2018/03/06	4	Oeste	300-I-A-3	7:41:03	3.44729	-76.516445	996.4	872972.101	1062345.975	996	0	1	1.3	0.9	7	6.441444	9.747
17	2018/03/06	4	Oeste	300-I-A-3	7:41:04	3.44729	-76.516447	996.4	872972.101	1062345.752	996	0	1	1.3	0.9	7	6.441444	11.189
18	2018/03/06	3	Oeste	300-I-A-3	7:41:05	3.44729	-76.516447	996.3	872972.101	1062345.752	996	0	1	1.3	0.9	7	6.441444	11.189
19	2018/03/06	3	Oeste	300-I-A-3	7:41:06	3.44729	-76.516445	996.3	872972.101	1062345.975	996	0	1	1.3	0.9	7	6.441444	9.747
20	2018/03/06	3	Oeste	300-I-A-3	7:41:07	3.44729	-76.516445	996.3	872972.101	1062345.975	996	0	1	1.3	0.9	7	6.441444	9.747
21	2018/03/06	3	Oeste	300-I-A-3	7:41:08	3.44729	-76.516445	996.3	872972.101	1062345.975	996	0	1	1.3	0.9	7	6.441444	9.747

Figura 25 Datos obtenidos de la prueba del GPS del módulo.

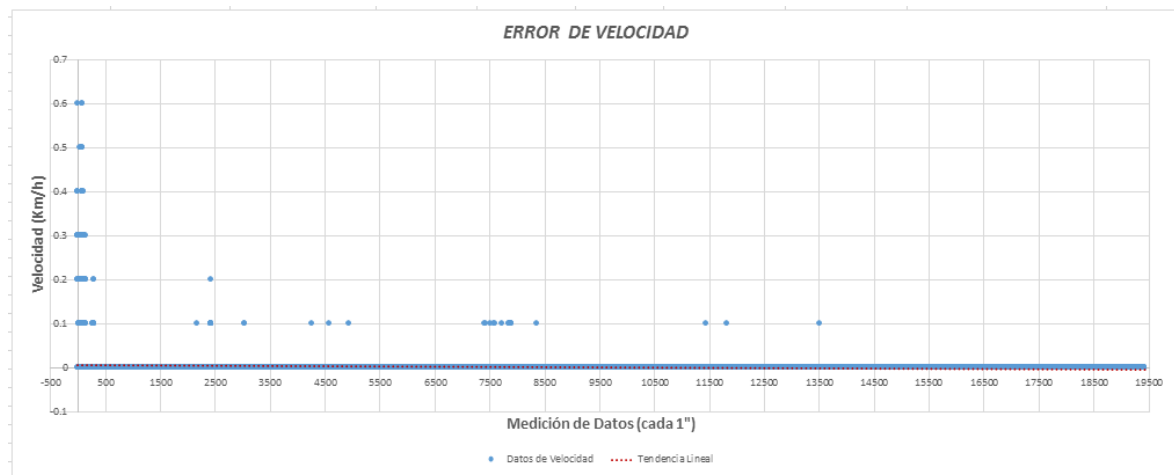
Fuente: Propia

Se obtuvo una gráfica donde se representa para cada uno de los datos medidos el error en su posición con respecto a las coordenadas obtenidas por el GPS de alta precisión como punto de control, mostrando el rango de incertidumbre que tiene el módulo en sus observaciones .mostrando en la área sombreada el intervalo de error en distancia, teniendo como valor máximo aproximadamente de 6,8 m y el valor mínimo 0,4 m. Este rango obtenido es con base a cada medición del módulo comparado al punto GPS materializado, para luego si calcular el RMSE que se menciona anteriormente el cual es de 4,3 m, es decir que el error total del dispositivo tiene ese valor radial.



Gráfica 1 Datos obtenidos de Latitud y Longitud por cada medición.

Fuente: Propia



Gráfica 2 Datos obtenidos de la Velocidad por cada medición.

Fuente: Propia.

Se presenta una forma lineal y constante en los datos mostrando una tendencia lineal con pendiente negativa de desviación mínima, aunque su variación se encuentra en un intervalo de 0 km/h a 0,6 km/h determinando la velocidad promedio de aproximadamente de 0 km/h, puesto que al inicio presenta variaciones, pero con el transcurso del tiempo se estabiliza hasta quedar en cero siendo este un módulo confiable para representar esta variable.

3.5.1.4. Programación del dispositivo (Arduino/SIM 808).

Luego de calcular los errores e incertidumbres asociados al equipo, y de realizar y comprobar las conexiones del mismo se procedió a realizar la programación del dispositivo (Arduino/Modulo SIM 808), para esto se tuvo en cuenta utilizar el paradigma orientado a objetos, es decir una programación modularizada con el fin de tener el programa separado por funciones o métodos dependiendo de la tarea que se vaya a realizar, en este caso señalamos las funciones más importantes de todo el código en general, pero antes se describirá de manera textual todo el proceso que se busca realizar con el dispositivo (Arduino/Modulo SIM 808).

Teóricamente se busca que al instalar el dispositivo en un vehículo, si este se encuentra en movimiento, con la instalación de un botón el cual el usuario al bajarse del vehículo si lo activa y no se presione de nuevo al moverlo, el dispositivo entenderá que se ocasiono un robo y llamara al cliente como forma de alertar su cambio de estado y que mande las coordenadas actuales del sistema GNSS por internet a una base de datos espacial cada 15 segundos, la cual estará administrada por una aplicación web geográfica, y si el vehículo esta estacionado se le enviará un mensaje de texto al móvil del usuario a los 12 minutos de haberse estacionado y cada 3 horas con el fin de tenerlo notificado de la posición actual del vehículo.

Principalmente se incluyen las librerías a utilizar en el proceso, en este caso se incluyó la librería Software Serial para establecer la comunicación serial entre el Arduino y el módulo SIM 808, luego se definieron las variables globales a utilizar en el proceso, cabe resaltar que la tarjeta Arduino maneja 2 funciones principales que son el void setup, que se encarga de realizar todas las configuraciones iniciales como la velocidad de comunicación (baudaje), así como las configuraciones iniciales para las funciones del GPRS, como lo es la conexión a internet, las funciones correspondientes a la red 4G como lo son los mensajes de texto y las llamadas, y las configuraciones iniciales correspondientes al sistema de navegación por satélite GNSS, la otra función principal de Arduino es el void loop, esta función es un bucle infinito que va a ejecutar interminablemente lo que se declare dentro de ella, desde que se cargue el programa al Arduino hasta que este deje de estar encendido.

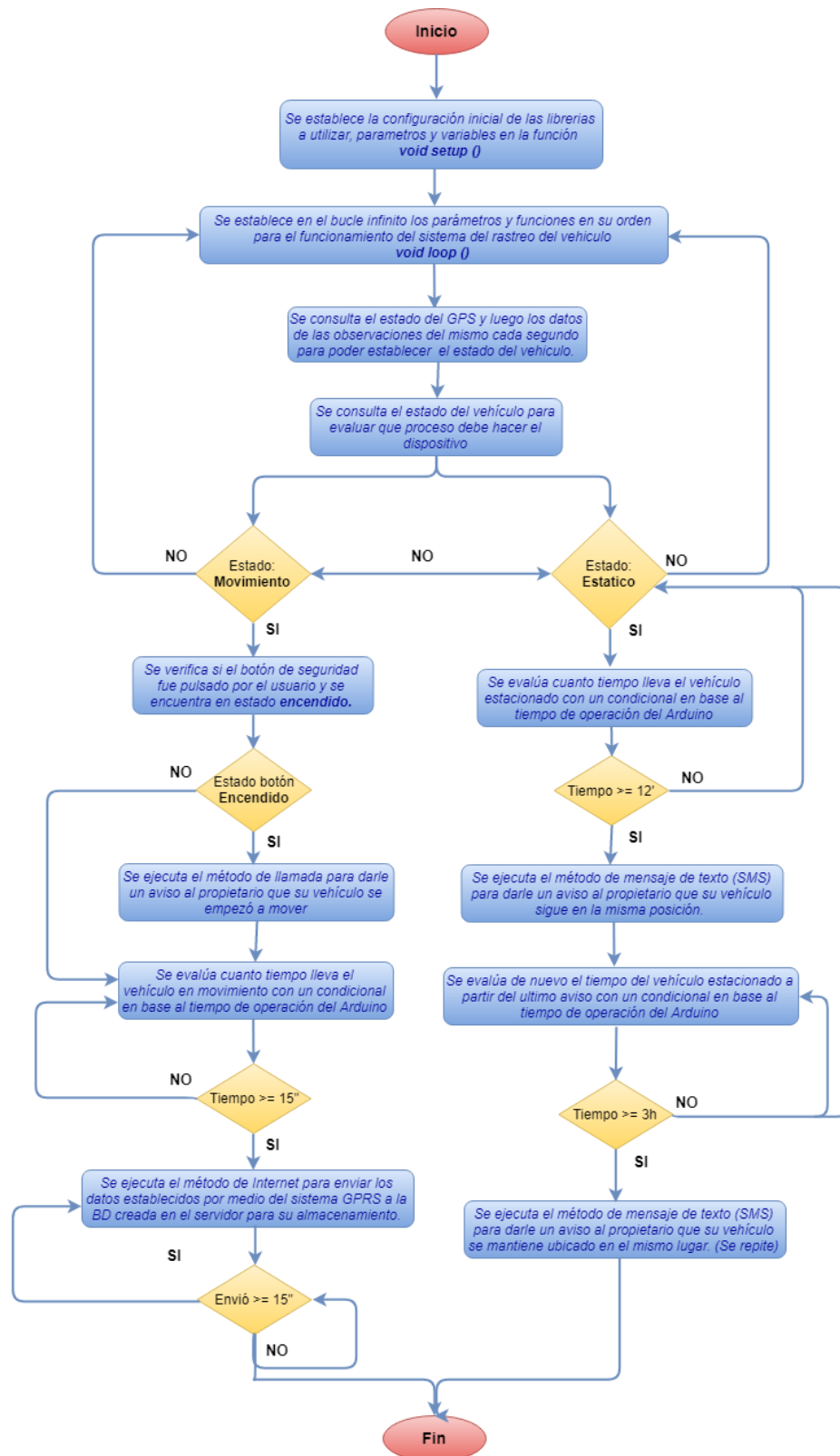


Figura 26 Esquema general del sistema del dispositivo.

Fuente: Propia

✓ Programación del sistema GNSS.

Dentro del void loop se creó la función *consultarGps()*, que consiste en ejecutar el comando AT correspondiente para pedir los datos de estado, latitud, longitud, altura, velocidad, GDOP, hora y fecha de los satélites en formato NMEA, el cual es una asociación fundada en 1957 por un grupo de fabricantes de electrónica para obtener un sistema común de comunicación entre las diferentes marcas de electrónica naval. Poco a poco se fueron sumando todos los fabricantes a este estándar, además de organizaciones oficiales y gubernamentales. La idea de NMEA es enviar una línea de datos llamada oración que es totalmente independiente de otras oraciones. Hay oraciones estándar para cada categoría de dispositivo y también existe la posibilidad de definir oraciones propias para uso de la compañía individual. Todas las oraciones estándar tienen un prefijo de dos letras que define el dispositivo que usa ese tipo de oración. (Para los receptores GPS, el prefijo es GP.) Seguido de una secuencia de tres letras que define el contenido de la oración. Además, NMEA permite a los fabricantes de hardware definir sus propias oraciones propias para cualquier propósito que consideren oportuno. Todas las oraciones propias comienzan con la letra P y son seguidas por 3 letras que identifican al fabricante que controla esa oración. Por ejemplo, una oración de Garmin comenzaría con PGRM y Magellan comenzaría con PMGN.

Cada oración comienza con un '\$' y finaliza con una secuencia de retorno de carro / avance de línea y no puede tener más de 80 caracteres de texto visible (más los terminadores de línea). Los datos están contenidos dentro de esta línea única con elementos de datos separados por comas. Los datos en sí son solo textos y pueden extenderse sobre oraciones múltiples en ciertas instancias especializadas, pero normalmente están completamente contenidos en una oración de longitud variable. Los datos pueden variar en la cantidad de precisión contenida en el mensaje. Por ejemplo, el tiempo puede indicarse como partes decimales de un segundo o la ubicación puede mostrarse con 3 o incluso 4 dígitos después del punto decimal. Los programas que leen los datos solo deben usar las comas para determinar los límites del campo y no depender de las posiciones de las columnas. Hay una disposición para una suma de comprobación al final de cada oración que puede o no ser verificada por la unidad que lee los datos. El campo de suma de comprobación consiste en un '*' y dos dígitos hexadecimales que representan un O exclusivo de 8 bits de todos los caracteres entre, pero sin incluir, los '\$' y '*'. Se requiere una suma de comprobación en algunas oraciones.

En el void setup que son las configuraciones iniciales se enciende el sistema de navegación por satélite con AT+CGNSPWR=1, el módulo SIM 808 admite varios tipos de sentencias u oraciones de tipo NMEA que son GGA: datos de hora, posición y tipo de arreglo, GSA: Modo de funcionamiento del receptor GNSS, satélites utilizados y valores DOP, GSV: número de satélites a la vista, números de identificación del satélite, valores de elevación, azimut y SNR, RMC: datos de hora, fecha, posición, rumbo y velocidad, para el desarrollo de la aplicación se escogió el formato NMEA RMC, ya que por la forma de tener sus datos

se realizó de la mejor manera la función en el Arduino para extraer los datos y la velocidad la entregaba ya en kilómetros por hora lo que se evitaba hacer más operaciones matemáticas, debido a esto en el void setup se ejecutó el comando AT+CGNSSEQ=RMC indicándole al módulo que el tipo de NMEA que vamos a utilizar es RMC que entrega los datos de la siguiente manera: RMC - NMEA tiene su propia versión de datos gps pvt (posición, velocidad, tiempo) esenciales. Se llama RMC, el mínimo recomendado, que se verá similar a: \$ GPRMC, 123519, A, 4807.038, N, 01131.000, E, 022.4, 084.4,230394,003.1, W * 6^a

Dónde:

RMC recomendado Oración mínima C
123519 Horario UTC 12:35:19 UTC
Un estado A = activo o V = vacío.
4807.038, N Latitud 48 deg 07.038 'N
01131,000, E Longitud 11 grados 31,000 'E
022.4 Velocidad sobre el suelo en nudos
084.4 Ángulo de seguimiento en grados True
230394 Fecha - 23 de marzo de 1994
003.1, W Variación magnética

Adicional a este proceso se creó una función en Arduino para extraer las variables y guardarlas para posteriormente enviarlas por internet o por mensajes de texto (SMS), cabe resaltar que esta función se ejecuta cada segundo ejecutando el comando AT+CGNSINF en el void loop, en donde se le indica al módulo que lea los datos del GPS, es decir cada segundo se leen los datos provenientes de los satélites en órbita y se actualiza la posición dependiendo de la ubicación espacial del sensor, y de la geometría del sensor con satélites, a continuación, se muestra el diagrama lógico que explica la estructura de la función.

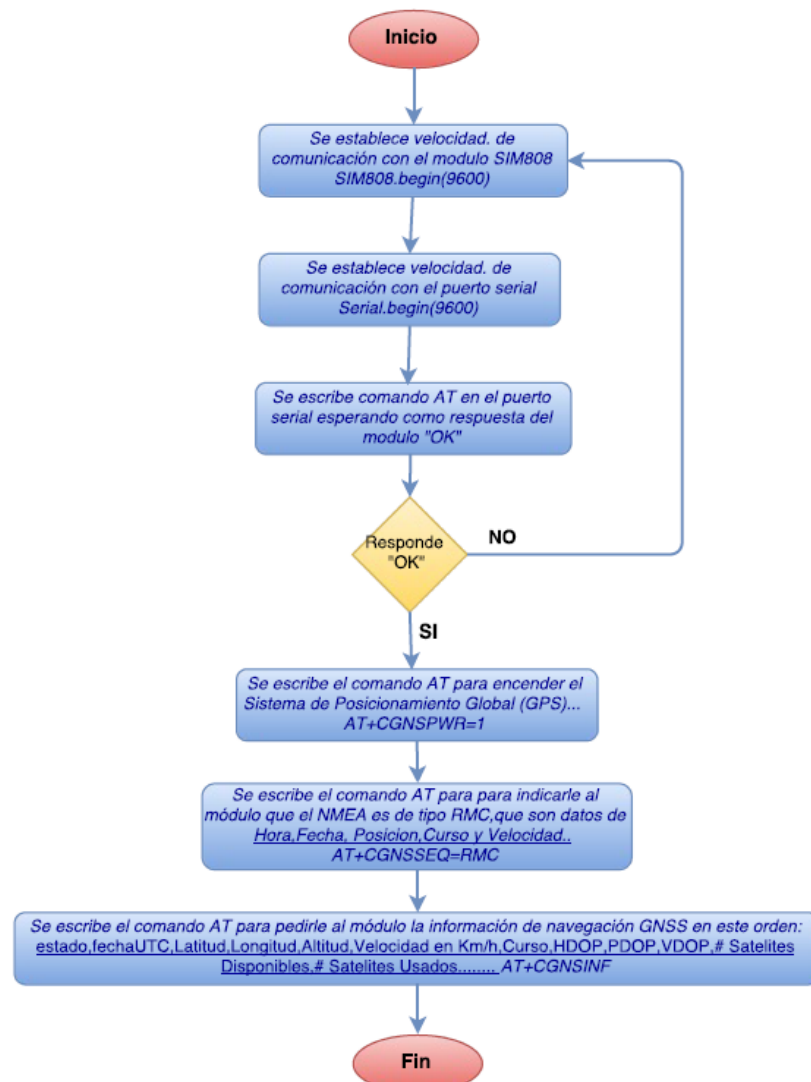


Figura 27 Esquema del método consultarGps().

Fuente: Propia

✓ Programación del estado del vehículo

Se creó la función consultarEstado (), esta función consiste en que luego de que se les haga la consulta a los satélites de la red GNSS en órbita y el sensor reciba los datos, estos se almacenan en arreglos, se tienen en cuenta las incertidumbres y los errores calculados en la materialización del punto en la terraza con GPS doble frecuencia y el cálculo realizado a los 19824 datos observados con el dispositivo, ver figura:

Tabla 18 Parámetros en cuenta según informe de errores e incertidumbres para establecer estado del vehículo.

VARIABLE	MEDIA ARITMETICA	DESVIACION ESTANDAR	VALOR MAXIMO	VALOR MINIMO
LATITUD (°)	3.447260864	1.625E-05	3.4473	3.447228
LONGITUD (°)	-76.51644586	1.988E-05	-76.516392	-76.516477
ALTITUD (m)	988.244	4.144E+00	998.000	980.000
VELOCIDAD (km/h)	0.001770731	0.021666262	0.6	0

Fuente: Propia

La función comienza con un condicional en donde si la posición actual tomada se encuentra dentro del rango de la latitud actual más el valor de la incertidumbre en esta variable y la latitud actual menos el valor de la incertidumbre en esta variable, así como la longitud actual más el valor de la incertidumbre en esta variable y la longitud actual menos el valor de la incertidumbre en esta variable, así como si el valor actual de la velocidad es mayor a 0 y menor o igual a 0.6 km/h que es el valor máximo erróneo arrojado por el sensor, ver figura 28:

```
if (latifloat <= latifloat+0.001 && latifloat >= latifloat-0.001 && longifloat <= longifloat +0.0001 && longifloat >= longifloat -0.0001 && velfloat <= 0.6 && velfloat >=0.00)
```

Figura 28 Condicional para establecer estado del vehículo.

Fuente: Propia

Si todo este condicional se cumple se determina parcialmente que el vehículo se encuentra en estado estático, si esta condición no se cumple es decir si el valor actual de la variable espacial (latitud, longitud y velocidad), se encuentran fuera del rango establecido, el programa entrará en el “else” de la estructura de control definida y aquí se especificará que el vehículo se encuentra en movimiento

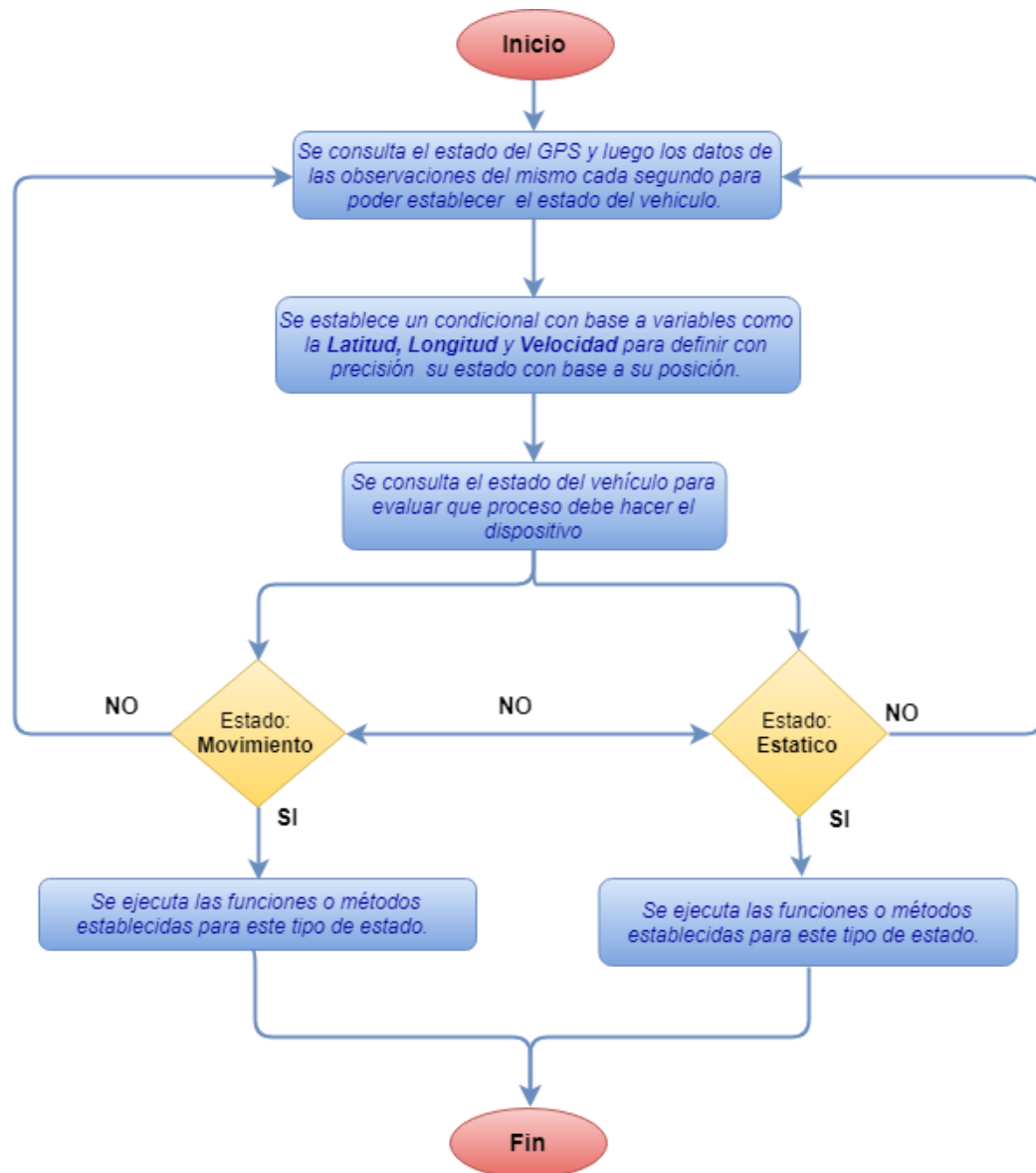


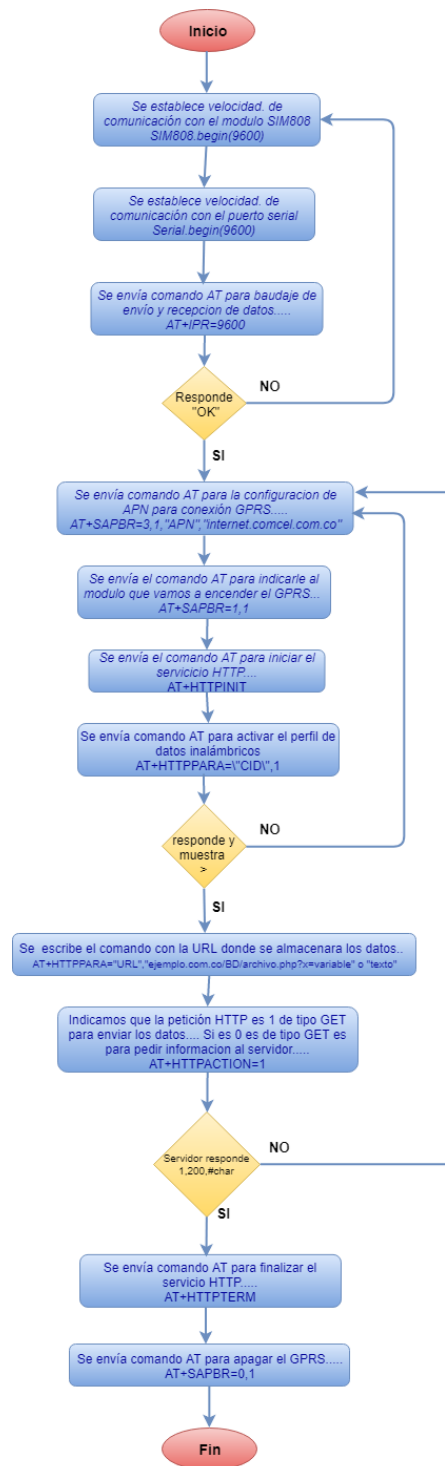
Figura 29 Esquema de método consultarEstado().

Fuente: Propia

Luego de definir el estado del vehículo se programó el envío de las variables espaciales o coordenadas (latitud, longitud, altura, velocidad, hora y fecha), para el proceso se definieron dos tipos de envío de datos: el primero es que mientras el vehículo se encuentre en movimiento se enviarán los datos por Internet a una base de datos espacial cada 15 segundos ejecutando la función `enviarDatosInternet()`, y si el carro o moto se encuentra en modo estático se evalúa un condicional con el tiempo, si han transcurrido 12 minutos se enviará un mensaje de texto (SMS) al teléfono móvil del usuario indicándole que este se ha estacionado ejecutando la función `enviarMensajeTexto()`, luego si han pasado 3 horas y sigue en el mismo estado se enviará nuevamente un mensaje de texto al celular del propietario, esto con el fin de mantener al usuario informado de la posición de su vehículo.

✓ **Programación del envío de datos por Internet**

Para la función *enviarDatoInternet()*, se le envían los comandos AT correspondientes al módulo SIM808 para que ejecute la tarea correspondiente, principalmente se configura el APN para la conexión por GPRS con el comando AT+SAPBR= 3,1, "APN", "Intenet.comcel.com.co", cabe resaltar que en el módulo SIM 808 se está utilizando una sim card de claro Colombia, por lo que se consultó el APN o punto de acceso en la página web de claro Colombia, siendo este *internet.comcel.com.co*, luego se le indica al módulo SIM 808 que encienda el GPRS para poder enviar el dato por Internet, aquí se ejecuta el comando AT+SAPBR =1,1, al ejecutar este comando se puede observar que el led D3 que corresponde al estado de la red móvil empezará a prender y apagar a razón de 1 vez por segundo indicando que el módulo está listo para enviar datos por Internet, luego se ejecuta el comando AT+HTTPIINIT, aquí se le indica al módulo que se va a iniciar un servicio o una petición HTTP, luego se ejecuta el comando AT+HTTTPARA="CID",1, aquí se activa el perfil de datos inalámbricos, luego se ejecuta el comando AT+HTTTPARA="URL", "ejemplo.com.co/BD/archivo.php?x=variable" o "texto", aquí se le indica al módulo el host o la dirección IP con la cual establecerá la petición HTTP, también se concatenan la variables a enviar en este caso las capturadas por el sistema GNSS del módulo, es decir la *latitud*, *longitud*, *altura*, *velocidad*, *hora* y *fecha*, es importante mencionar que del lado del servidor en donde se van a recibir los datos se configuró un archivo php el cual recibe los datos por la URL y los almacena en una base de datos espacial en Postgres SQL, esta parte se explicará con más detalle más adelante en la implementación del sistema de información geográfica (SIG), luego se ejecuta el comando AT+HTTPACTION = 1, aquí se le indica al módulo que lo enviado anteriormente se hará por método HTTP GET, aquí se observará que el servidor dará una respuesta en este caso se envía una respuesta de 1,200, y el número de caracteres que contiene el archivo php que recibe los datos, según la respuesta del servidor el carácter 1 significa que la petición realizada fue de tipo GET, el carácter 200 significa que la petición HTTP fue realizada exitosamente y que los datos llegaron al servidor, y por último el número de caracteres correspondiente al archivo php que recibe los datos, luego se ejecuta el comando AT+HTTPTERM, aquí se le indica al módulo que la petición HTTP ha finalizado, por último se ejecuta el comando AT+SAPBR=0,1, aquí se le indica al módulo que apague el GPRS. Ver figura a continuación



NOTA: Desde que se encienda el GPRS al enviar los comandos AT el módulo debe responder "OK" para seguir la secuencia del método.

Figura 30 Esquema de método enviarDatosInternet().

Fuente: Propia

✓ Programación del envío de datos por mensajes de texto (SMS)

Al definirse que el vehículo se encuentra en estado estático al pasar los 12 minutos en donde se identifica que el vehículo esta estacionado se ejecuta la función *enviarMensajeTexto()*, principalmente se envía el comando `AT+CMGF = 1` indicándole al módulo que está en modo envío de mensajes de texto , luego se ejecuta el comando `AT+CMGS = 31#####`, los caracteres # corresponden al número de celular, en este caso el del usuario al que se le enviará el mensaje de texto, luego se escriben los caracteres que se enviarán en este caso se escribe la URL de la aplicación de google maps concatenando la latitud y la longitud actual del vehículo, por último se le envía al módulo el carácter ((char)26) que es el equivalente a ^Z en formato ASCII, con ello el módulo entiende que el mensaje de texto ha finalizado.

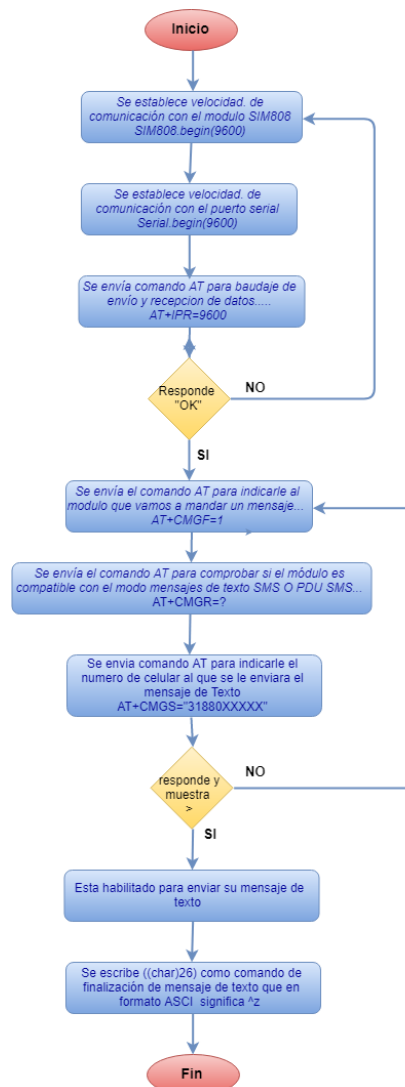


Figura 31 Esquema método enviarSMS.

Fuente: Propia

✓ **Programación de llamar usuario en base a botón de alerta.**

Se tuvieron en cuenta dos funciones para su ejecución, la primera es *escucharBoton()* en donde el LED tiene un estado de apagado (State=LOW) inicialmente, luego el usuario presiona el botón al momento de estacionar y bajarse del vehículo cambiando el estado del LED a encendido (State=HIGH), de inmediato con la función *llamarUsuario()* se verifica si el estado del LED es igual a encendido (HIGH o 1) y si el vehículo se encuentra en movimiento, si es así se ejecuta el comando *ATD3#####*; siendo los # el número celular del cliente a llamar y dejándolo timbrar por un periodo de tiempo de 23 segundos antes que este se vaya a buzón de mensajes, para esto al cumplir con este periodo se envía el comando *ATH* para colgar la llamada, se debe decir que la llamada se realiza a 2 teléfonos celulares en caso de que el teléfono del usuario se encuentre ocupado, este puede suscribir otro número telefónico de un familiar o de una persona allegada todo esto con el fin de enterarse de la situación actual del vehículo ante cualquier hecho, y así cumplir con la forma de avisar a la persona del movimiento del vehículo sin su autorización, si no se presiona el botón de alerta el módulo llamará a los 5 minutos nuevamente a los dos números celulares registrados como aviso, en caso de que el usuario al bajarse no oprimiera el botón no recibirá las llamadas mencionadas anteriormente.

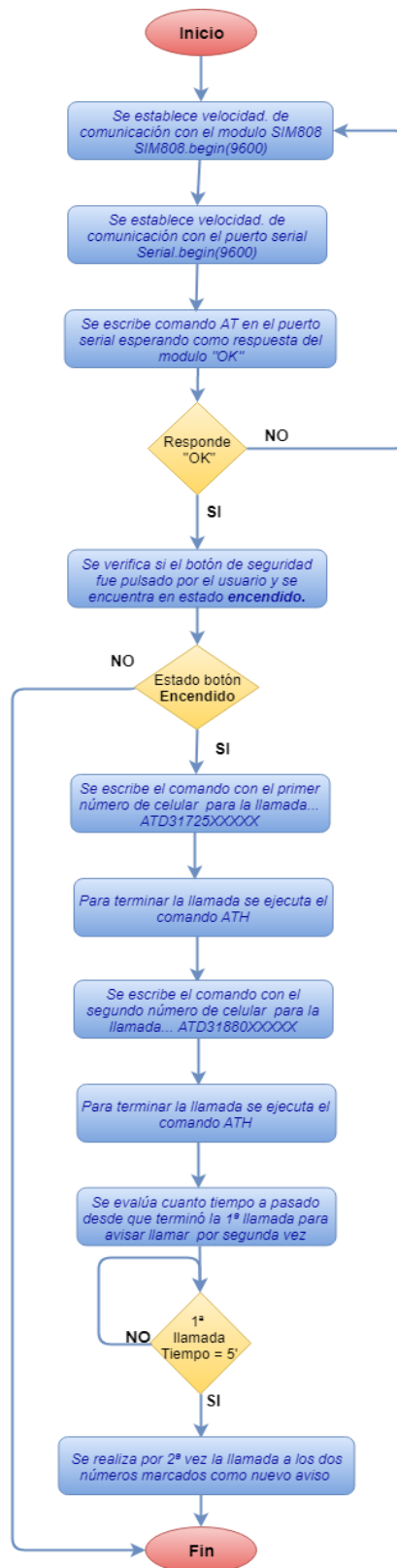


Figura 32 Esquema del método llamarUsuario().

Fuente: Propia

3.5.1.5. Diseño Y Elaboración De Prototipo Del Dispositivo.

El Diseño de la carcasa para el dispositivo, se realizó de forma modular, permitiendo así que su fabricación fuera más fácil de realizar por medios digitales tales como impresión 3D o corte laser. Se desarrolló su forma en 9 piezas en su totalidad, contemplando los siguientes requerimientos:

- Debe separar ambas tarjetas para evitar un corto o mal funcionamiento de las mismas.
- Debe asegurar las tarjetas para que no sufran algún daño en el momento de estar en movimiento en el vehículo.
- Debe permitir el encendido del sistema, como también el acceso a los diferentes puertos del dispositivo.
- Debe permitir la extracción de las tarjetas en caso de requerir una reparación o cambio.
- Debe poder asegurarse en el vehículo al momento de su uso en las calles y carreteras.

El prototipo resuelve todo lo planteado anteriormente generando una estructura compacta que en uno de sus lados permite ser fijada al vehículo; dicha estructura internamente se divide en dos cavidades, una para cada tarjeta y de esta manera evitar el contacto entre estas. Cabe mencionar que esta estructura va totalmente fijada entre sí por medio de uniones tipo macho-hembra y reforzadas por cloruro de metileno, a excepción de sus lados superior e inferior, los cuales funcionan como tapas y de esta manera se permite el acceso a las tarjetas una vez se requiere el cambio o mantenimiento; a su vez, al unirse por tornillos a la estructura las tapas aseguran que se mantenga fijo y en funcionamiento el prototipo.

Se resalta que la estructura en cuestión solo presenta ranuras que van ligadas únicamente a los puertos que son utilizados de las tarjetas y a su botón de encendido, dejando todo lo demás aislado y protegido de factores externos. Además, se maneja en su materialidad dos opciones dependiendo de su modo de fabricación: El ABS (en caso de fabricarse por impresión 3D) o el acrílico de 5mm (en caso de fabricarse por corte laser); Lo anterior se debe a que ambos materiales son bastante comerciales y de fácil acceso al público, sin mencionar el hecho de que son impermeables lo cual brinda aún más seguridad a las tarjetas respecto a la humedad o líquidos que puedan recibir.

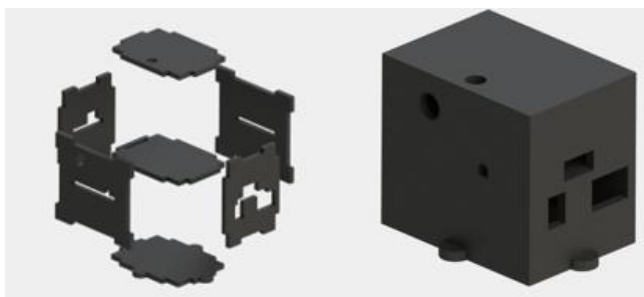


Figura 33 Render de Protector

Fuente: Propia

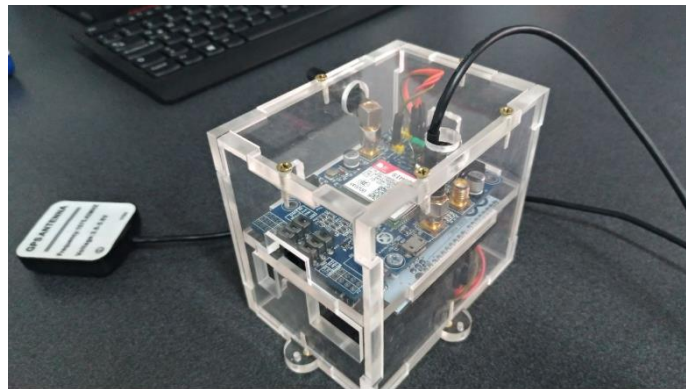


Figura 34 Prototipo final terminado.

Fuente: Propia

3.5.2. Implementación del Sistema de Información Geográfica (SIG)

3.5.2.1. Diseño BD

Después de establecer y obtener la información necesaria para la elaboración del Sistema de Información Geográfica se da inicio a la fase de diseño del modelamiento del sistema para su funcionamiento integrado y ordenado de la aplicación de forma completa.

✓ Modelo Conceptual.

Con esa información se comienza a diseñar el modelo conceptual que es la representación en un esquema de la realidad teniendo en cuenta las variables o entidades, los atributos y las relaciones que se deben tener además de su cardinalidad para la implementación del sistema utilizando el programa DÍA para su diseño. Se debe decir que el modelo es Entidad-Relación definiendo las entidades como las variables globales en recuadro azul, los atributos necesarios en círculos verdes y las relaciones requeridas como rombos de color rojo, como se muestra de la siguiente forma:

- **Modelo Entidad - Relación**

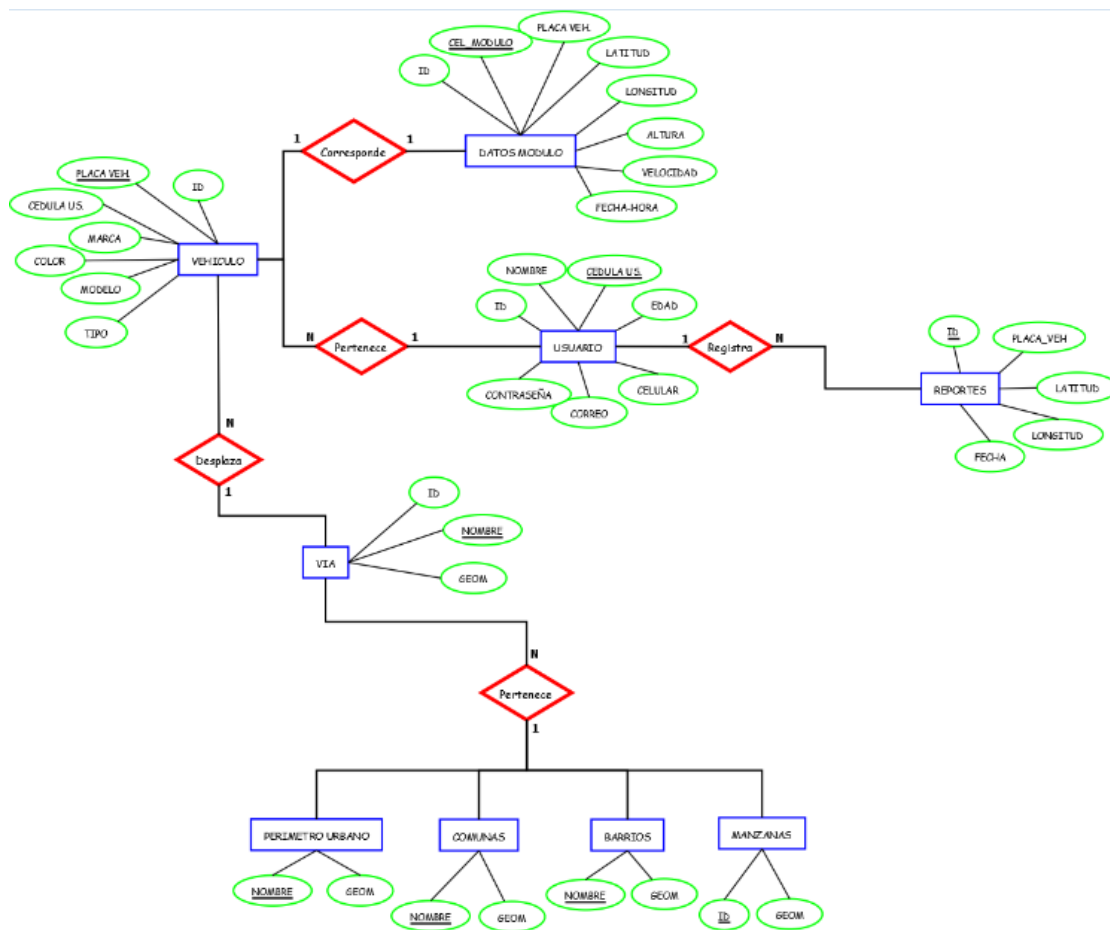


Figura 35 Modelo Entidad – Relación del Sistema.

Fuente: Propia

✓ **Modelo Lógico.**

Se puede definir como el diseño detallado de las bases de datos que contendrán la información alfa – numérica y los niveles de información gráfica que se capturarán, con los atributos que describen cada entidad, identificadores, conectores, tipo de dato (numérico o carácter) y su longitud; además, se define la geometría (punto, línea o polígono) de cada una de ellas.

Es en esta etapa que se elaboran las estructuras en que se almacenarán todos los datos un diseño detallado de lo que contendrá el SIG, tomando como base el modelo conceptual desarrollado anteriormente. Se trata de hacer una descripción detallada de las entidades, los procesos y análisis que se llevarán a cabo, los productos que se espera obtener, la preparación y presentación de los menús de consulta para los usuarios, definiendo los tipos de mapas con sus leyendas, contenido temático y demás, reportes o tablas que se espera cumplan los requerimientos de los usuarios.

- **Definición de los casos de uso**

Actores del Sistema:

Se muestran a las personas que estarán implicadas en el manejo y uso de la aplicación teniendo en cuenta su acceso y alcance de manejo del sistema.

Tabla 19 Actores y procesos en el sistema.

ACTOR	PROCESOS
Administrador del Sistema	
Persona encargada de manejar y controlar el funcionamiento del sistema.	Administra, crea, modifica datos, elimina y asigna contraseña a usuarios. Maneja todas las funciones, datos, módulos y base de datos de la aplicación.
Usuario Registrado en el Sistema	
Persona registrada como usuario y tiene acceso del sistema.	Manejar y consultar las funciones de la aplicación al igual que la cuenta de usuario.

Fuente: Propia

Diagramas de Casos de Uso:

Se representa de forma gráfica los posibles casos de usos que tendrá el sistema según la persona que tenga acceso a la aplicación, en donde se muestra de forma general y de forma específica las funciones y servicios que se pueden realizar, además de diagramas de secuencia y diagramas de navegación del sistema.

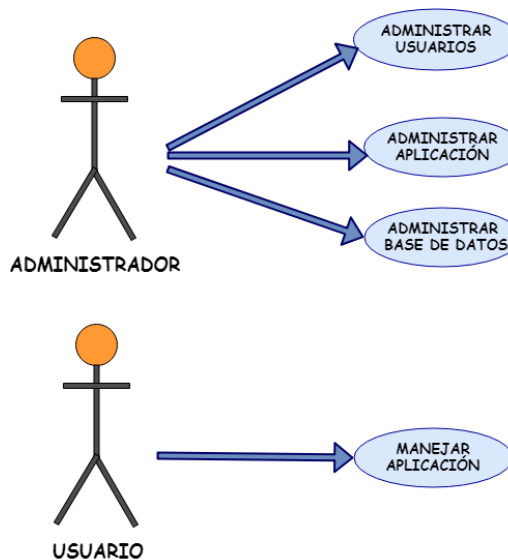


Figura 36 Diagrama de casos de uso general del sistema.

Fuente: Propia

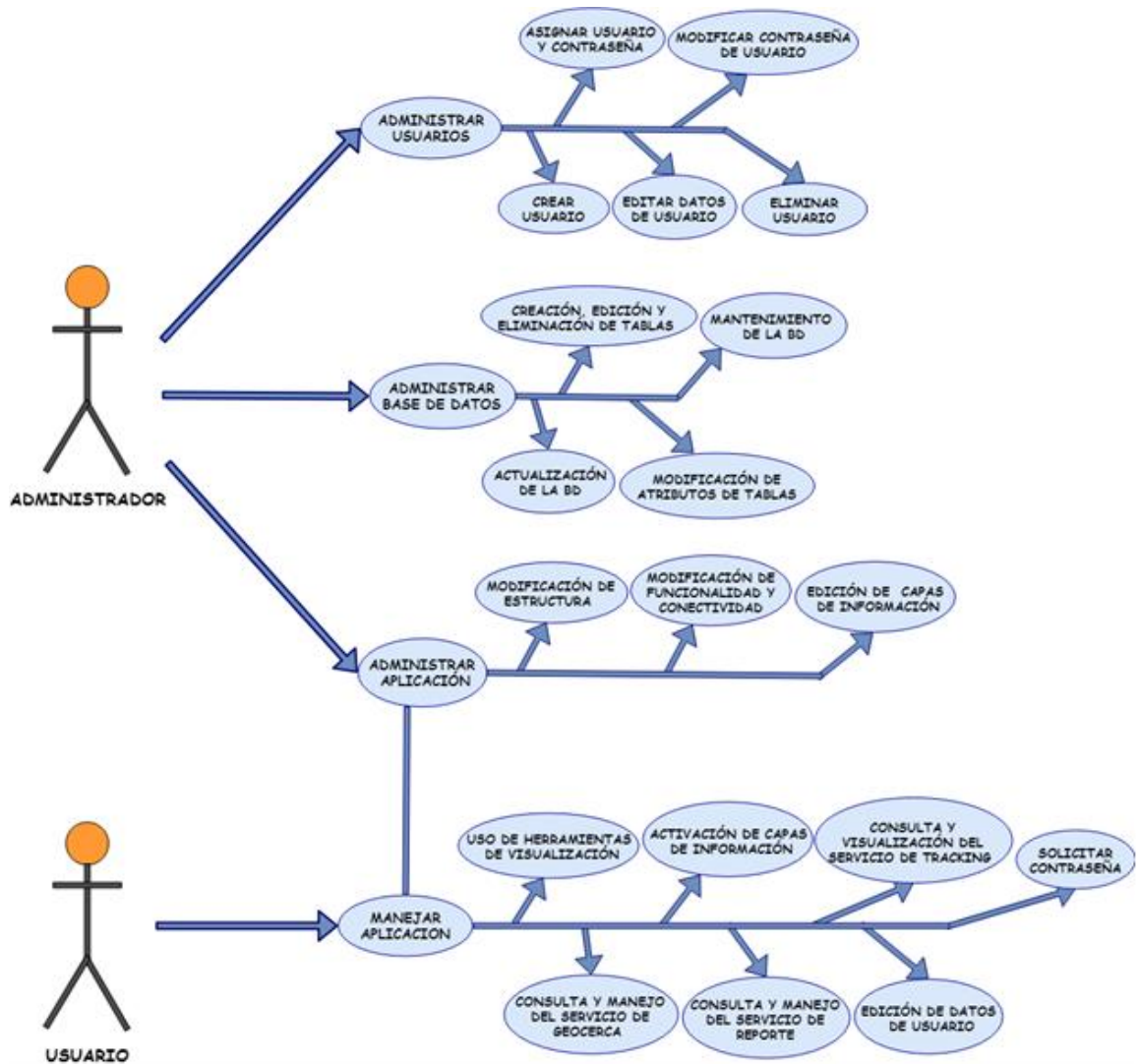


Figura 37 Diagrama de casos de uso específico del sistema.

Fuente: Propia

• Diagrama de Secuencias del Sistema.

Se representan las acciones y respuestas del sistema de las funciones principales de la aplicación.

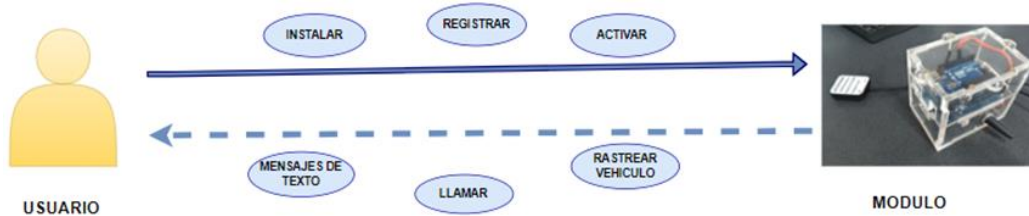


Figura 38 Diagrama de secuencia de caso de uso Usuario - Módulo.

Fuente: Propia

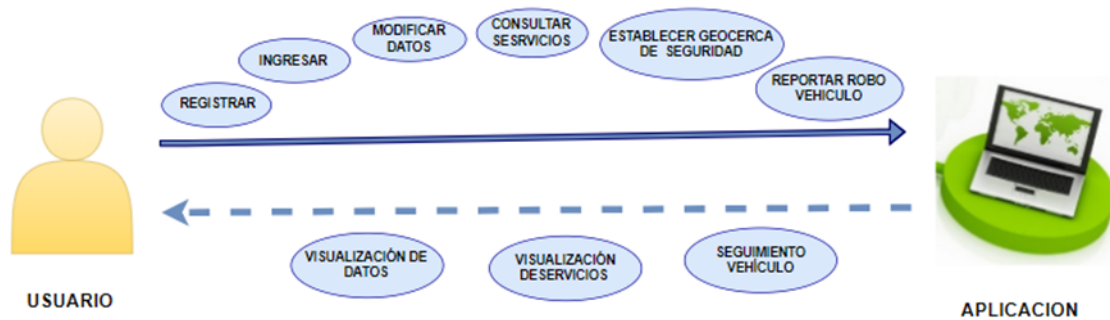


Figura 39 Diagrama de secuencia de caso de uso Usuario - Aplicación.

Fuente: Propia

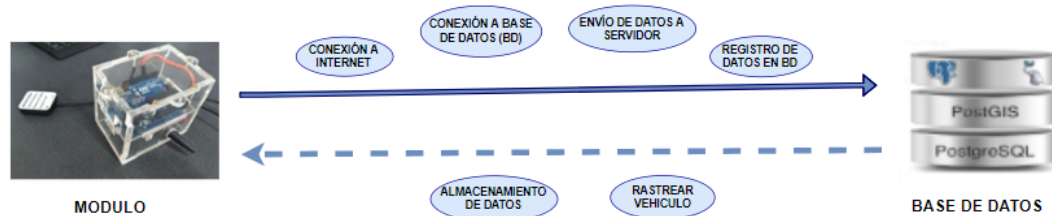


Figura 40 Diagrama de secuencia de caso de uso Módulo – BD

Fuente: Propia

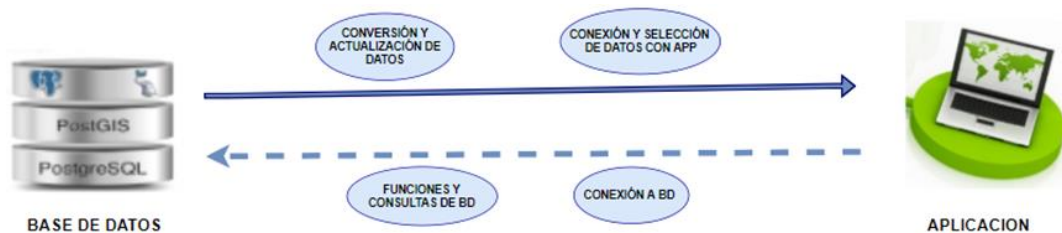


Figura 41 Diagrama de secuencia de caso de uso BD - Aplicación.

Fuente: Propia

• Identificación de representación de las entidades

Se establece la identificación de cada elemento espacial y tabular que se integran en el sistema y aplicación para su funcionamiento, con su tipo de geometría y representación a tener como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 20 Representación y tipo de entidades en el sistema.

ENTIDAD	TIPO	REPRESENTACION
Vehículo	Tabla	Tabular
Datos Modulo	Puntual	Cartográfica, Tabular
Usuario	Tabla	Tabular
Perimetro Urbano	Poligono	Cartográfica WMS
Comunas	Poligono	Cartográfica WMS
Barrios	Poligono	Cartográfica WMS
Manzanas	Poligono	Cartográfica WMS
Geocerca	Poligono	Cartográfica, Tabular
Reporte	Puntual	Cartográfica, Tabular
Historial de Recorrido	Lineal	Cartografica, Tabular
Red Vial	Raster	Cartografica PNG
Mapa Base (capa Google)	Raster	Cartografica WMS
Imagen Satelital (Bing)	Raster	Cartografica Geotiff

Fuente: Propia

• Diagrama de Clases de Diseño

Se representa para todas las clases que están involucradas en el sistema con los atributos que contiene cada una, con su tipo de variable y los métodos que se pueden realizar en la aplicación.

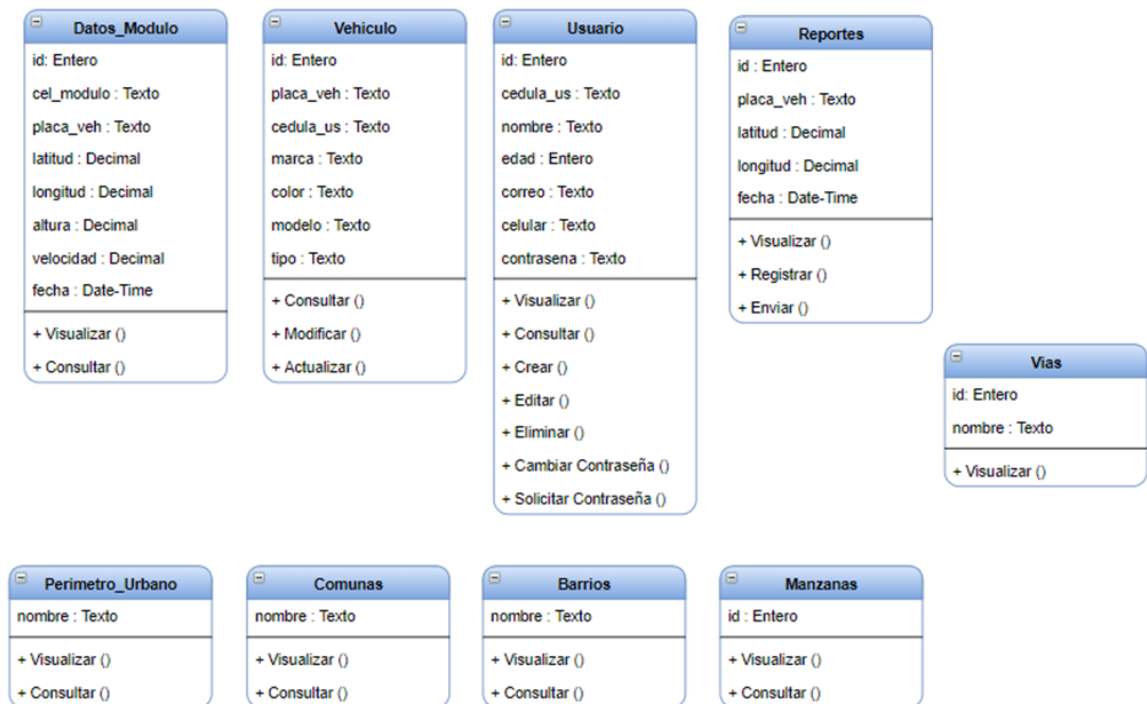


Figura 42 Diagrama de clases del sistema.

Fuente: Propia

✓ Modelo Físico.

Después de definir y obtener los modelos anteriores, se procede a realizar la integración de todo para poder llevar a cabo la implementación del Sistema de Información Geográfica teniendo ya un esquema bien definido y relacionado entre los datos para la realización de la base de datos.

• Modelo de Datos del Sistema

Es la representación de la base de datos de una forma organizada y relacionada de tal forma que se tenga una integración tanto de los datos espaciales y alfanuméricos permitiendo el buen funcionamiento del sistema con el manejo de toda la información requerida.

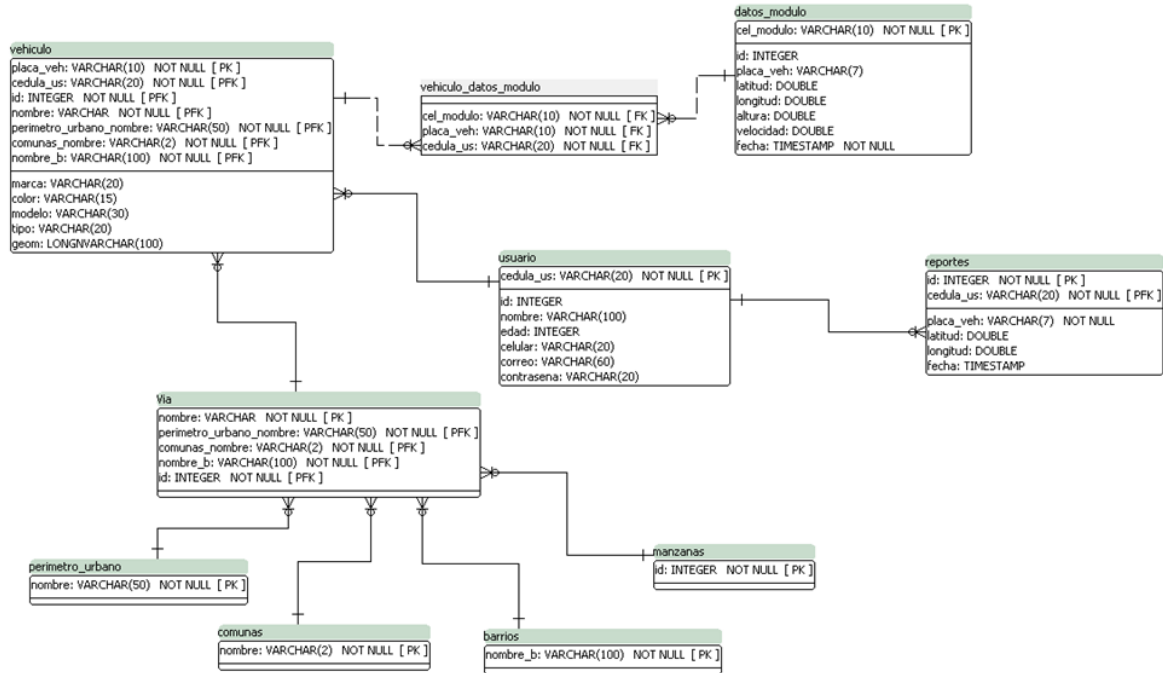


Figura 43 Modelo de datos de la BD.

Fuente: Propia

• Modelo de Navegación

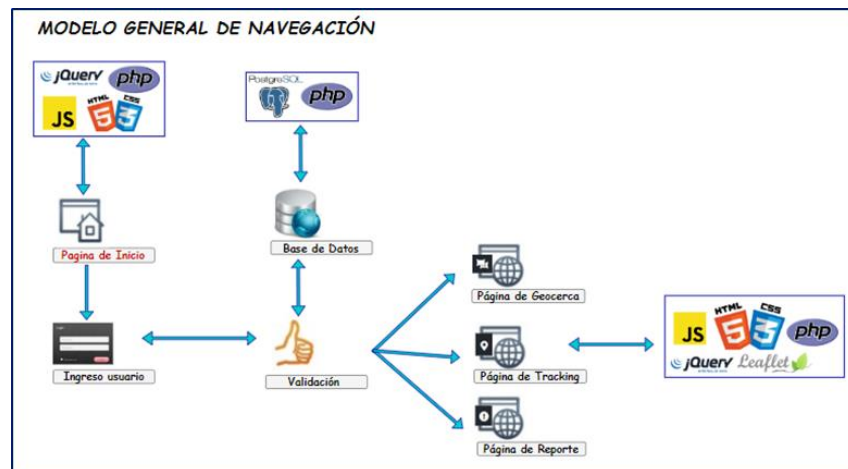


Figura 44 Modelo de Navegación General del Sistema.

Fuente: Propia

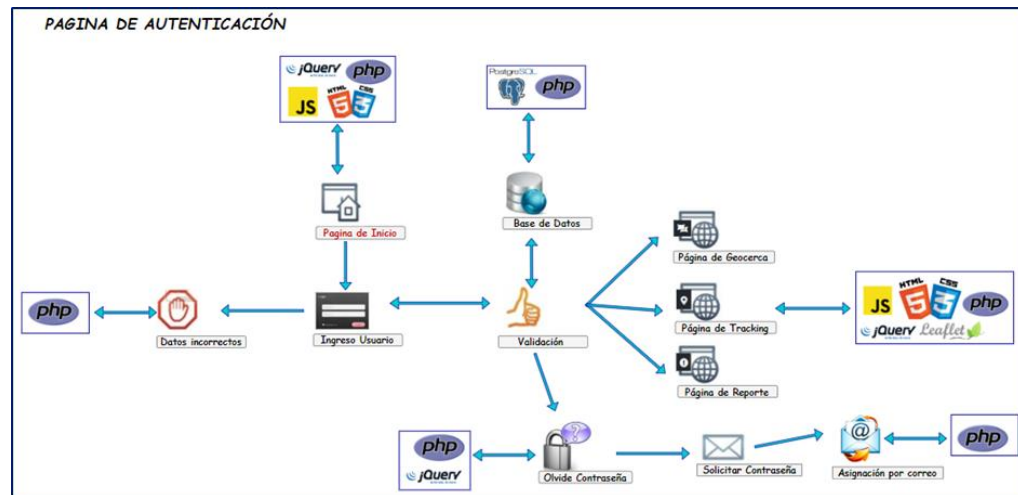


Figura 45 Modelo de Navegación Página de Autenticación. Fuente: Propia

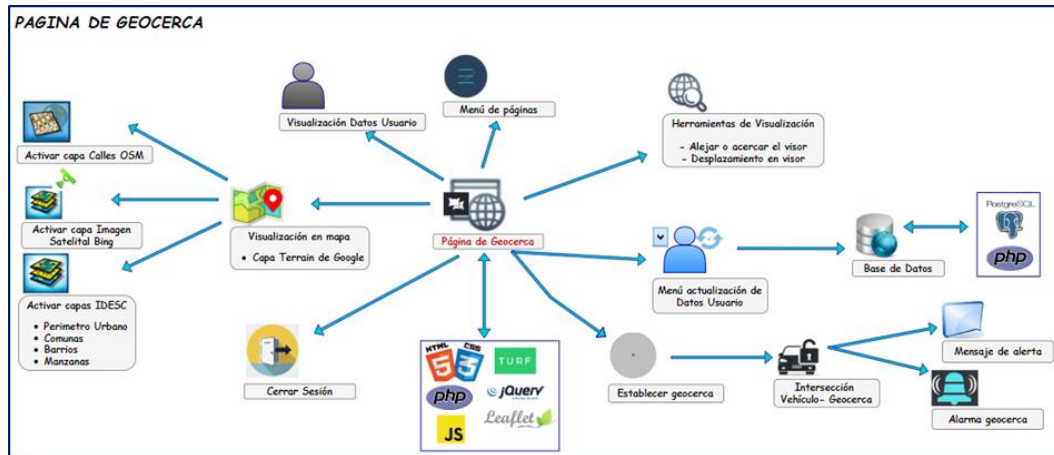


Figura 46 Modelo de Navegación Página Geocerca. Fuente: Propia

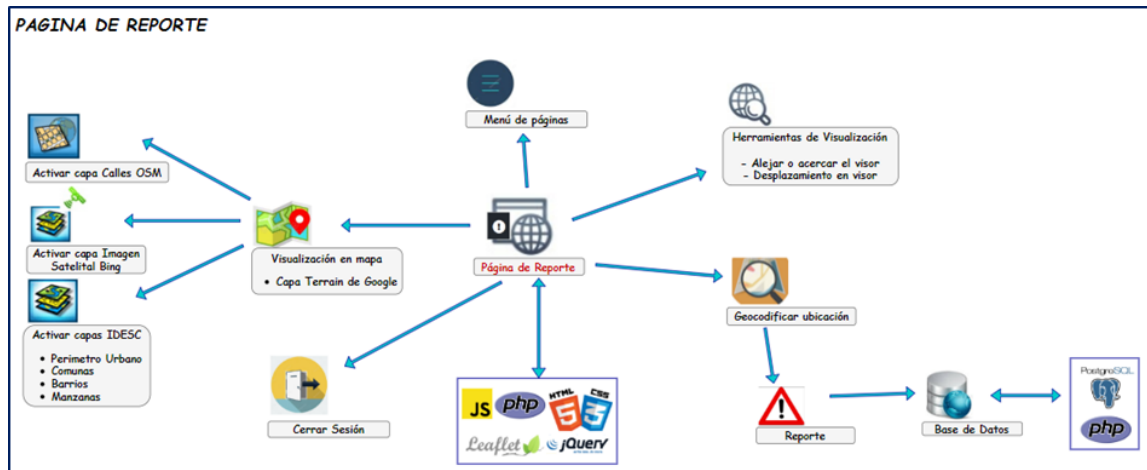


Figura 47 Modelo de Navegación Página Reporte

Fuente: Propia

- **Software y Hardware**

Para el desarrollo de este sistema de rastreo se tuvieron en cuenta los siguientes requerimientos:

En la parte de Software se tuvieron en cuenta:

- Sistema Operativo Windows 10.
- PgAdmin como programa para el manejo de base de datos.
- Postgres SQL que es un sistema gestor de bases de datos añadiéndole la extensión Postgis en donde se podrá hacer una gestión de bases de datos geográficas.
- Lenguaje de etiquetas como HTML.
- Lenguaje de estilo como CSS.
- Lenguajes de programación como PHP y Java Script con librerías (AJAX, JQuery, Leaflet, Turf Js).
 - **AJAX:** Es una técnica utilizada para desarrollo web para aplicaciones interactivas, de forma que el usuario este con información actualizada mientras se tiene con el servidor comunicación de forma oculta.
 - **JQuery:** Es una librería multiplataforma para realizar consultas, comunicación con archivos HTML, como también AJAX, y demás funcionalidades para paginas web.
 - **Leaflet:** Es una librería de mapas en la web de uso público para tener mapas interactivos en una aplicación o servicio espacial.
 - **Turf Js:** Es una librería que permite hacer geoprocesos y análisis espacial en la web, se utilizó para la geocerca y la intersección del vehículo con ésta.
- Bootstrap como framework para el diseño del portal web.
- Servidor de mapas Bing para la imagen satelital.
- Open Street Maps para manejo de capa de vias.
- Manejo de capa terrain de la api para desarrollo de Google.
- Conexión a servidores de la IDESC Cali para servicios WMS.
- Atom como editor de texto de programación.
- Postman como simulador para realizar peticiones post y get al servidor local.
- Xampp como servidor local.
- Navegadores web para la visualización de la aplicación (Google Chrome y Mozilla Firefox).
- Google Maps y Google Earth para ubicación general.

En la parte de Hardware se utilizó un computador Asus con procesador Intel cord i7, memoria de 12 RAM y disco duro de 1 Tera (1024 Gb), con sistema operativo Windows 10 cumpliendo con todos los requerimientos para el desarrollo.

Se debe tener en cuenta que para la solicitud de la nueva contraseña del usuario al administrador no se realiza en la aplicación como funcionalidad del sistema por ahora, que en un futuro debe tener la facilidad de hacerlo por un botón y por ahora se realizaría de forma e-mail o celular asignándola en la BD el administrador de forma manual.

3.5.2.2. Diseño del Portal Web

Se inicia con la programación de los archivos necesarios en los diferentes lenguajes para realizar la conexión, compatibilidad, estilo y etiquetado para la construcción de la interfaz, la comunicación con la integración de la BD para poder realizar las consultas y servicios de visualización de las funcionalidades de la aplicación.

Es por eso que básicamente se definen como tales tres páginas principales en las cuales se desarrollan las actividades del sistema, además de la página de ingreso o autenticación del usuario, todo se llevó a cabo de forma local, por medio de localhost para simular la funcionalidad y representación de la aplicación teniendo en cuenta los requerimientos y estructuración para realizarlo y después trasladar y montar en un servidor para poder tener el sistema funcionando en la web.

Es por eso que se muestra la interfaz del sistema con sus páginas y funcionalidades a continuación:

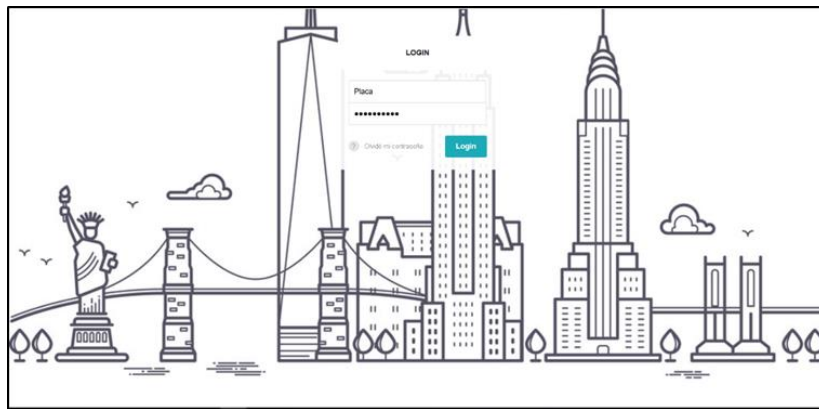


Figura 48 Página de Autenticación de usuario. Fuente: Propia

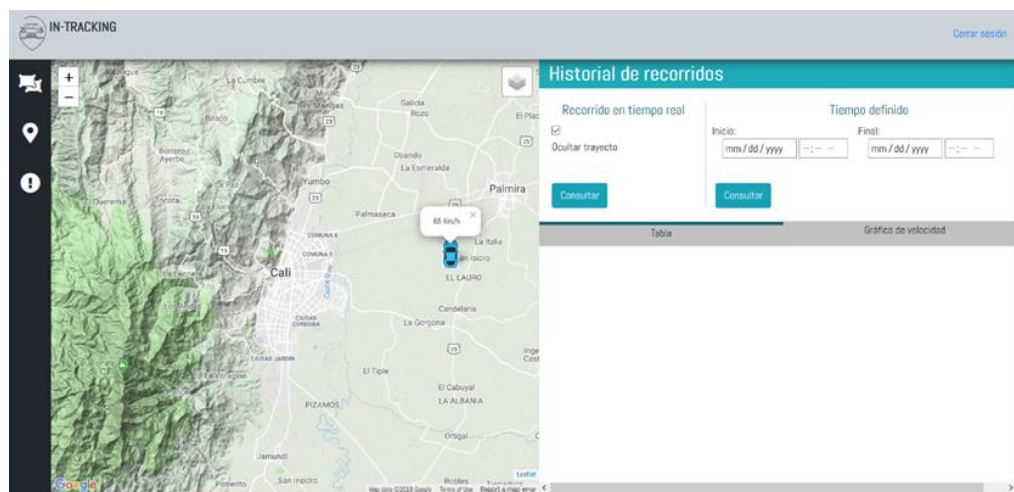


Figura 49 Página de Tracking.

Fuente: Propia

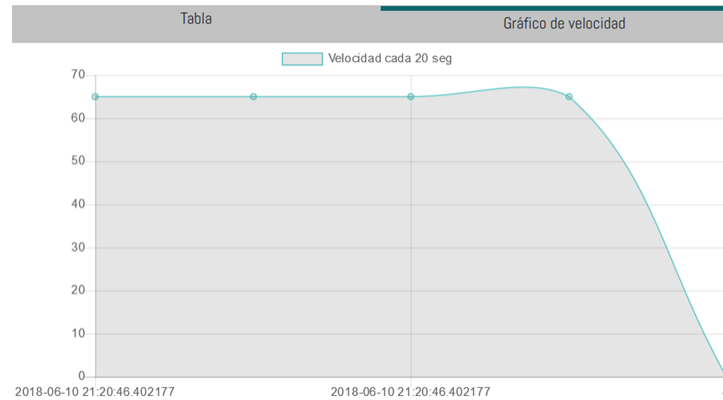


Figura 50 Visualización de la velocidad del vehículo.

Fuente: Propia

This screenshot shows the user profile page in the IN-TRACKING system. On the left is a map of the region around Cali, Colombia. On the right, the user's profile for 'Kevin Angulo - AIX-65E' is displayed, including contact information like email and phone number. Below this, there are input fields for personal details: 'Nombre' (with a sub-field for 'Nombre completo'), 'Carnet', 'Celular', 'Placa', and 'Modelo'. A 'Modificar' button is located at the bottom of these fields.

Figura 51 Página de Geocerca con actualización de datos del usuario.

Fuente: Propia

This screenshot shows the 'Activar alerta a m' (Activate alert at m) section of the Geocerca interface. It features a map on the left and a form on the right. The form includes a label 'Activar alerta a m', an input field for 'Distancia', and a 'Consultar' button.

Figura 52 Página de Geocerca para definir distancia de seguridad.

Fuente: Propia

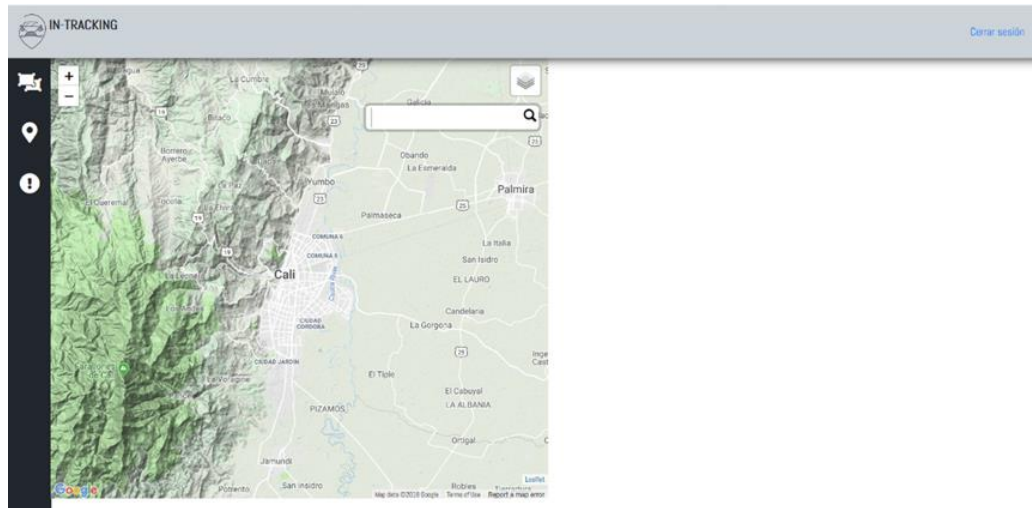


Figura 53 Página de Reporte.

Fuente: Propia

3.5.2.3. Publicación en la Web

Una vez realizada las pruebas del funcionamiento de la aplicación de forma local en uno de los computadores, se lleva a cabo el traspaso de todo el paquete de archivos realizados para el funcionamiento de la aplicación tanto en el portal como en la base de datos a un servidor público para poder tener en internet el acceso a la aplicación de forma web.

Se realiza y copia todos los elementos necesarios para el funcionamiento del sistema, de esta forma es asignada una URL o dominio con el cual el usuario tendrá acceso y el dispositivo también para el envío de datos por internet en tiempo real de forma permanente.

La programación y configuración de todos los archivos debe ser bien relacionada para que funcione tanto de forma local como para que al montar en la web trabaje de la misma manera, teniendo en cuenta que se deben cambiar datos como lo son la URL junto a caracteres requeridos al momento del envío de los datos del dispositivo, para que sean almacenados de forma ordenada como variables independientes en la base de datos del servidor. En la siguiente figura se muestra el dominio o URL designada para que el sistema funcione en la web (página Tracking).

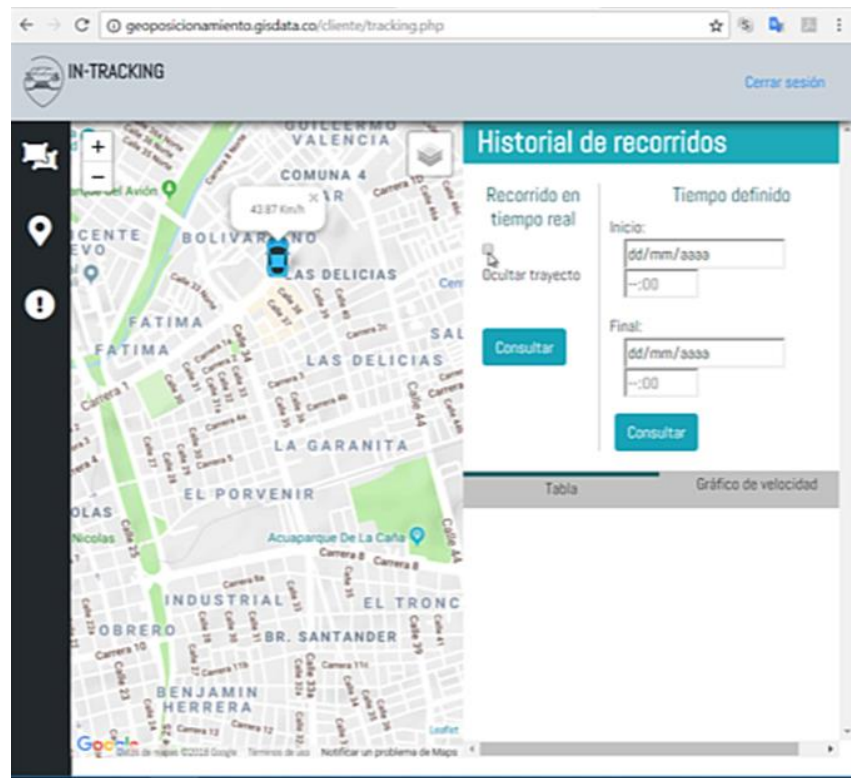


Figura 54 Visualización en la web del sistema como aplicación. Fuente: Propia

4. ANÁLISIS DEL DESARROLLO DEL PROYECTO.

4.1. PRUEBAS

Después de haber realizado la programación mencionada anteriormente se procedió a realizar una prueba dinámica en movimiento con el dispositivo, con el fin de observar el comportamiento de las variables espaciales en movimiento, ya que en estático ya se habían observado y se hizo un análisis estadístico (ver informe de errores e incertidumbres), para realizar este proceso fue necesario contar con una batería con el fin de tener una fuente de alimentación independiente, por lo que se realizó una pequeña prueba en el laboratorio de geo-posicionamiento en donde se cuantificó el consumo total del circuito para saber que batería emplear en el procedimiento y no averiar el dispositivo.



Figura 55 Prueba de consumo del dispositivo.

Fuente: Propia

Tabla 21 Consumo de corriente (A) y voltaje (V) según estado dispositivo.

Estado del Arduino/SIM808	Consumo de Corriente en Amperios (A)	Voltaje (V)
Modulo Encendido	0.050 - 0.07	12
Sistema GNSS Encendido	0.073 - 0.083	12
Envio de Datos por Mensaje de Texto	0.115-0.155	12
Envio de Datos por Internet	0.200 - 0.250	12

Al haber probado todos los estados en el cual se coloca el dispositivo se observaron los diferentes rangos de consumo de corriente, se definió utilizar una batería recargable de 12 voltios a 1.3 amperios, con esta batería es suficiente alimentar toda la electrónica del dispositivo y así realizar las pruebas en movimiento. Para ello también se utilizó la pantalla

LCD con el fin de conocer y visualizar en tiempo real el valor y comportamiento de las variables espaciales (latitud, longitud, hora), así como poder observar si cambiaba de estático a movimiento según el desplazamiento realizado, aquí también fue importante mostrar la cantidad de satélites con los que se conectaba el sensor, ya que a partir de esta variable se establecía mayor confianza en la posición. Para configurar la pantalla LCD se utiliza la librería LiquidCrystal.h la cual contiene todos los métodos correspondientes a la configuración electrónica de los pines de la pantalla, en el void setup se configura inicialmente las características de la pantalla y el void loop se concatenan las variables a mostrar en la pantalla en este caso la latitud, longitud, hora y estado, a continuación se muestra el diagrama de conexiones del dispositivo con la pantalla LCD y luego se mostrará una descripción más breve de la programación del dispositivo y la pantalla LCD.

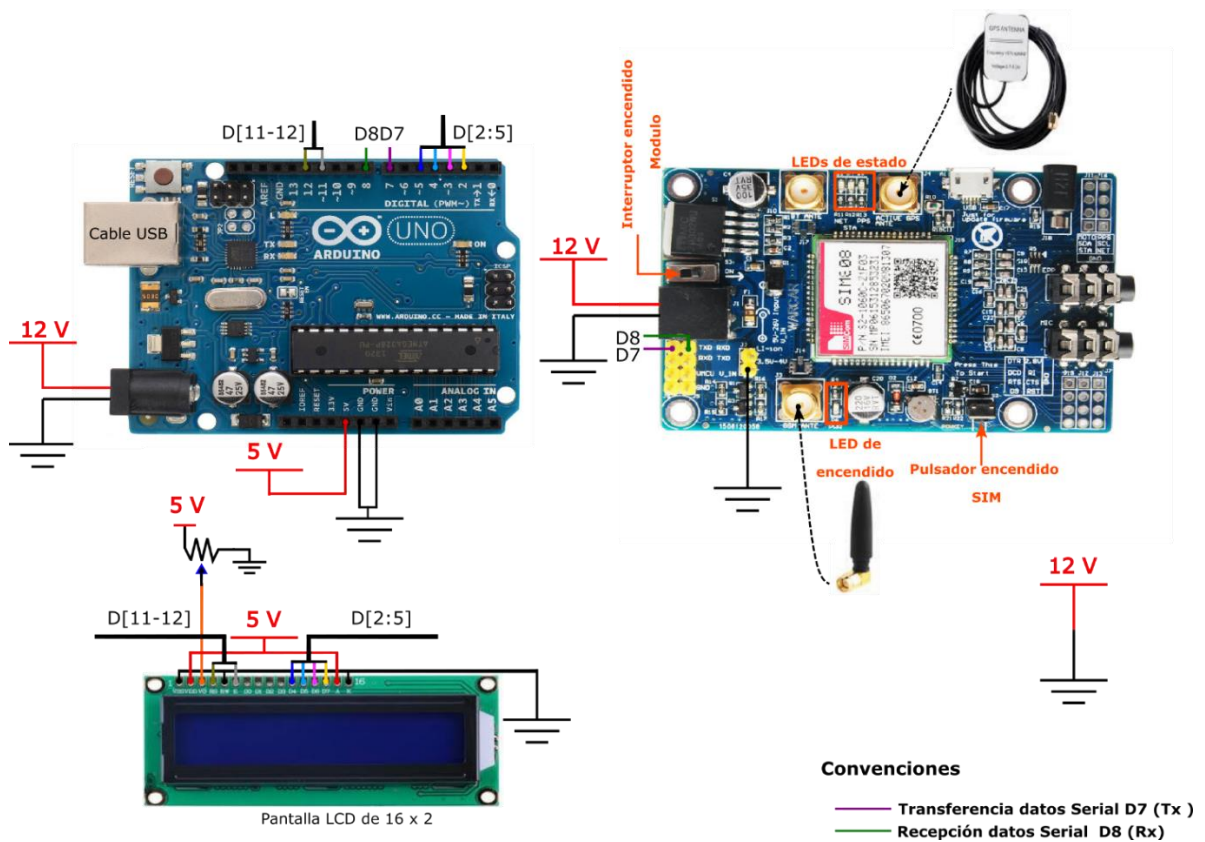


Figura 56 Esquema electrónico de dispositivo con pantalla LCD 16x2.

Fuente: Propia

A continuación, se muestra de manera detallada la programación del dispositivo y la pantalla LCD

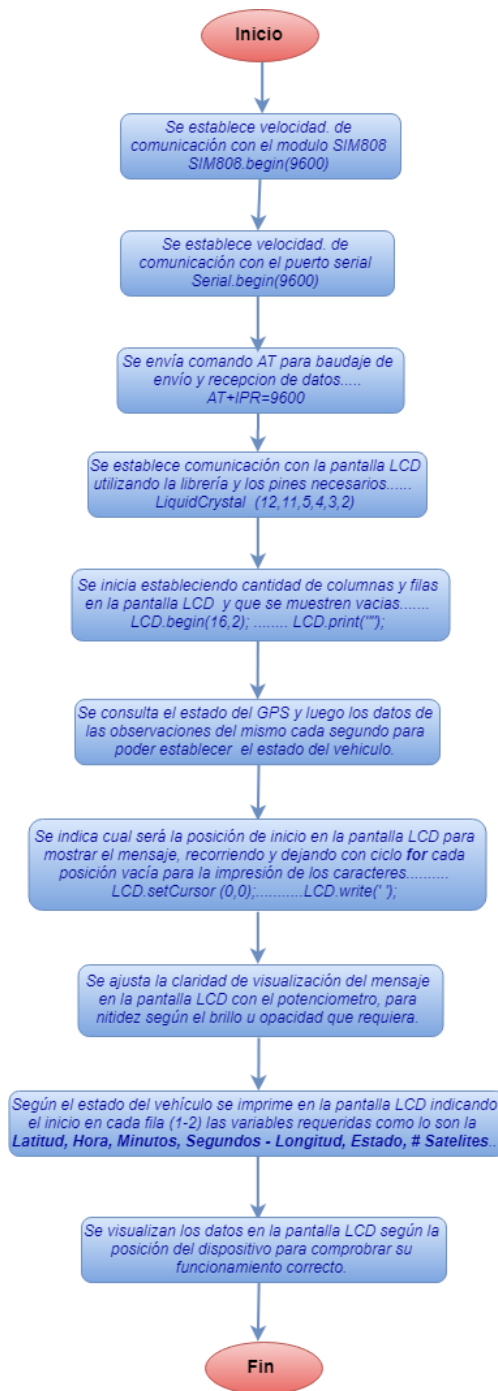


Figura 57 Esquema de método pantalla LCD.

Fuente: Propia

4.1.1. Prueba Dinámica Peatonal



Figura 58 Prueba dinámica peatonal con el dispositivo (Arduino/SIM 808).

Fuente: Propia

4.1.2. Prueba Dinámica Vehicular.



Figura 59 Antena GPS y Antena GSM/ GPRS para envío de datos en el Vehículo. Fuente: Propia

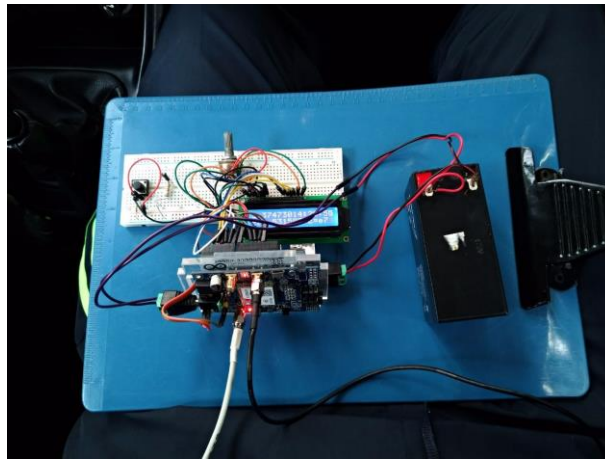


Figura 60 Dispositivo de rastreo funcionando y conectado a batería independiente. Fuente: Propia

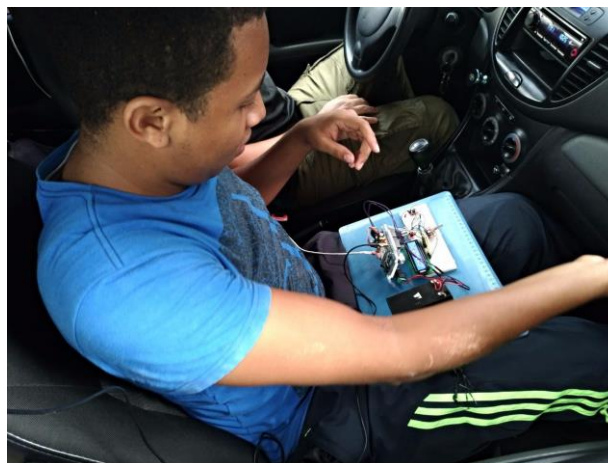


Figura 61 Dispositivo de Rastreo enviando datos Vía Internet con el Vehículo en Movimiento Fuente: Propia

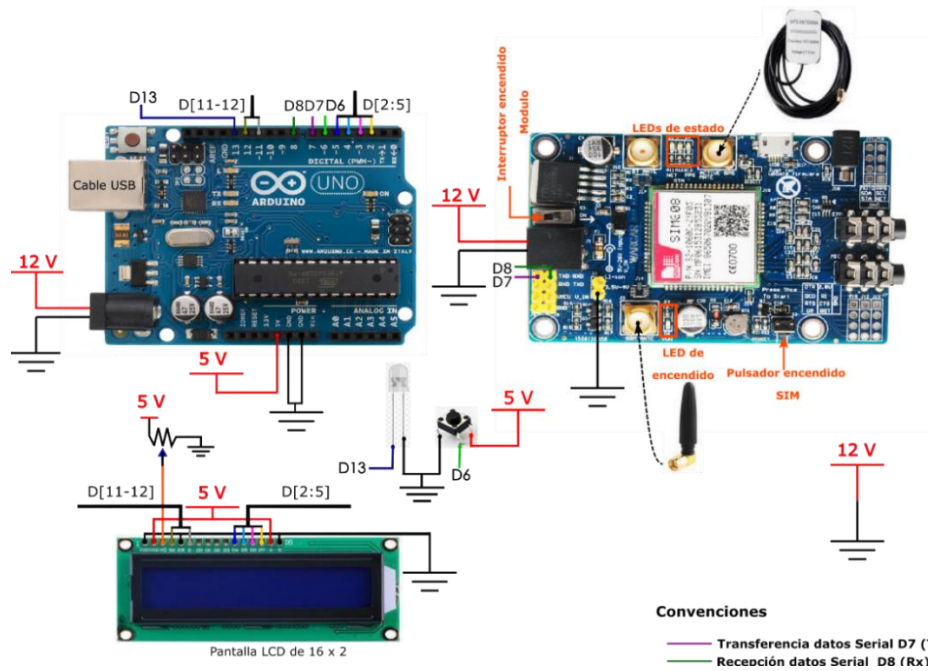


Figura 62 Esquema electrónico de dispositivo completo con botón de alerta. Fuente: Propia

4.2.VALIDACIÓN

Se realizaron pruebas en varios vehículos corroborando en la aplicación, que el envío de datos vía internet fue efectivo, así como los mensajes de texto (SMS) enviados al móvil del usuario y la llamada de voz utilizada para alertar al usuario en caso de que el vehículo se mueva sin su autorización, en la parte del aplicativo se revisaron las consultas espaciales como las geocercas, el historial de recorridos, la velocidad graficada en tiempo real y el reporte de hurto.

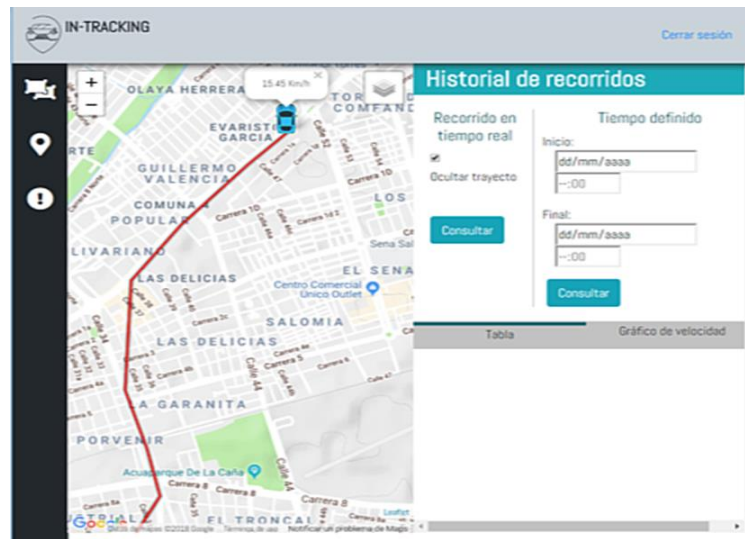


Figura 63 Visualización del rastreo y recorrido en tiempo real. Fuente: Propia

Se obtuvo la visualización del recorrido del vehículo con la activación de la capa lineal y la velocidad en el marcador que lleva en el momento.

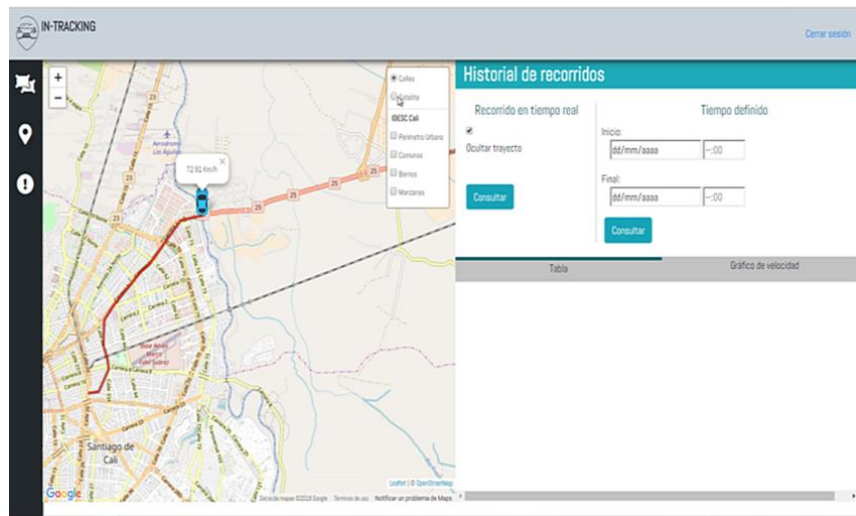


Figura 64 Visualización del recorrido del vehículo con la capa de Open Street Maps. Fuente: Propia

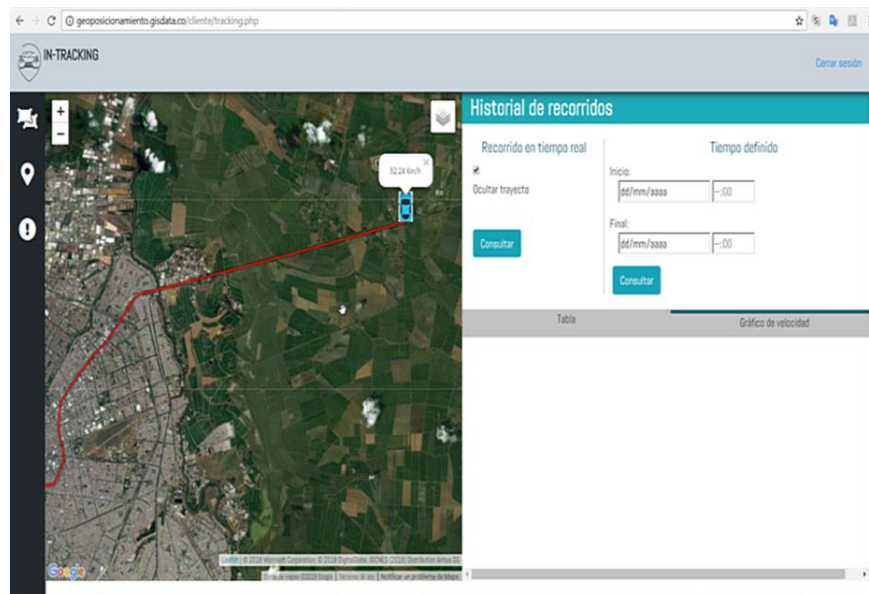


Figura 65 Visualización del recorrido del vehículo con la capa de imagen satelital de Bing mapas. Fuente: Propia

Se obtuvo en las dos graficas anteriores la representación del recorrido con la posibilidad de visualizarlo en diferentes capas, en este caso la capa de calles de Open Street Maps y la imagen satelital de Bing Maps

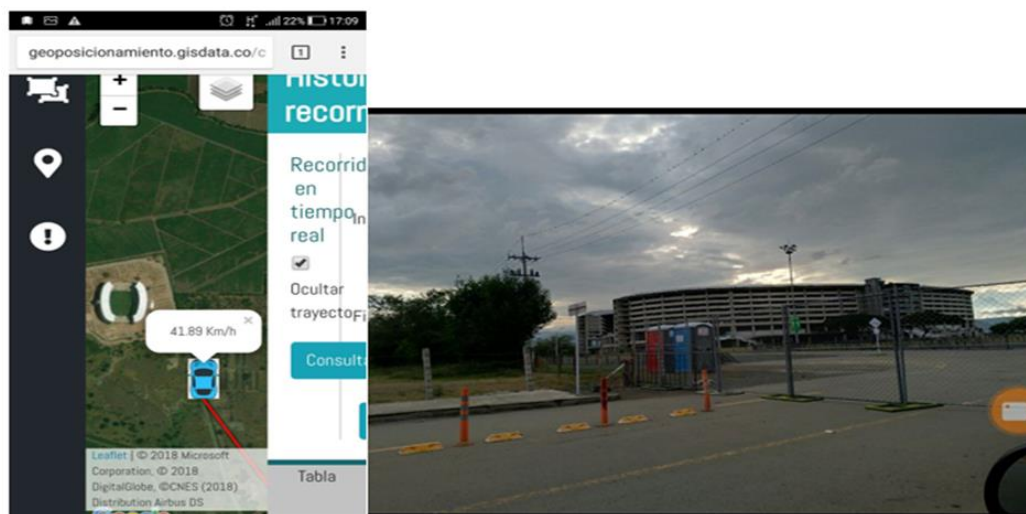


Figura 66 Visualización en el portal y fotografía terrestre de la ubicación del vehículo. Fuente: Propia

Se obtuvo la ubicación del vehículo al lado del estadio del Deportivo Cali complementándolo con una fotografía en el lugar, con un error aproximado de 10 metros asociado al dispositivo de rastreo.

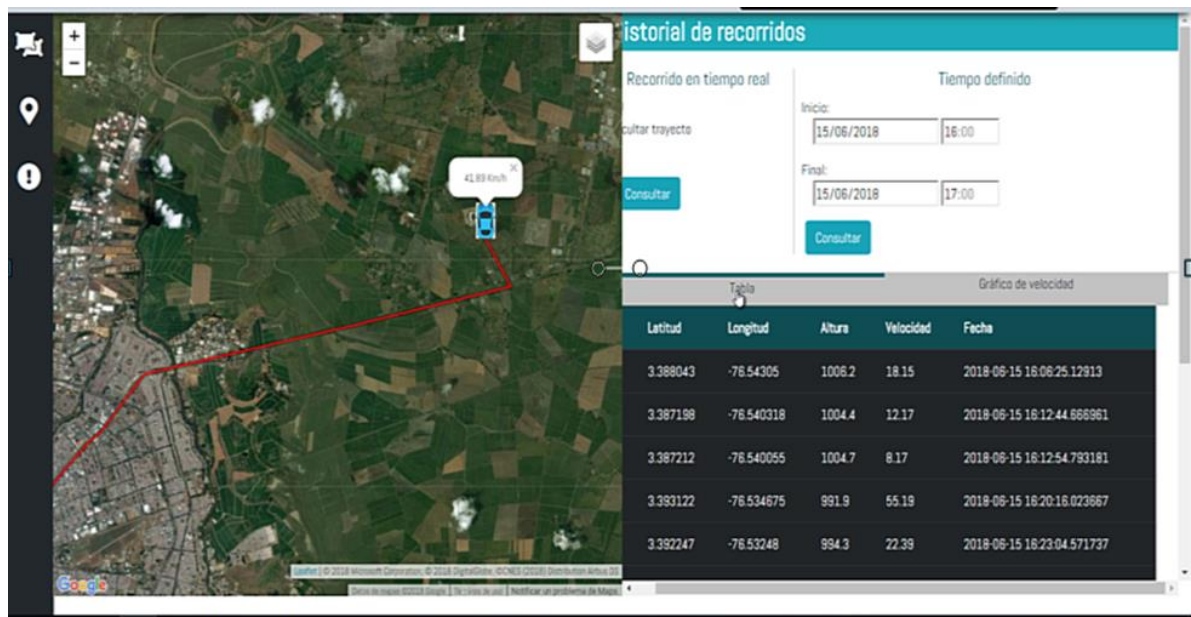


Figura 67 Visualización y consulta del historial de recorrido del vehículo. Fuente: Propia

Se obtuvo la visualización del trayecto en forma lineal del vehículo con la consulta del historial de recorrido en un periodo de tiempo, el cual es durante la prueba con los datos enviados del dispositivo y almacenados en la base de datos.

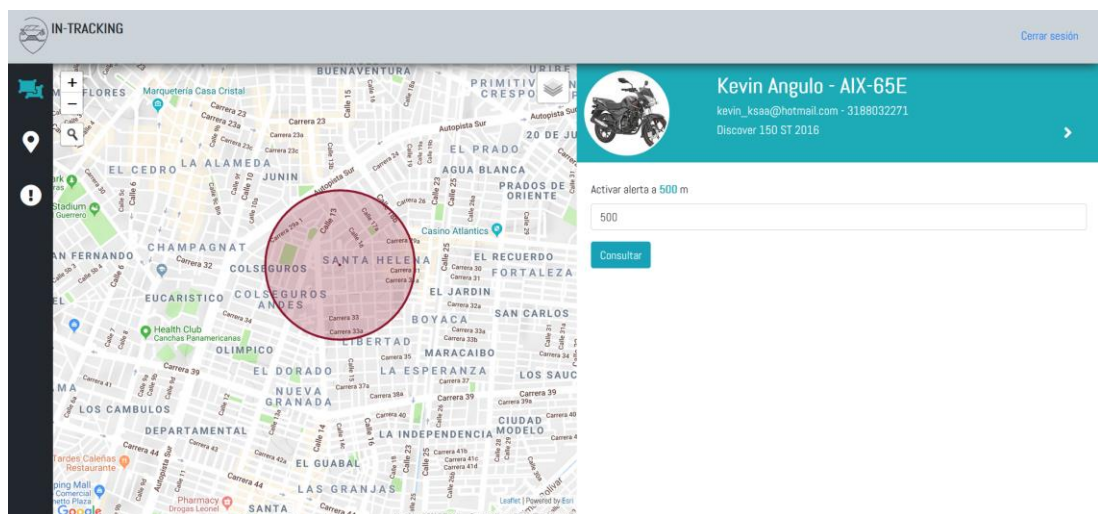


Figura 68 Visualización y establecimiento de la geocerca (zona de seguridad) del vehículo. Fuente: Propia

Se obtuvo el establecimiento de la geocerca (zona de seguridad), aquí el usuario define un radio de seguridad y en caso de que el vehículo salga de esta área geográfica se le enviara una alerta por medio de la aplicación web.

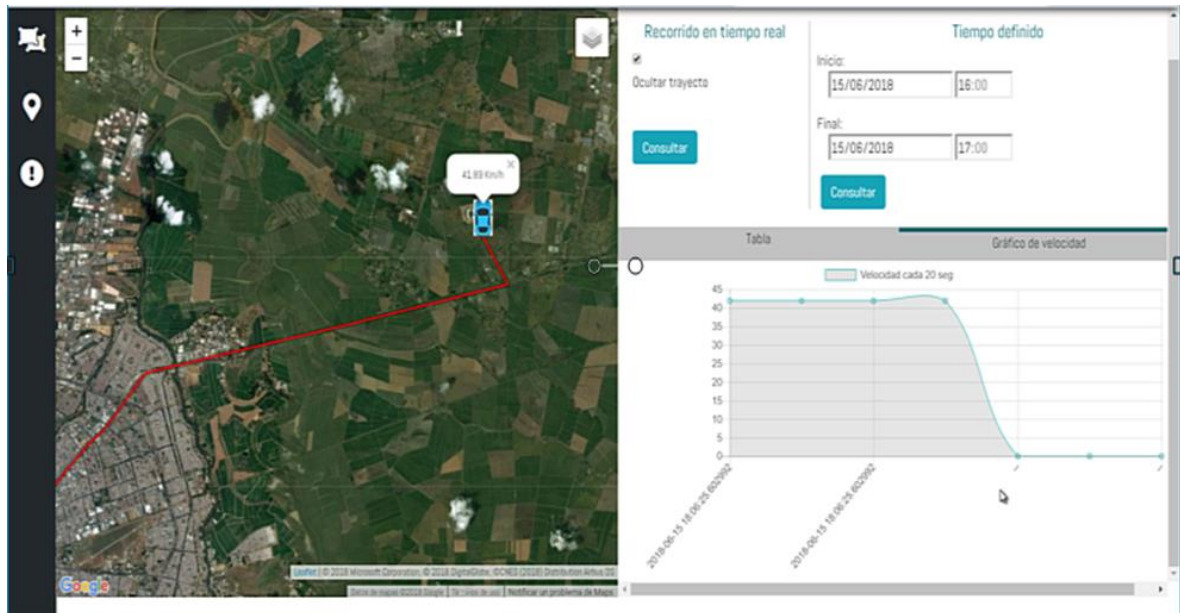


Figura 69 Visualización del recorrido en tiempo real y grafica de la velocidad del vehículo. Fuente: Propia

Se obtuvo la visualización de la velocidad del vehículo de forma gráfica durante su recorrido.

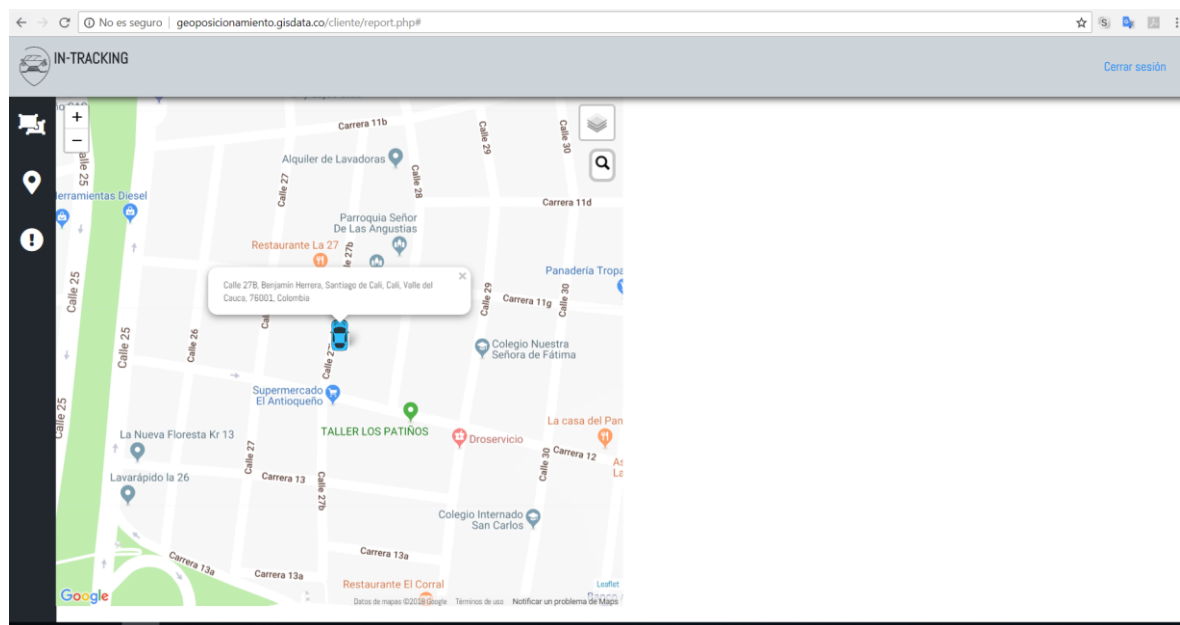


Figura 70 Generación de Reporte de Hurto en la Dirección Establecida.

Fuente: Propia

Se obtuvo la generación del reporte hurto utilizando la herramienta de geo-codificación de leaflet.js en donde se ingresa la dirección en donde ocurrió el hurto y la herramienta

convierte esta dirección física en una coordenada geográfica y la almacena en la base de datos específicamente en la tabla reporte, con el objetivo de tener un registro de los reportes y que esta sea un insumo para la realización de cartografía de delincuencia para las autoridades competentes.

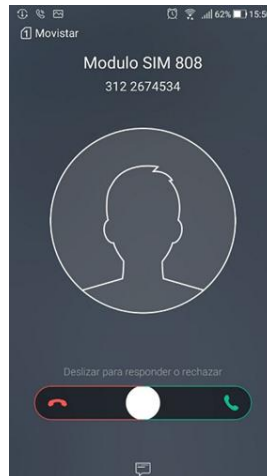


Figura 71 Registro de la llamada del módulo.

Fuente: Propia

Se obtuvo la realización de la llamada del módulo en el momento en que se mueve el vehículo sin autorización alertando al usuario de forma inmediata que su vehículo está siendo hurtado.

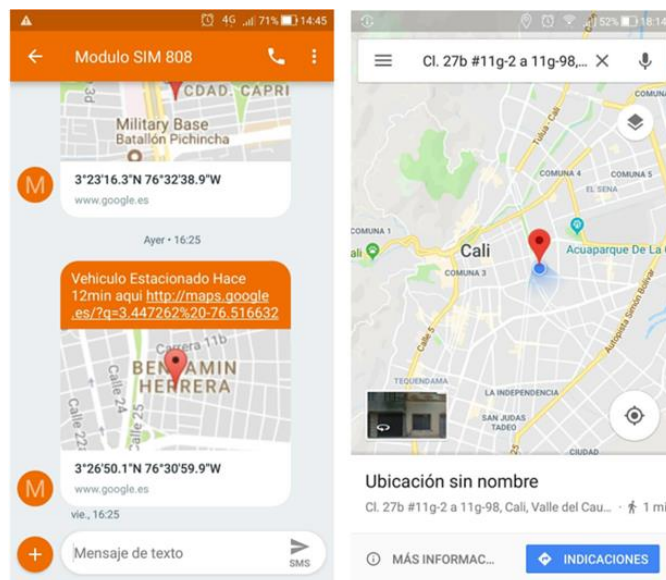
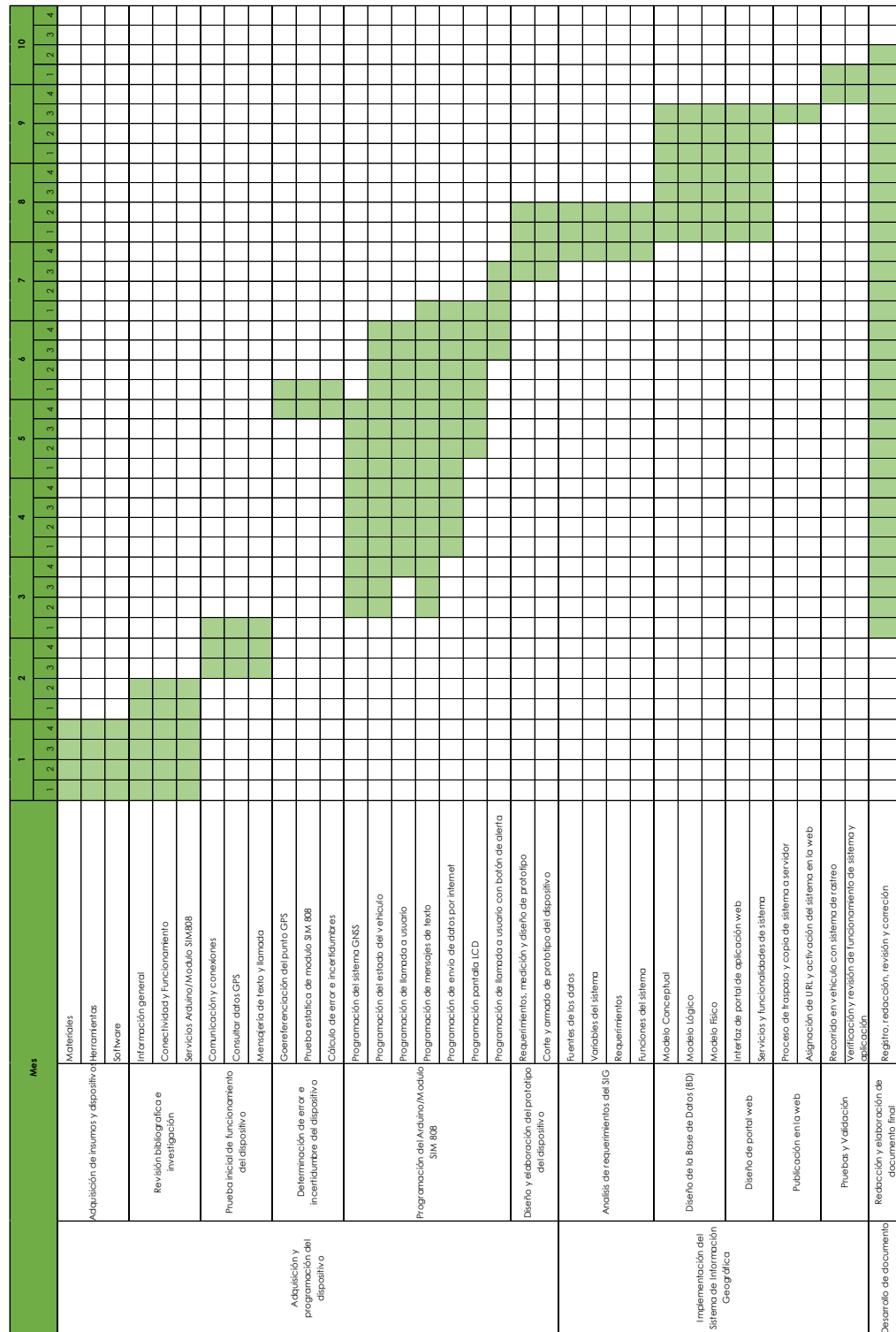


Figura 72 Mensaje de texto enviado por el modulo al móvil del usuario.

Fuente: Propia

Se obtuvo el mensaje de texto enviado por el modulo y la visualización en google maps de la ubicación del vehículo al detectar que este se ha estacionado en este lugar durante 12 minutos.

5. CRONOGRAMA



Gráfica 3 Cronograma de desarrollo proyecto.

6. CONCLUSIONES

- Se logró implementar un sistema de seguridad basado en rastreo y localización de vehículos mediante el uso de un sensor GNSS conectado a internet.
- Se adaptó un sensor de tecnología GNSS en un dispositivo de rastreo integrándola exitosamente en un sistema de información geográfica mediante conexión estable a internet.
- Se desarrolló una aplicación web geográfica con las funciones y servicios necesarios para el rastreo de vehículos en tiempo real.
- Se validó el funcionamiento de la aplicación mediante un recorrido, teniendo una resolución temporal de 15 segundos en cuanto al envío de datos por internet y en la visualización del marcador en el mapa, además se obtuvo una resolución espacial de 4.3 metros asociado al RMSE obtenido de la muestra de datos del dispositivo.
- Se diseñó y elaboro un prototipo del dispositivo para su protección y adaptación en un vehículo.
- Se comprobó que el sistema es funcional y que cuenta con una buena precisión en su localización como dispositivo de rastreo, siendo de 4,3 metros de error de forma radial con respecto a su ubicación.
- Se evidenció que el sistema de comunicación de telefonía GSM en las afueras de la ciudad no tiene una cobertura completa 4G presentando un servicio de 3,5G o H+, garantizando una buena funcionalidad del sistema de rastreo en la ciudad, pero no por completo afuera de esta, generando cierto retraso en su funcionamiento normal del dispositivo.
- Se implementaron varios servicios de aviso y reporte desde el dispositivo como lo son las llamadas en dos diferentes periodos de tiempo a dos números celulares asignados por el usuario, además de mensajes de texto con su estado y ubicación.
- Se complementó al sistema de rastreo con la inclusión del botón de alerta como mecanismo para incentivar al usuario a mantener atento a la seguridad del vehículo y de esa forma recibir el servicio de llamada como aviso.

7. RECOMENDACIONES

- Para hacer un sistema de rastreo más eficiente y rápido ante las posibles emergencias se propone conectar la aplicación con SIGPONAL que es el sistema de información geográfica con el que se gestiona el plan cuadrante de la policía metropolitana, con el fin de que las alertas generadas por los usuarios se carguen directamente en el portal de la policía o de empresas de seguridad disponibles y de esta manera tener una reacción más rápida ante el delito del hurto.
- Para optimización del flujo de datos de la aplicación se propone realizar algoritmos en la base de datos con el fin de filtrar y administrar de la mejor manera la cantidad de datos que puedan mandar varios equipos GNSS al mismo tiempo.
- Al haber comprobado que todas las funcionalidades se estén ejecutando en el prototipo, se puede realizar un sistema embebido con un nuevo diseño electrónico en donde se imprima una tarjeta con ambos dispositivos fusionados con el objetivo de volverlo más pequeño, que se pueda esconder mucho mejor y de esta manera también obtener un circuito mucho más ergonómico y que consuma la menor cantidad de energía.
- Al utilizar plataformas de hardware libre como Arduino se propone crear un módulo con más robustez en donde se puedan integrar más sensores como sistemas inerciales de navegación, sensores de temperatura, presión, cámaras de video en alta resolución, micrófonos, y funcionalidades que permitan controlar las puertas y los seguros del vehículo desde la web.
- Se podría lograr un apagado del vehículo con el fin de bloquearlo desde la aplicación web o por mensajería instantánea, con el propósito de disminuir las posibilidades de hurto y en consecuencia aumentar la probabilidad de recuperar el vehículo.
- Tiene una gran proyección a futuro de poder trascender a aplicación móvil el sistema de rastreo desarrollado para mejorar en cuanto a servicio, alcance y comodidad de los usuarios que lo adquieran.

8. BIBLIOGRAFÍA

- ✓ Ahmed Imteaj et al, SISTEMA DE RIEGO PERCEPTOR AUTÓNOMA BASADA EN IOT UTILIZANDO RASPBERRY PI, Chittagong Universidad Islámica Internacional, Universidad de Chittagong de Ingeniería y Tecnología Chittagong, Bangladesh, Departamento de Ciencias de la Computación e Ingeniería, (2016).
- ✓ Astudillo León Juan Pablo et al, SISTEMA DE LOCALIZACIÓN MONITOREO Y CONTROL VEHICULAR BASADO EN LOS PROTOCOLOS GPS/GSM/GPRS, 15º Concurso de Trabajos Estudiantiles, EST 2012.
- ✓ Ballesteros López Raquel – Morales Jiménez José Raúl – Restrepo Pérez Juan Camilo, ESTUDIO TÉCNICO DE EQUIPOS DE TRANSMISIÓN UTILIZADOS PARA RASTREO DE VEHÍCULOS, SOPORTADO EN REDES DE TELECOMUNICACIONES GSM Y CDMA, Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ingenierías Eléctrica, Electrónica, Física y Ciencias de la Computación, (2007).
- ✓ Bedoya Giraldo Yeferson - Salazar Giraldo Cristian Felipe - Muñoz Lozano Jhon Fredy, IMPLEMENTACIÓN, CONTROL Y MONITOREO DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD VEHICULAR POR REDES GSM/GPRS, Universidad Tecnológica De Pereira, Facultad De Tecnología, Ingeniería En Mecatrónica, (2013).
- ✓ Chilán Soledispa Edgar José, DESARROLLO DE APLICACIÓN PARA PRESENTAR REPORTES GRÁFICOS (RUTAS VEHICULARES) QUE SE VISUALICEN EN GOOGLE MAPS, Universidad De Guayaquil - Ecuador, Facultad De Ciencias Matemáticas Y Físicas Carrera De Ingeniería En Sistemas Computacionales, (2013).
- ✓ Crossley Robert - Markley John ,AGDAT: SPATIAL APPLICATIONS TO IMPROVE HARVEST MANAGEMENT, DATA RECORDING AND REPORTING, AND DATA EXCHANGE BETWEEN ORGANISATIONS, Proc Aust Soc Sugar Cane Technol Vol 32, (2010).
- ✓ Domínguez Veliz Cristóbal Joshue - María Fernanda Mora García, SISTEMA INTEGRAL PARA LA RECONFIGURACIÓN DINÁMICA DE LOS TIEMPOS ENTRE PARADAS DE UNA RUTA PREDEFINIDA DE TRANSPORTE PÚBLICO, Escuela Superior Politécnica Del Litoral Facultad De Ingeniería En Electricidad Y Computación, Guayaquil – Ecuador, (2016).
- ✓ García Álvarez David Abelardo, SISTEMA GNSS (GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM), Universidad Autonoma De Madrid - España, Escuela Politécnica Superior, (2008).
- ✓ Guerrero Chávez Maritza Fernanda, ESTUDIO PARA IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE GEOREFERENCIACIÓN VEHICULAR CON CONTROLES EN VELOCIDAD Y SEGURIDAD, Pontificia Universidad Católica Del Ecuador, Facultad De Ingeniería, Maestría En Redes De Comunicaciones, (2013).
- ✓ Henao Melo Luis Guillermo, DISEÑO DE UN EQUIPO DE RASTREO SATELITAL DE ELEMENTOS USANDO TECNOLOGÍAS GPS Y GSM, Universidad Tecnológica De Pereira, Maestría En Instrumentación Física, (2014).
- ✓ Honda Kiyoshi et al, FIELDSERVERS AND SENSOR SERVICE GRID AS REAL-TIME MONITORING INFRASTRUCTURE FOR UBIQUITOUS SENSOR NETWORKS, Remote Sensing and GIS, Asian Institute of Technology (AIT), Pathumthani - Thailand, Sensors 2009, 9, 2363-2370; doi:10.3390/s90402363.
- ✓ Janick Julia et al, VISUALIZING AND INTERACTING WITH LARGE-VOLUME BIODIVERSITY DATA USING CLIENT-SERVER WEB-MAPPING APPLICATIONS: THE DESIGN AND IMPLEMENTATION OF ANTMAPS.ORG, Ecological Informatics 32 (2016) 185–193, (2016).

- ✓ Kotsev Alexander et al, NEXT GENERATION AIR QUALITY PLATFORM: OPENNESS AND INTEROPERABILITY FOR THE INTERNET OF THINGS, *Sensors* 2016, 16, 403; doi:10.3390/s16030403, (2016).
- ✓ Lucero Lucero Edison Santiago, SISTEMA DE MONITOREO DEL NIVEL DE AGUA DE UNA LOCOMOTORA A VAPOR MEDIANTE TECNOLOGÍA GPRS EN EL RECORRIDO IBARRA – OTAVALO PARA LA ESTACIÓN DE FERROCARRILES DE LA CIUDAD DE IBARRA, *Universidad Técnica Del Norte, Facultad De Ingeniería En Ciencias Aplicadas*, (2016).
- ✓ Marín Morales María Isabel - Vargas Agudelo Fabio Alberto Vargas Agudelo - Soto Durán Darío Enrique, UNA SÍNTESIS CONCEPTUAL DE LOS SERVICIOS WEB PARA LA GESTIÓN DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, *Universidad de Manizales, Facultad de Ciencias e Ingeniería*, pp 25-40, (2012).
- ✓ Nieto Ugalde José Joaquín, IMPLEMENTACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE SISTEMA GPS PARA GEOLOCALIZACIÓN VIA INTERNET DE UN MIDIBUS DE TRANSPORTE PÚBLICO, *Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ingeniería, Área de Electromecánica*, (2015).
- ✓ Open Geospatial Consortium Inc (OGC), SENSOR WEB ENABLEMENT: OVERVIEW AND HIGH LEVEL ARCHITECTURE, OGC 07-165, Version: 3, *OpenGIS® White Paper*, (2007).
- ✓ Otal Cotán Jesús, SISTEMA DE OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE TRANSPORTE PÚBLICO, *Universidad de Sevilla, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Dep. de Ingeniería Electrónica*, (2016).
- ✓ Quevedo Quevedo Gina Catalina, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE LOCALIZACIÓN, RASTREO Y MONITOREO SATELITAL DE CAMIONES DE ENTREGA DE ENCOMIENDAS; MEDIANTE EL USO DE GPS Y UN DISPOSITIVO MÓVIL, *Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad Tecnológica, Ingeniería en telecomunicaciones*.
- ✓ Ribeiro Alexandra – Sousa Victor – Cardoso Alberto, GIS WEB-BASED PLATFORM FOR EXPERIMENTATION USING ENVIRONMENTAL GEOSENSORS, *International Journal of Online Engineering (iJOE)*, V12I04.5261, (2016).
- ✓ Russomanno David J. - Tritenko Yury, A GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM FRAMEWORK FOR THE MANAGEMENT OF SENSOR DEPLOYMENTS, *The University of Memphis - USA, Department of Electrical and Computer Engineering, Sensors* 2010, 10, 4281-4295, (2010).
- ✓ Sanchez C. et al, gvSIG SENSORES, *Servicio de Sistemas de Información Geográfica y Teledetección Universidad de Girona, España, IV Jornadas de SIG Libre*.
- ✓ Silva Darío Andrés – Mercerat Bárbara ,CONSTRUYENDO APLICACIONES WEB CON UNA METODOLOGÍA DE DISEÑO ORIENTADA A OBJETOS, *Universidad Nacional de La Plata, LIFIA, Laboratorio de Investigación y Formación en Informática Avanzada. Facultad de Informática*, (2002).
- ✓ Tirabassi Américo Natalio, MONITOREO SATELITAL DE VEHÍCULOS MEDIANTE UNA APLICACIÓN WEB, *Universidad Nacional de la Plata, Facultad de Informática*, (2011).
- ✓ Trilles Sergi - Díaz - Laura; Huerta Joaquín, ACCESO ÁGIL A REDES DE SENSORES, *IV Jornadas Ibéricas de Infraestructuras de Datos Espaciales*.
- ✓ Valero Quintero orge Luis, INTEGRACIÓN DEL SISTEMA DE LOCALIZACIÓN VEHICULAR, GESTIÓN DE FALLAS Y GIS COMO APOYO A LA GESTIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE LA C.A. LA ELECTRICIDAD DE CARACAS, *Universidad Simón Bolívar, Decanato De Estudios Profesionales, Coordinación De Ingeniería Electrónica*, (2009).

- ✓ Valverde Vega Sergio Andrés, *MONITOREO VEHICULAR MEDIANTE MÓDULOS GPS Y GPRS CONTROLADOS POR INTEL GALILEO*, Universidad de Costa Rica - Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Eléctrica, (2014).
- ✓ Velásquez Quintero Sebastián, *ESTACIÓN AMBIENTAL- CAPTURA Y TRANSMISIÓN DE DATOS*, Universidad Católica De Manizales / Facultad De Ingeniería Y Arquitectura / Programa De Ingeniería Telemática, Manizales, (2015).
- ✓ Zhigang Liu Anqi - Zhang and Shaojun Li, *VEHICLE ANTI-THEFT TRACKING SYSTEM BASED ON INTERNET OF THINGS*, School of Computer and Communication Engineering Northeast University at Qinhuangdao - China, IEEE, (2013).