

UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas



MFC
Facultad de Matemática
Física y Computación

Departamento de Computación

TRABAJO DE DIPLOMA

Sistema Informático para la localización geográfica en tiempo real de los vehículos de la empresa ESPROT dedicados al traslado de valores

Autor: Leonardo Javier León Simón

Tutores:

Dr. C. Carlos Pérez Risquet

MSc. Miguel Alberto Donate

Santa Clara Junio 2019
Copyright©UCLV

UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas



MFC
Facultad de Matemática
Física y Computación

Computing Department

DIPLOMA THESIS

Computer System for real-time geographical location of ESPROT vehicles dedicated to the transfer of values

Author: Leonardo Javier León Simón

Advisors:

Dr. C. Carlos Pérez Risquet

MSc. Miguel Alberto Donate

Santa Clara June 2019
Copyright©UCLV

Este documento es Propiedad Patrimonial de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, y se encuentra depositado en los fondos de la Biblioteca Universitaria “Chiqui Gómez Lubian” subordinada a la Dirección de Información Científico Técnica de la mencionada casa de altos estudios.

Se autoriza su utilización bajo la licencia siguiente:

Atribución- No Comercial- Compartir Igual



Para cualquier información contacte con:

Dirección de Información Científico Técnica. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Carretera a Camajuaní. Km 5½. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. CP. 54 830

Teléfonos.: +53 01 42281503-1419

Pensamiento

La vigilancia no tiene que ver con la seguridad, tiene que ver con el poder.

Edward Snowden

Dedicatoria

A mi familia ...

Agradecimientos

A mis hermanos, Alejandro Javier y Miguel Alejandro, que son fuerza que me hace querer ser más humano cada día.

A Mamá, a Papá, Yordi, Tomi, Abo, Aba, Pipo, la otra Aba, tíos, primos, mis mascotas y mis juguetes por hacer posible este viaje lleno de emociones y sacrificios.

A Rocío, por ser cada día más Rocío y ser mi apoyo espiritual en estas batallas.

A los amigos que me llevo, que me llenan tanto el corazón como mi título universitario y a través de ellos redefiní mi concepto de la palabra “amor”.

A la UCLV, particularmente a MFC, por haberme visto crecer tantas veces el pelo.

A Santa Clara, que me llenó de sueños y esperanzas.

A Cuba, por su valor y por su herejía.

RESUMEN

La presente investigación muestra la solución informática implementada para solucionar una deficiencia en cuanto a control y vigilancia en la tarea de traslado de valores realizada por la empresa ESPROT de Sancti Spíritus. Surge debido a la necesidad de las entidades administrativas de la empresa de supervisar dicha tarea en tiempo real, ganando así en seguridad y control en el trabajo. El objetivo del mismo fue implementar un sistema informático que permitiera el control de los vehículos dedicados al traslado de valores de la empresa. Utilizando teléfonos inteligentes, internet en los mismos, un API desarrollado en Node.js para trabajar con la información geográfica y una aplicación web para ilustrar los vehículos se desarrolló un sistema que permite el control de los vehículos de la empresa ESPROT dedicados al traslado de valores en tiempo real.

ABSTRACT

The present investigation shows the computer solution implemented to solve a deficiency in terms of control and surveillance in the task of transfer of securities made by the company ESPROT de Sancti Spíritus. It arises due to the need of the administrative entities of the company to supervise this task in real time, thus gaining security and control at work. The objective of the same was to implement a computer system that would allow the control of the vehicles dedicated to the transfer of securities of the company. Using smartphones, internet in them, an API developed in Node.js to work with geographic information and a web application to illustrate the vehicles was developed a system that allows the control of ESPROT vehicles dedicated to the transfer of values in real time

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
<i>CAPÍTULO 1. SISTEMAS DE RASTREO DE VEHÍCULOS EN CUBA Y EL MUNDO</i>	5
1.1 Introducción a los sistemas de rastreo de vehículos	5
1.2. Trabajos relacionados con el rastreo de vehículos	7
1.3 Principales tecnologías empleadas en los dispositivos de rastreo de vehículos	11
<i>1.3.1 El Sistema de Posicionamiento Global</i>	11
<i>1.3.2 Sistema Global para las Comunicaciones Móviles</i>	14
<i>1.3.3 Aplicaciones de monitoreo basadas en mapas</i>	16
<i>1.3.4 Módulos de hardware GPS y GSM</i>	17
1.4 El rastreo de vehículos en Cuba	18
<i>1.4.1 El Sistema de Gestión y Control de Flota cubano</i>	19
<i>1.4.2 Tecnologías empleadas en el Sistema de Gestión y Control de Flota cubano</i>	20
1.5 Teléfonos Inteligentes como tecnología alternativa para el rastreo de vehículos	21
<i>1.5.1 Ventajas y desventajas del uso de teléfonos inteligentes como alternativa a controladores convencionales</i>	22
1.6 Conclusiones del capítulo	23
<i>CAPÍTULO 2. SOLUCIÓN PROPUESTA E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA</i>	24
2.1 Requerimientos funcionales y no funcionales	24
<i>2.1.1 Usabilidad de la herramienta</i>	25
2.2 Diseño del Sistema Informático	26
<i>2.2.1 Software cliente para teléfonos inteligentes</i>	27
<i>2.2.2 Servidor para procesar la información</i>	27
<i>2.2.3 Interfaz para mostrar la información geográfica</i>	28
2.3 Implementación del sistema informático	28
<i>2.3.1 Aplicación Android. Entorno de Desarrollo</i>	28
<i>2.3.2 Procesamiento de la Información Geográfica. Entorno de Desarrollo</i>	31
<i>2.3.3 Visualización de la Información Geográfica</i>	33
2.4 Conclusiones del capítulo	36

<i>CAPÍTULO 3. VALIDACIÓN DEL SISTEMA INFORMÁTICO DESARROLLADO</i>	37
3.1 Aplicación Android. Interfaz y funcionamiento	37
3.3 Aplicación Web. Interfaz y usabilidad	39
3.3 Pruebas y análisis de los resultados	40
3.4 Conclusiones del capítulo	43
CONCLUSIONES	44
RECOMENDACIONES	45
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
ANEXOS	49

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Proceso de manipulación y conteo de valores.....	2
Ilustración 2 Flota dedicada al traslado de valores.	2
Ilustración 3 Formato de las tablas NMEA	14
Ilustración 4 Diagrama de Casos de Uso para el Operador de Flota.....	26
Ilustración 5 Descripción de la arquitectura del sistema.....	27
Ilustración 6 Flujo de información entre el API y demás componentes del sistema	32
Ilustración 7 Diseño de la Base de Datos utilizada	33
Ilustración 8 Ejemplo de visualización de la información geográfica	35
Ilustración 9 Aplicación desarrollada	38
Ilustración 10 Interfaz del mapa en la aplicación Web	39
Ilustración 11 ESPROT_cache	40
Ilustración 12 ESPROT_history	41
Ilustración 13 Respuesta al hacer un click sobre el vehículo	42

INTRODUCCIÓN

Hasta hace pocos años atrás, el pensar en aplicaciones satelitales para el rastreo de vehículos era limitarse a aplicaciones militares de las grandes potencias mundiales o guiones de Hollywood. Hoy en día las aplicaciones civiles de posicionamiento satelital están en pleno auge, permitiendo que estas sofisticadas tecnologías lleguen para solucionar problemas cotidianos de ciudadanos comunes (Diony *et al.*, 2017).

En la actualidad los equipos de rastreo han tomado gran fuerza en diferentes ambientes como la industria automotriz, los servicios de transporte e incluso en la medicina. En el servicio de transporte ha tenido mayor impulso esta tecnología, donde se requiere conocer la ubicación geográfica de sus elementos como son: vehículos, paquetes, equipos delicados o costosos, con el propósito principalmente de tener seguridad, seguimiento y logística.

Un sistema de rastreo de vehículos combina el uso de localización automática en vehículos individuales con software que recopila los datos de la flota, los procesa y visualiza. En la actualidad, a escala internacional, para cualquier compañía o persona que posea vehículos de transporte, contar con un sistema de rastreo satelital instalado en ellos ofrece grandes beneficios, que se resumen en un control en tiempo real de la flota.

Una de las principales ventajas de la gestión y control de flotas, es la posibilidad de reducir gastos a través de diversas funcionalidades y aplicaciones. La información obtenida del control de combustible, junto con una planificación eficiente de la ruta, conduce a optimizar el consumo de combustible y los costes de tiempo de inactividad excesivos. Los despachadores pueden ver en tiempo real dónde se encuentra cada vehículo o activo, para planificar la ruta más conveniente.

También se tiene el control total sobre la logística de rutas y entregas, disminuyen los viajes y kilómetros innecesarios y se incrementan la productividad y rentabilidad, puesto que los operadores al saber que son monitoreados se enfocan a trabajar.

Resulta incalculable cuantificar los ingresos por parte del ahorro que se ha provisto el estado desde la inclusión de sistemas de control de flotas en los vehículos con mayor consumo de combustible.

La misión de la empresa ESPROT (Empresa de Seguridad y Protección) de Sancti Spíritus es brindar soluciones integrales de seguridad para las más diversas exigencias y necesidades, con un capital humano competente y comprometido con los clientes y la sociedad.



Ilustración 1 Proceso de manipulación y conteo de valores

La empresa brinda el servicio de la recogida, manipulación, conteo, custodia y traslado de valores entre puntos pertenecientes al Ministerio de Comercio Interior y entidades bancarias, como muestra la ilustración 1. Cuenta con una flota de vehículos y tripulaciones encargados de realizar esta tarea de una forma segura y eficiente, como muestra la figura B (ESPROT, 2019).



Ilustración 2 Flota dedicada al traslado de valores.

La comunicación entre la empresa y los vehículos que transportan valores se realiza en tiempo real mediante una señal de radio (sistema de comunicación troncalizado – *trunking*). Esta señal puede ser interceptada o víctima de vandalismo, no ofrece seguridad a las entidades correspondientes del trayecto que siguen dichos vehículos, quedando abierta la posibilidad de que los choferes se desvíen de su recorrido, poniendo en peligro el material que trasladan o usando el combustible asignado para fines no establecidos (ESPROT, 2019).

El control de la tarea de traslado de valores se hace actualmente de una forma muy obsoleta, pues los choferes de los vehículos que los trasladan solo se comunican con los supervisores a través de una señal de radio.

Problema Científico:

¿Cómo supervisar en tiempo real desde el puesto de mando de la empresa ESPROT de Sancti Spíritus la localización geográfica de los vehículos para el traslado de valores?

A partir de estas problemáticas relacionadas anteriormente se definen para este trabajo los siguientes objetivos.

Objetivo General:

Desarrollar un sistema informático para la localización geográfica en tiempo real del recorrido de los vehículos de la empresa ESPROT de Sancti Spíritus dedicados a los servicios de traslado de valores.

Objetivos Específicos:

1. Definir una arquitectura para el sistema informático que garantice la supervisión en tiempo real del recorrido de los vehículos.
2. Diseñar un sistema informático acorde a los requerimientos funcionales y no funcionales definidos por la empresa.
3. Implementar un sistema informático para visualizar el proceso de supervisión desde el puesto de mando.
4. Validar la solución informática implementada.

La investigación incluye tres capítulos, además de las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos correspondientes. Los temas que se abordan en cada capítulo se encuentran estructurados de la forma siguiente:

CAPÍTULO I: se realizará una descripción sobre los sistemas de rastreo de vehículos a partir de la revisión de literatura especializada en el tema. Se describirán las tecnologías y arquitecturas empleadas en la confección de dispositivos de rastreo de vehículos y se analizarán brevemente los conceptos de sistemas en tiempo real y hardware y software libres. Se seleccionarán los componentes a emplear en el dispositivo que se diseñará en el proyecto. Por último, se realizará una reseña del rastreo de vehículos en Cuba.

CAPÍTULO II: se describirá la arquitectura del sistema a desarrollar y se ofrecerá una descripción de todas las soluciones propuestas, así como sus justificaciones. Se va a profundizar en la implementación de cada uno de los componentes del sistema informático, haciendo énfasis en las particularidades de cada cuál que mayor relevancia científica tengan dentro de la investigación. Este capítulo describe de forma general todo el funcionamiento de la solución ofrecida.

CAPÍTULO III: se presentará el sistema informático desarrollado. Se ofrecerán detalles de su funcionamiento y de la forma de operar con cada una de las componentes que tengan interfaz de usuario. Se ilustra como luce la herramienta en pleno funcionamiento.

CAPÍTULO 1. SISTEMAS DE RASTREO DE VEHÍCULOS EN CUBA Y EL MUNDO

En este capítulo se abordará acerca de lo conocido en Cuba y el mundo relacionado con el rastreo de vehículos. Se describen las tecnologías utilizadas, su funcionamiento y se resumen los trabajos relacionados con el tema. Se definen conceptos fundamentales que se van a usar a lo largo del informe y se detallan en las características que permiten a los teléfonos inteligentes usarse como módulos que integran GPS y la red GSM a la hora de desarrollar un sistema de rastreo de vehículos.

1.1 Introducción a los sistemas de rastreo de vehículos

Un sistema de Rastreo Vehicular Automatizado (RVA), Localización Vehicular Automatizada o AVL (acrónimo de su denominación en inglés, *Automatic Vehicle Location*), se aplica a los sistemas de localización remota en tiempo real, basados generalmente en el uso de un Sistema de Posicionamiento Global (GPS, por las siglas en inglés de *Global Positioning System*), el Sistema Global para las Comunicaciones Móviles (GSM, por las siglas en inglés de *Global System for Mobile Communications*), Bluetooth, WiFi y un sistema de transmisión que es frecuentemente un módem inalámbrico (Uren and Price, 2010). Un sistema de rastreo de vehículos combina el uso de localización automática en vehículos individuales con software que recopila los datos de la flota, los procesa y visualiza. Un Sistema de Gestión y Control de Flota (SGCF) es un sistema que, apoyado en la tecnología y procedimientos, se utiliza para localizar y seguir vehículos, embarcaciones, trenes y otros móviles, tales como remolques, contenedores y diversos tipos de equipos agrícolas e industriales. En cada móvil se instala un equipo (computador de a bordo), que cuenta con un receptor GPS para registrar su ubicación y/o transmitirla a una estación base. Esto permite conocer en la estación base la posición y recorridos de toda la flota y llevar a cabo la gestión de la misma. El sistema puede funcionar en dos modalidades:

- **Tiempo Real:** Permite monitorear en la base la ubicación y las trayectorias de los móviles en forma continua y “en vivo”. El controlador realiza la recepción de las observaciones, las procesa y trasmite a la Estación de Trabajo las coordenadas al instante por medio de un radio módem.

- Tiempo Diferido: El control de la trayectoria se ejecuta con posterioridad al regreso de los móviles a la base. El Controlador almacena la información en un dispositivo de almacenamiento y luego se descarga por medio de un software (Castillo Rodríguez, Martínez Laguardia and Gómez Abreu, 2018).

Dentro de los sistemas de rastreo, cada vehículo cuenta con una unidad GPS móvil, con los cuales pueden ser rastreados satelitalmente y calcular su posición. Un dispositivo de este tipo podría básicamente (George Karonis, 2016):

- Recibir señales de satélite GPS.
- Calcular su posición, velocidad, dirección y altitud.
- Comunicarse con la Estación Base utilizando diferentes tecnologías celulares.
- Utilizar un diseño inteligente, decidir cuándo reportar datos y cómo.
- Recibir el tiempo y fecha precisos.
- Registrar históricamente, datos de rastreo y localización geográfica.

Otro componente importante es la red de comunicaciones. Un tranceptor celular seguro ofrece comunicación exacta y económica a través de la red celular, de forma que, el vehículo puede transmitir su posición y otras informaciones a la Estación Base sin errores. La comunicación transita en ambos sentidos permitiendo que la Estación Base pueda chequear el estado de sus vehículos y si es necesario, enviarles nuevas instrucciones como, por ejemplo, comandos remotos (George Karonis, 2016).

Una de las características más sobresalientes de AVL es que puede usarse el software de la Estación Base para automáticamente desplegar la ubicación de los vehículos en un mapa geográfico real. Dependiendo del software de representación geográfica, se podrán ampliar o reducir los mapas, para lograr prácticamente cualquier nivel o detalle y pueden ser programados para hacer un seguimiento, automáticamente, de un vehículo designado.

Debido a que el GPS tiene que buscar la señal emitida por al menos 4 satélites para poder calcular su posición, una vez que cualquier tipo de receptor es recién instalado, éste debe ejecutar una secuencia llamada arranque en frío. Esto significa que buscará la señal de cada uno de los satélites y basándose en los que encuentre, entonces podrá calcular su posición.

Esto significa que el tiempo que tardará en calcular su posición por primera vez será del orden de pocos minutos, dependiendo de la calidad de la señal que reciba. Una vez que el receptor obtenga estos datos, los próximos cálculos serán mucho más rápidos, del orden de 0,3 s y de 1 min en reinicio (George Karonis, 2016).

De la misma manera, si el receptor se encuentra localizado en algún lugar cerrado, como un estacionamiento, no podrá detectar la señal de los satélites y por lo tanto no podrá calcular su posición en ese instante. Sin embargo, se han desarrollado receptores GPS de alta sensibilidad que pueden detectar señales satelitales más débiles, aunque estas sean atenuadas por paredes o condiciones atmosféricas adversas, aunque no en ambientes hostiles para las señales, por ejemplo, estacionamientos subterráneos.

En cuanto a la transmisión de datos, en sus inicios el principal medio fue la radio, posteriormente se usó la tecnología celular (generando una llamada) o mediante mensajes de texto (SMS). Actualmente la mayoría de los sistemas modernos utilizan tecnologías celulares diseñadas para la transmisión de datos como GSM/GPRS, aprovechando la gran cobertura de estas redes de datos en la actualidad y la ventaja de que el cobro de transmisión se realiza normalmente por Kilobytes transmitidos y no por tiempo de conexión (Kochan and Samama, 1996).

1.2. Trabajos relacionados con el rastreo de vehículos

Varios trabajos se han desarrollado en la esfera de la investigación científica en universidades y centros investigativos alrededor del mundo para dar solución al problema del rastreo de vehículos.

En el trabajo de P. Verma y J. S. Bhatia se desarrolla un sistema de rastreo, que permite informar al propietario la localización y la ruta recorrida por el vehículo y dicha información se puede observar desde cualquier estación remota. Como hardware se utiliza un módulo GPS, para obtener la localización del vehículo, módulo SIM300, que provee servicio GSM en tres bandas para la comunicación remota, un microcontrolador CMOS ATmega16 de 8 bits para comunicar todos los componentes, una pastilla MAX232 para convertir de los niveles de voltaje TTL - RS232 y una pantalla LCD 16x2 (Verma and Bhatia, 2013).

El software, en lenguaje C, provee la interfaz entre los módulos, recibe la localización vía GPS y la transmite vía servicio de paquetes generales (GPRS); del lado del cliente se desarrolla una aplicación Web utilizando Google Maps, que recibe las coordenadas del vehículo y muestra la localización del objetivo, la distancia recorrida y las posibles rutas para llegar al destino (Verma and Bhatia, 2013).

En el artículo de S. V. R. Ramani, H. Suthanthira Vanitha, S. et al. se desarrolla un sistema de rastreo y cerradura de vehículos, que rastrea la posición del vehículo y puede apagar su motor, cerrar las puertas e inhabilitar las cerraduras en el caso de robo. El sistema se activa/desactiva por contraseña del propietario. Como hardware se utiliza un microcontrolador AT89c52, módulo GPS, GSM Modem SIM300 v7.03, teclado, pantalla LCD, relés y accionamientos de relés para el motor y las cerraduras, alarmas sonoras y transmisores y receptores infrarrojos (IR) (Ramani *et al.*, 2013).

Al detectarse el robo, por medio de los sensores IR cuando el sistema está activo, se envía una notificación vía SMS al propietario con la localización del vehículo, puede mandar la orden de detener el auto también vía servicio de mensajes cortos (Ramani *et al.*, 2013).

En el artículo de S. S. Ravi Prakash Vijay, Deepak Mali, et al. se desarrolla un sistema de rastreo que consiste en general en un receptor GPS, un modem GSM, un microcontrolador ATmega328 y sensores externos. El módulo GPS continuamente toma los datos provenientes del satélite y almacena la latitud y la longitud en el buffer del microcontrolador AT89s52 en tiempo real, además de las rutas recorridas, las paradas hechas, el tiempo en demorado en cada parada(Sharma *et al.*, 2012).

Al añadir sensores adicionales el sistema puede detectar fuego, robo y obstáculos. Si se desea rastrear el vehículo, el sistema se activa por un mensaje SMS recibido por el módulo GSM. También se activa por la detección de accidentes mediante el sensor IR, por la detección de fuego mediante el sensor de temperatura y por la detección de robo. Una vez activo, el módulo GSM envía en mensajes SMS la última posición recibida al número predefinido en el programa. La posición se muestra en una aplicación web basada en Google Map (Sharma *et al.*, 2012).

El artículo presentado por El-Medany et al. describe un sistema de rastreo en tiempo real que provee localizaciones precisas del vehículo rastreado con medios de bajo costo. Para su implementación se utiliza un módulo GSM GM862 de cuatro bandas. Un servidor de monitoreo y una interfaz gráfica de usuario en un sitio web también se desarrollan utilizando Microsoft SQL Server 2003 y ASP.net para visualizar la localización de un vehículo en un mapa específico. Este sistema también provee información acerca del estado del vehículo como por ejemplo velocidad y kilometraje (Castillo Rodríguez, Martínez Laguardia and Gómez Abreu, 2018)

Hu Jian-ming; Li Jie; Li Guang-Hui describen un sistema antirrobo de vehículos utilizando módulos GPS y GSM. El sistema se desarrolla utilizando un chip de alta velocidad de tipo mixto C8051F120 y el automóvil robado se detecta con el uso de un sensor de vibración. El sistema permanece en contacto con el propietario a través del módulo GSM, para seguridad y fiabilidad del automóvil (Wan and Chen, 2009)

Fleischer, P.B.; Nelson et al. describen el desarrollo y la implementación de un sistema de rastreo y alerta de vehículos utilizando GPS y GSM. El sistema permite a las compañías de transporte inter-ciudades rastrear sus vehículos en tiempo real y provee seguridad ante robo y ocurrencia de accidentes (FLEISCHER and NELSON, 2012)

Le-Tien, T. y Vu Phung describen un sistema basado en GPS y GSM. Se describe un modelo práctico para el enrutamiento y rastreo de un vehículo móvil en un área extensa. El sistema incluye una brújula Compass Sensor-YAS529 de la compañía Yamaha y un acelerómetro Accelerator Sensor-KXSC72050 de la compañía Koinix para adquirir la dirección del movimiento del vehículo.

El sistema adquiere las posiciones del vehículo a través del receptor GPS y envía los datos al centro supervisor utilizando el servicio SMS o GPRS. El centro supervisor comprende un kit de desarrollo que soporta las tecnologías GSM-WMP100 de la compañía Wavecom. Finalmente, la posición del vehículo se visualiza en Google Maps (Wan and Chen, 2009)

Kai-Tai Song y Chih-Chieh Yang diseñan y construyen un sistema de rastreo visual en tiempo real para aplicaciones de seguridad de vehículos. En este artículo se presenta un algoritmo de rastreo de vehículos basado en características físicas, el cual detecta

automáticamente y rastrea varios objetos en movimiento, como autos y motocicletas, delante del vehículo rastreado.

Aplicando el concepto de Foco de Expansión y análisis visual, el sistema puede segmentar características de objetos en movimiento y ofrece una alerta de choque en tiempo real. El algoritmo propuesto utiliza una arquitectura embebida de un sensor de imágenes CMOS y un procesador NMOS. Dicho sistema fue validado en pruebas reales de carretera. Los resultados mostraron información de advertencias de colisiones en arterias urbanas a una velocidad de 60 km/h tanto de día como de noche (Wan and Chen, 2009).

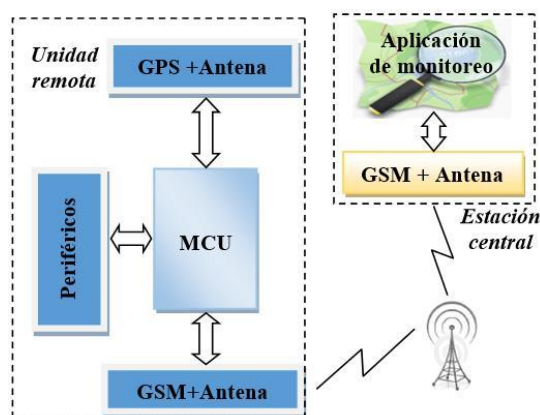
En el trabajo de (Vázquez Seisdedos et al., 2016) se describe el diseño e implementación de un dispositivo móvil para la adquisición, transmisión y visualización de la posición de un vehículo hacia un terminal remoto, compuesto por una computadora y un punto de acceso inalámbrico. El dispositivo contiene un módulo receptor de GPS PARALLAX, un conversor serie-Ethernet LANTRONIX, un visualizador de cristal líquido (LCD) y un punto de acceso inalámbrico TPLINK, todos gobernados por un microcontrolador PIC 16F870.

Las pruebas experimentales evidenciaron que el dispositivo desarrollado es capaz de adquirir y transmitir las coordenadas de latitud y longitud con una exactitud mínima de 4,4 m y 6,1 m, respectivamente, así como funciona correctamente en condiciones de velocidad variables entre 0 y 140 km/h. El tiempo de adquisición y visualización de la posición es de 1 minuto aproximadamente.

En general, las tecnologías más utilizadas en los dispositivos para el rastreo de vehículos incluyen el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) para obtener la localización del vehículo y el Sistema Global para las Comunicaciones Móviles (GSM) que provee la comunicación con una estación remota. A ambas se accede mediante módulos de hardware GPS y GSM. Una unidad microcontroladora (MCU, Microcontroller Unit) se utiliza para establecer la comunicación entre dichos módulos. Por otro lado, se cuenta con una estación central que recibe la información desde el dispositivo remoto y visualiza la localización del vehículo y otras informaciones, principalmente basadas en Google Maps y OpenStreetMap (Figura 1.1. Esquema general de un sistema de rastreo de vehículos utilizando módulos GPS, GSM, MCU y otros periféricos.).

Las soluciones analizadas resuelven el problema del rastreo de vehículos, pero tienen algunas desventajas como la utilización de módulos GPS y GSM con interfaz RS232, incompatible con los niveles TTL (transistor-transistor logic) que manejan las MCU y por tanto requieren de hardware adicional. El uso de mapas online representa una desventaja para un país como Cuba, puesto que requieren una conexión rápida a Internet y de gran cantidad de datos, la cual no está disponible para todas las entidades con la calidad requerida de tiempo real de la aplicación de rastreo.

El aprovechamiento del valor agregado de la MCU mediante el uso de sensores, actuadores, teclados y elementos de visualización constituye una ventaja de varios de los sistemas analizados, puesto que estas, además de tener la capacidad de comunicación, cuentan con varias entradas y salidas digitales y analógicas que pueden ampliar las funcionalidades del sistema.



(Figura 1.1. Esquema general de un sistema de rastreo de vehículos utilizando módulos GPS, GSM, MCU y otros periféricos.).

1.3 Principales tecnologías empleadas en los dispositivos de rastreo de vehículos

A continuación, se analizan con detalle las tecnologías que conforman los dispositivos de rastreo de vehículos analizados en el epígrafe anterior.

1.3.1 El Sistema de Posicionamiento Global

Un sistema global de navegación por satélite (GNSS, por las siglas en inglés de *Global Navigation Satellite System*) es una constelación de satélites que transmite rangos de señales

utilizados para el posicionamiento y localización en cualquier parte del globo terrestre, ya sea en tierra, mar o aire (Hegarty and Chatre, 2008). Actualmente forman parte del concepto GNSS el Sistema de Posicionamiento Global (Global Positioning System, GPS) de los Estados Unidos de América, el Sistema Orbital Mundial de Navegación por Satélite (GLONASS) de la Federación Rusa, Galileo en desarrollo por la Unión Europea y el sistema regional Beidou, desarrollado por China, los dos últimos se espera estén completamente operacionales y con cobertura global para el año 2020 (CHINAMIL.COM, 2016).

Los GNSS son sistemas que permiten determinar en todo el mundo la posición de un objeto (una persona, un vehículo) con una precisión de hasta centímetros (si se utiliza GPS diferencial), aunque lo habitual es aproximadamente 10 metros de precisión. El GPS funciona mediante una red de 32 satélites en órbita sobre el planeta tierra, a 20 200 km de altura, con trayectorias sincronizadas para cubrir toda la superficie de la Tierra y equipados con relojes atómicos precisos y estables.

Cuando se desea determinar la posición, el receptor que se utiliza para ello localiza automáticamente como mínimo cuatro satélites de la red, de los que recibe unas señales indicando la identificación y la hora del reloj de cada uno de ellos (Diony *et al.*, 2017).

Con base en estas señales, el aparato sincroniza el reloj del GPS y calcula el tiempo que tardan en llegar las señales al equipo, y de tal modo mide la distancia al satélite mediante el método de trilateración inversa, la cual se basa en determinar la distancia de cada satélite respecto al punto de medición. Conocidas las distancias, se determina la propia posición relativa respecto a los satélites. Conociendo además las coordenadas o posición de cada uno de ellos por la señal que emiten, se obtiene la posición absoluta o coordenadas reales del punto de medición. También se consigue una exactitud extrema en el reloj del GPS, similar a la de los relojes atómicos que llevan a bordo cada uno de los satélites (O'LEARY and DARRIN, 2009). El sistema GPS está compuesto por tres segmentos:

- El Sector Espacial, formado por los 32 satélites distribuidos en 6 planos orbitales alrededor de la tierra, manteniendo cobertura las 24 horas del día.
- El Sector de Control, cuya misión es el seguimiento continuo de todos los satélites para establecer la órbita de cada uno de ellos, está formado por una estación de control

maestra, una estación alternativa, 6 estaciones de monitoreo y 4 antenas terrestres dedicadas.

- El Sector de Usuario lo compone el instrumental que deben utilizar los usuarios para la recepción, lectura, tratamiento y configuración de las señales, con el fin de alcanzar los objetivos de su trabajo (Heagerty and Chatre, 2016).

Cada satélite GPS emite continuamente un mensaje de navegación a 50 bits por segundo en la frecuencia transportadora de microondas. La banda de frecuencia comprende cinco tipos o niveles: L1 (1575.42 MHz, para uso civil) que utiliza el Código de Adquisición Aproximativa (C/A); L2 (1227.6 MHz, para uso militar) que utiliza el Código de Precisión (P) cifrado; L3, L4 y L5, que en general comprenden entre 1176 MHz y 1600 MHz (Thomassen, 2014).

La señal GPS proporciona la hora precisa de acuerdo con el reloj atómico a bordo del satélite, el número de semana GPS y un informe de estado para el satélite de manera que puede deducirse si es defectuoso. Cada transmisión dura 30 segundos y lleva 1500 bits de datos codificados con una secuencia pseudoaleatoria (PRN) de alta velocidad que es diferente para cada satélite.

Los receptores GPS conocen los códigos PRN de cada satélite y por ello no sólo pueden decodificar la señal, sino que la pueden distinguir entre diferentes satélites.

Las transmisiones son cronometradas para empezar de forma precisa en el minuto y en el medio minuto tal como indique el reloj atómico del satélite. La primera parte de la señal GPS indica al receptor la relación entre el reloj del satélite y la hora GPS. La siguiente serie de datos proporciona al receptor información de órbita precisa del satélite principalmente: hora UTC (Tiempo Universal Coordinado), latitud, longitud, satélites usados, satélites en vista, dilución de la precisión, altura sobre el nivel del mar, curso y velocidad sobre el suelo, entre otros. (Zarein, 2016).

La mayoría de los módulos receptores GPS brindan dichos datos según el formato NMEA 0183, cuyas siglas se deben a la organización estadounidense Asociación Nacional de Electrónica Marina (National Marine Electronics Association), la cual lo define y controla (Guier and Weiffenbach, no date). Se definen diferentes mensajes que comprenden diferentes

campos de datos separados por coma (“;”), todos con la estructura general que se muestra en la Figura 1.1:

- Encabezado: \$GC.
- ID del mensaje, que puede ser según el protocolo:
 - GCA: Datos de posición GPS
 - GLL: Posición geográfica – Latitud/Longitud.
 - GSA: Dilución de la precisión GNSS y satélites activos.
 - GSV: Satélites GNSS en vista.
 - RMS: Datos específicos GNSS mínimos recomendados.
 - VTG: Curso sobre el suelo y velocidad sobre el suelo.
 - ZDA: Tiempo y hora.
- Datos: La composición de este campo varía según los diferentes datos que transmite cada protocolo.
- Suma de chequeo: como método de chequeo de errores en la transmisión de los datos.
- Caracteres de terminación de la trama: <CR> <LF>

\$GC	ID del mensaje	Datos	Suma de chequeo	<CR>	<LF>
------	----------------	-------	-----------------	------	------

Ilustración 3 Formato de las tablas NMEA

1.3.2 Sistema Global para las Comunicaciones Móviles

El sistema global para las comunicaciones móviles (del inglés *Global System for Mobile Communications*, GSM) es un sistema estándar, libre de regalías (derecho de usar un material con copyright o de propiedad intelectual sin la necesidad de pagar regalías o una tasa de licencia), de telefonía móvil digital. GSM se considera, por su velocidad de transmisión y otras características, un estándar de segunda generación (2G).

Una de las características principales del estándar GSM es el módulo de identidad del suscriptor, conocida comúnmente como tarjeta SIM, una tarjeta inteligente desmontable que contiene la información de suscripción del usuario, parámetros de red y directorio telefónico (M Sauter, 2014).

La asociación GSM (GSMA o GSM Association), informa que GSM es el estándar en telecomunicaciones móviles más extendido en el mundo, con un 82% de los terminales mundiales en uso. GSM cuenta con más de 3000 millones de usuarios en 159 países distintos, siendo el estándar predominante en Europa, América del Sur, Asia y Oceanía, y con gran extensión en América del Norte (World, 2019).

La interfaz de radio de GSM se ha implementado en diferentes bandas de frecuencia: GSM-900 usa 890–915 MHz para enviar información desde la estación móvil a la estación base (uplink o subida) y 935–960 MHz para la otra dirección (downlink o bajada), proveyendo 124 canales de audiofrecuencia (números de canal del 1 al 124) espaciados a 200 kHz.

La GSM-1800 usa la banda de 1710 a 1785 MHz para enviar información desde la estación móvil al transceptor de la estación base y la de 1805 a 1880 MHz para la otra dirección, proporcionando 374 canales numerados desde el 512 hasta el 885. La GSM-850 y la GSM-1900 se usan en la mayoría de países en América. La GSM-850 utiliza la banda de 824-849 MHz para la subida y 869-894 MHz para la bajada, con los canales 128 a 251. La GSM-1900 utiliza la banda de 1850-1910 MHz para la subida y 1930-1990 MHz para la bajada, con los canales 512 a 810 (E.T.S.I., 2001).

La red de telefonía celular en Cuba es operada por la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba S.A. (ETECSA), está disponible en 900 MHz en todo el territorio nacional en GSM. También posee acceso GSM en los 850 MHz, con cobertura limitada a: Ciudad de La Habana, Varadero, Ciego de Ávila, Cayo Coco, Cayo Guillermo y Holguín (Aeropuerto y Guardalavaca) (ETECSA, 2016).

GSM, junto con otras tecnologías, es parte de la evolución de las telecomunicaciones móviles inalámbricas que incluye, entre otros, servicio general de paquetes vía radio (General Packet Radio System, GPRS). El GPRS, creado en la década de los 80, es una extensión del GSM para la transmisión de datos mediante conmutación de paquetes. Permite velocidades de

transferencia de 56 a 114 kbps. Con GPRS se pueden utilizar servicios como Wireless Application Protocol (WAP), servicio de mensajes cortos (SMS), servicio de mensajería multimedia (MMS), Internet y los servicios de comunicación, como el correo electrónico y la World Wide Web (WWW) (Mouly and Pautet, 2002).

WAP (protocolo de aplicaciones inalámbricas) es un estándar abierto internacional para aplicaciones que utilizan las comunicaciones inalámbricas, por ejemplo, acceso a servicios de Internet desde un teléfono móvil (Redl and Webber, 1998).

El servicio de mensajes cortos (Short Message Service, SMS) es un servicio disponible en los teléfonos móviles que permite el envío de mensajes cortos entre teléfonos móviles, inventado por Matti Makkonen junto al GSM en 1985. Los mensajes de texto son procesados por un centro de mensajes cortos (SMSC, Short Message Service Center) que se encarga de almacenarlos hasta que son enviados y de conectar con el resto de elementos de la red GSM.

Un mensaje SMS es una cadena alfanumérica de hasta 140 caracteres o de 160 caracteres de 7 bits, y cuyo encapsulado incluye una serie de parámetros: fecha de envío; validez del mensaje, desde una hora hasta una semana; número de teléfono del remitente y del destinatario; número del SMSC que ha originado el mensaje (Redl and Webber, 1998).

El servicio de mensajería multimedia (Multimedia Messaging Service, MMS) es un estándar de mensajería que le permite a los teléfonos móviles enviar y recibir contenidos multimedia, incorporando sonido, video, imágenes y texto. El límite de cada mensaje multimedia suele ser de 100 o 300 KB, dependiendo de cada móvil, si bien ese límite lo definen el operador o las características del terminal y no el protocolo (RAIE, 2019).

1.3.3 Aplicaciones de monitoreo basadas en mapas

Las aplicaciones de monitoreo pueden programarse para cualquier plataforma, por ejemplo, para computadora personal (Windows, Linux, etc.), lo cual implica la adquisición de un módem GSM adicional; o para dispositivos móviles (Android, iOS, etc.), de los cuales se puede aprovechar su acceso directo a la red GSM y además su capacidad de transmisión de los datos por diferentes vías (WiFi, Bluetooth, descarga de los datos de la tarjeta de memoria vía USB).

Un elemento imprescindible para la visualización en estas aplicaciones lo constituyen los mapas. Actualmente existen dos proveedores principales de servicios de mapas para aplicaciones personales:

- Google Maps es un servidor de aplicaciones de mapas en la web que pertenece a Google. Ofrece imágenes de mapas desplazables, así como fotografías por satélite del mundo e incluso la ruta entre diferentes ubicaciones o imágenes a pie de calle Google Street View.
- OpenStreetMap (también conocido como OSM) es un proyecto colaborativo para crear mapas libres y editables. Los mapas se crean utilizando información geográfica capturada con dispositivos GPS móviles, ortofotografías 1 y otras fuentes libres. Esta cartografía, tanto las imágenes creadas como los datos vectoriales almacenados en su base de datos, se distribuye bajo licencia abierta Licencia Abierta de Bases de Datos (en inglés ODbL). Su código fuente y bases de datos están disponibles totalmente gratis para múltiples plataformas como Qt, iOS y Android(GitHub, 2017).

1.3.4 Módulos de hardware GPS y GSM

Estos módulos ofrecen una interfaz con los satélites GPS y con la red GSM respectivamente a través de antenas diseñadas para recibir y transmitir en las bandas de frecuencia correspondientes. Por otro lado, también deben ofrecer otra interfaz de comunicación con el usuario, por ejemplo, comunicación serie con lógica TTL o RS232, a través de los cuales pueden ser controlados y a la vez enviar información. Normalmente este tipo de módulos son controlados por el conjunto de comandos Hayes.

El conjunto de comandos Hayes (SIMCom, 2015) es un lenguaje desarrollado por la compañía Hayes Communications que prácticamente se convirtió en estándar abierto de comandos para configurar y parametrizar módems. Parte del conjunto de comandos Hayes fue incluido por el Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones en el protocolo V.25ter, actual V.250.

Todos los comandos son precedidos por los caracteres “AT”, los cuales significan “Atención”, e hicieron que se conociera también a este conjunto de comandos como comandos AT. Estos normalmente son seguidos de una respuesta.

Como ejemplos de módulos GPS y GSM utilizados en sistemas de rastreo de vehículos se pueden mencionar los siguientes:

- SparkFun Venus GPS
- PARALLAX PAM-7Q GPS Module
- SparkFun GM862 Cellular Quad Band Module
- SIM300 MODEM
- Adafruit FONA 808 - Mini Cellular GSM + GPS Breakout

Ver Anexo 1 ilustraciones de módulos GPS y GSM usados en Cuba

1.4 El rastreo de vehículos en Cuba

El primer sistema de control de flota se desarrolló en el año 1993, por el desaparecido Instituto Cubano de Hidrografía. Este primer sistema no pasó de la fase de prototipo. Las causas pueden estar en el desconocimiento generalizado de la tecnología en aquellos momentos por parte de los usuarios potenciales, las pocas prestaciones y las dificultades en la plataforma de comunicaciones basada en bandas de muy alta frecuencia (VHF).

Durante el año 2005 se llevó a cabo un experimento limitado de control de flota, empleando tecnologías desarrolladas por el Centro Nacional para la Producción de Animales de Laboratorio del CITMA. Los resultados del experimento evidenciaron las potencialidades de la tecnología para la detección de irregularidades y el impacto potencial en el ahorro de combustible.

En febrero del 2006, se crearon el Grupo Ejecutivo y el Grupo Consultivo, para la realización de nuevos experimentos designados por la Asamblea Nacional del Poder Popular, y la Dirección de Sistema de Gestión y Control de Flota (DSGCF) del MITRANS.

A partir de abril del 2006 comenzó a desarrollarse el experimento del Sistema de Gestión y Control de Flota (SGCF) cubano, al cual se incorporaron alrededor de 957 móviles (camiones, barcos, tractores y una locomotora), de 20 bases de transporte de las provincias habaneras, tres empresas pesqueras del Golfo de Batabanó, la Empresa Genética “Niña Bonita” y la Unión de Ferrocarriles.

Los principales resultados del experimento fueron:

- Buen comportamiento del hardware y software empleados.
- Recuperada la inversión inicial de 481 958 CUC en los primeros 6 meses del 2006.
- Hasta el 30 de junio de ese propio año el ahorro asciende a 1 200 927 CUC. En combustible se han ahorrado 1 957 toneladas (2 por cada medio).

1.4.1 El Sistema de Gestión y Control de Flota cubano

El SGCF cubano apoyado en la tecnología se utiliza para localizar y seguir vehículos, embarcaciones, trenes, etc. En cada móvil se instala un computador de a bordo que cuenta con un receptor de señales satelitales para registrar su ubicación y transmitirla mediante redes de comunicaciones a un centro de datos. Una vez transmitidas las señales y utilizando software de aplicaciones con la ayuda de medios informáticos, se determina la posición del móvil, así como otros datos de su trayectoria que son representados en una base cartográfica.

Esto permite conocer en una estación base de manera diferida o en vivo la posición y recorridos de toda la flota y llevar a cabo la gestión de la misma. El SGCF permite conocer con exactitud el desempeño de cada uno de sus medios en la tarea asignada, permitiendo la gestión de las operaciones con mayor oportunidad y calidad. Su objetivo principal es potenciar la eficiente explotación del parque automotor disponible, el ahorro de combustible y la elevación de la disciplina transportista.

El Sistema permite mayor organización y control de los medios de transporte, mejora la gestión de la base, se acortan los ciclos de viaje, se alargan los mantenimientos, así como se favorece el aprovechamiento y la durabilidad de las piezas, neumáticos, baterías y otros recursos. Asimismo, constituye un instrumento muy útil para la administración porque puede saber con exactitud el trabajo de cada carro según la misión asignada: kilómetros recorridos, trayectoria seguida, tiempo utilizado, velocidad, paradas y otros detalles.

Sin embargo, salvo en algunas entidades como el servicio de urgencias de La Habana (SIUM) y la empresa de Ferrocarriles, el sistema se emplea en su modalidad diferida, con lo cual no se logra un control de flota en tiempo real.

Por otro lado, existen otras empresas que no tienen instalado el sistema debido, entre otras causas, a que la aplicación del GPS implica reducirle automáticamente el 10 % de la asignación de combustible a la entidad seleccionada, aunque la práctica indica que las instituciones que asumen la puesta en marcha de los mencionados dispositivos reportan mensualmente un ahorro entre el 20 y el 25 % de combustible (GUTIÉRREZ, 2014)

La DSGCF, entre otras funciones, controla y supervisa a distancia la implantación y empleo del SGCF en las bases, empresas, órganos de dirección empresarial y organismos, con el objetivo de elevar la eficiencia en la explotación de los medios de transporte, las embarcaciones de pesca y otros equipos. De igual forma, vela por el ahorro de combustible y previene la ocurrencia de indisciplinas y hechos delictivos; además aprueba el desarrollo e introducción de las nuevas prestaciones que se requieran ya sea en equipamiento o aplicaciones informáticas.

Para tales funciones, la DSGCF cuenta con un Departamento de Supervisión y Control de Flota, que tiene la misión de supervisar el funcionamiento del SGCF en todas las entidades del país y analizar las estadísticas del comportamiento de los principales indicadores del sistema, proponiendo las acciones necesarias que se deriven de los análisis.

1.4.2 Tecnologías empleadas en el Sistema de Gestión y Control de Flota cubano

En Cuba inicialmente se emplearon como dispositivos GPS remotos, los llamados computadores Techagro SELVEC-MFlash. Estos utilizaban una tarjeta de memoria del tipo CompactFlash para almacenar los datos de navegación, la cual se retiraba del dispositivo para descargar los datos a la estación base.

A partir de 2012 se comenzaron a utilizar los computadores IRIS 707 los cuales incluyen conexión USB y comunicación vía Bluetooth para la descarga de los datos a la estación base. Una vez descargados los datos en la estación base, a través de la Intranet se suben al servidor central, donde son analizados con la aplicación web MovilWeb.

MovilWeb es un sistema de localización de vehículos basado en Web para el seguimiento de móviles sobre cartografía vectorial y raster, diseñado para controlar diferentes flotas. Este sistema funciona en dos modalidades, diferido o en tiempo real.

En tiempo diferido permite el monitoreo de móviles de manera remota sobre una red de comunicaciones, posibilitando reconstruir su recorrido, una vez ejecutado el mismo, en un determinado periodo de tiempo, a partir de la información almacenada en el computador de a bordo.

La modalidad en tiempo real, permite la monitorización de los vehículos que circulan con computado-res de a bordo enviando sus datos a través de la red celular. Las sentencias obtenidas se decodifican, analizan y visualizan, así como las alarmas que transmiten los sensores ubicados en el vehículo. Ambas implementaciones están diseñadas para controlar flotas de vehículos de manera genérica y analizar su trayectoria, velocidad, detenciones, alarmas, información de sensores, salidas fuera de la ruta planificada, entre otros. Su desarrollo es modular, lo que permite personalizar herramientas para usuarios específicos, siendo las más significativas las de carga y pasajeros.

El uso del sistema tiene alcance nacional, se encuentra implantado como aplicación genérica de seguimiento de móviles en 233 bases de transporte con 900 usuarios y más de 10 000 móviles desde los servidores del centro de datos de TRANSNET. Recibe 8 millones de accesos como promedio mensual, de ellos 2,5 millones son solicitudes de mapas lo que equivale en volumen de datos a más de 30 TBytes (Suarez, 2016).

En el Anexo 2 se ilustran las tecnologías usadas en el control de flota cubano.

1.5 Teléfonos Inteligentes como tecnología alternativa para el rastreo de vehículos

Los teléfonos inteligentes han revolucionado la forma en que los seres humanos actuamos y nos relacionamos a diario. Todas las potencialidades que nos ofrecen pueden aplicarse para mejorar la forma en que realizamos muchas de las tareas cotidianas. Tanto la cámara, como el micrófono, como sensores de temperatura, de magnetismo, y por supuesto, de geolocalización, han permitido a los desarrolladores diseñar nuevas herramientas que le facilitan la vida a los usuarios.

Independientemente que los teléfonos inteligentes no estén diseñados inicialmente para tareas como el rastreo de vehículos, las funcionalidades que brindan son prácticamente las mismas que los modelos de Hardware utilizados para estas labores.

Con la apertura a Cuba del internet en los teléfonos se desatan un grupo muy grande de oportunidades y de soluciones verdaderamente viables a problemas específicos de la economía del país como deficiencias en cualquier empresa o entidad administrativa del país (ETECSA, 2018), debido a que resulta factible desarrollar diferentes sistemas informáticos que integren, entre sus componentes, un teléfono inteligente con sistema operativo Android, para el cual los desarrolladores pueden diseñar aplicaciones compatibles con cualquier teléfono con esta tecnología.

1.5.1 Ventajas y desventajas del uso de teléfonos inteligentes como alternativa a controladores convencionales

El aporte que ofrece una solución de este tipo la comunidad es la flexibilidad que ofrece poder trabajar directamente con la aplicación para teléfonos Android. De manera tal que, podemos complementarla según nuestras necesidades y reutilizar el código para la solución de otros problemas con características similares. O sea, una vez que podamos compartir la geolocalización del teléfono utilizando los recursos provistos por la red de telefonía utilizada en Cuba, se pueden fortalecer otros servicios existentes con esta funcionalidad, así como crear nuevas soluciones para problemas que ni siquiera se han notado al no contar con estas disponibilidades (Semana, 2014).

Dado el avance de las nuevas tecnologías y las comunicaciones móviles, las personas tienen el alcance de usar dichas aplicaciones en cualquier momento. Estamos en una época en la que casi cada persona posee un teléfono móvil con conexión a Internet, por tanto, investigar y desarrollar explotando todas las potencialidades de los teléfonos inteligentes es de vital importancia para optimizar ciertos procesos y tareas.

Los teléfonos para realizar la tarea de chequeo del proceso de traslado de valores serán provistos por la empresa. Luego de un encuentro inicial, dónde se valoró la factibilidad desde el punto de vista económico de la aplicación, se llegó a la conclusión de que las ganancias intangibles desde el punto de vista financiero para la empresa superarían los costos de la inversión inicial. El costo de los teléfonos y el internet se le añadirían al precio que cobra la empresa por dicho servicio al resto de las entidades clientes.

Como gran desventaja, existe que la portabilidad propia de estos dispositivos atenta contra la calidad en un servicio de seguridad, ya que se puede alterar los resultados con solamente cambiar el teléfono de lugar o apagándolo y demás. Existe un acuerdo con la empresa de que se crearan las condiciones logísticas necesarias y los marcos legales para tratar de darle el uso más ético posible al dispositivo en cuestión, cuidando así la calidad del servicio.

1.6 Conclusiones del capítulo

A modo de conclusión puede decirse que desde que la tecnología lo permitió, la comunidad científica ha insistido en encontrar las mejores formas de lograr el control de flota. El control de flota, siendo de forma diferida o en tiempo real, promueve una actitud responsable desde el punto de vista del ahorro de combustible y en nuestro país, desde el comienzo de su implementación, los beneficios han sido tangibles. También se analizó la alternativa de usar teléfonos inteligentes como alternativa para el control de flota, siempre que se creen todas las condiciones necesarias y se aplique de forma responsable y consecuente.

CAPÍTULO 2. SOLUCIÓN PROPUESTA E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

En este capítulo se describirán los requisitos de la empresa y disponibilidad logística, tecnológica y financiera, de forma tal que la solución implementada sea viable a la misma. Se describirá toda la arquitectura y el diseño del sistema informático, así como las particularidades de cada uno de sus componentes y el proceso de implementación de los mismo. De la misma forma haremos mención de las principales herramientas utilizadas, así como bibliotecas y tecnologías fundamentales.

2.1 Requerimientos funcionales y no funcionales

Para resolver el problema en cuestión de la investigación, se hace necesario realizar una exploración de las capacidades de la empresa para implementar la investigación, desde la solvencia financiera hasta la tecnología que permita el despliegue de dicho sistema informático.

La empresa cuenta con toda una técnica y unas garantías tecnológicas que le han permitido, tener automatizado más del 80% de los procesos de la misma. Los servidores de la empresa ESPROT de Sancti Spíritus tienen las siguientes características: HP Proliant ML350 Gen 9, con dos micros 4 discos duro de 1 Tera cada uno, 64 Memoria RAM. Se encuentra Virtualizado con Proxmox con 4 Máquinas Virtuales, que son: 1MV: Zentyal como controlador de dominio. Tiene posibilidades para crear varias MV. Tienen un dominio dentro de la red nacional (esprotss.co.cu) y hay disponibilidad de Internet desde el año 2018. Conociendo esto, se sabe que existen condiciones para el despliegue del sistema en la empresa, utilizando sus propios servidores dentro de la red nacional.

Necesariamente, una solución de este tipo requiere una inversión inicial, que será más contundente mientras más vehículos quieran monitorearse, porque para cada vehículo es necesario un teléfono celular y acceso a la red nacional.

Luego de análisis financiero con las entidades correspondientes en la empresa, se llegó a la conclusión de que la solución sería factible económicamente, ya que el capital de la primera inversión se iría recuperando paulatinamente. Este costo se le agrega al costo de los servicios ofrecidos por la empresa, que pagarían los clientes de la empresa.

Utilizar teléfonos inteligentes para hacer control de flota en vez de los controladores previamente descritos diseñados para estos fines, requiere un aseguramiento logístico y marco legal que le garantice seguridad al dispositivo. De esta forma, se protegen los mismo para que no se altere su funcionamiento, para que no sean afectados los datos que ofrece, comprometiendo de esta forma el correcto comportamiento del sistema.

Cada vehículo de la empresa dedicado a las cuestiones de traslado de valores, cuenta con una tripulación de cinco personas que cada una cuenta con un rol muy específico en el cumplimiento de la tarea. Deben cumplir con estricta disciplina ciertas indicaciones a la hora de realizar su trabajo.

Cuentan con chófer, que debe permanecer al volante en todo momento, apagar el motor del vehículo solo en circunstancias especiales, no debe desviarse de la ruta preestablecida y en caso que así sea deberá consultarlo con el puesto de mando.

Dentro de la tripulación se encuentra el Controlador de Flota, cuya única labor es manejar los valores que se transportan desde dónde el vehículo parqueó hasta su destino, es quién único puede trabajar con la mercancía. Los dos escoltas van armados constantemente y prevén que no ocurra ninguna irregularidad con respecto a la disciplina y el orden y mantienen a los civiles alejados de la zona donde se hacen las transacciones. El último tripulante es el jefe de la tripulación, que vela por el correcto funcionamiento de todas las partes y es el máximo responsable de la entidad.

Es el jefe de la Tripulación quién sería el encargado de portar el teléfono inteligente, esta tarea debe efectuarse con total transparencia, honestidad y responsabilidad, ya que de no ser así se compromete todo el trabajo. Corresponde a la empresa crear todo un sistema de regulaciones y normas para proteger el servicio.

2.1.1 Usabilidad de la herramienta

Existe un empleado en la empresa que es el encargado de supervisar el control de flota, trabaja en el puesto de mando y su trabajo es supervisar la tarea de traslado de valores durante el día. La herramienta a desarrollar será explotada por dicho personal que no necesariamente deba tener vastos conocimientos de computación o de ingeniería, por tanto, es necesario que el sistema informático cuente con una interfaz visual que permita el control de flota de una

forma intuitiva y entendible. No es recomendable comprometer todos los beneficios ofrecidos por una solución como la planteada con un sistema elitista e inentendible.

Este operador de flota será la única persona que trabaje con el sistema (Ilustración 4), en afán de ganar en seguridad y cuidado del teléfono móvil, parte fundamental del sistema informático.

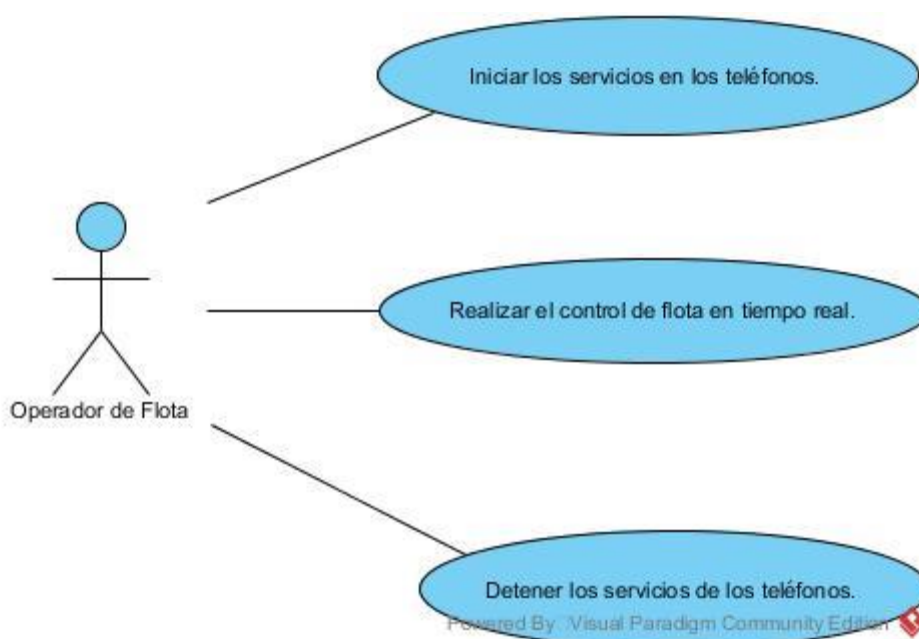


Ilustración 4 Diagrama de Casos de Uso para el Operador de Flota

2.2 *Diseño del Sistema Informático*

El Sistema Informático a desarrollar debe constar de varios elementos para su pleno funcionamiento. Estos, por la naturaleza de la investigación, no serán desarrollados para las mismas plataformas, ya que es preciso programar para teléfonos inteligentes con sistema operativo Android, debemos desarrollar un API para trabajar de forma coherente y organizada con las componentes, diseñar una Base de Datos para almacenar la información geográfica y una forma de ilustrar todos los resultados obtenidos por el sistema en sí, que sería una aplicación Web.

A continuación, se va a describir la arquitectura del sistema a implementar y abordaremos detalladamente la solución propuesta, así como las particularidades de sus componentes que harán posible el control de los vehículos de la empresa en tiempo real.

En la ilustración 5 se muestran los componentes fundamentales del sistema y la relación que existe entre ellos desde el punto de vista de flujo de datos.

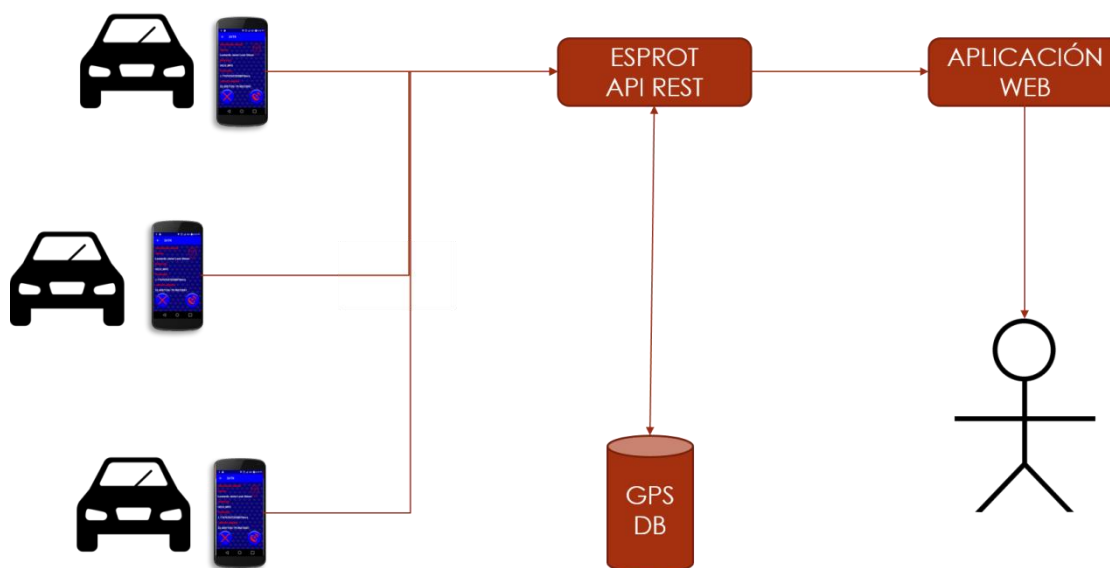


Ilustración 5 Descripción de la arquitectura del sistema

2.2.1 Software cliente para teléfonos inteligentes

Se necesita una aplicación para teléfonos inteligentes con Sistema Operativo Android que tome cada 10 segundos (tiempo tomado como convenio) y envíe información relevante para un Sistema de Información Geográfica a los servidores de ESPROT cada cierto tiempo garantizando así que llegue al servidor la información más reciente posible. Llegados a este punto, existe el inconveniente de que la disponibilidad de la red no esté disponible siempre, por lo que este problema debe tratarse eficientemente, para que los resultados obtenidos sean los mejores posibles.

2.2.2 Servidor para procesar la información

Una vez la información geográfica es enviada a los servidores es preciso entonces comenzar con su procesamiento para luego almacenarla como sea conveniente. Un API sería una solución ideal para manejar este problema, ya que este podría manejar la entrada de nuevos envíos desde los teléfonos e insertarlos en la Base de Datos y pudiera también manejar las peticiones a la Base de Datos a la hora de mostrar dicha información. Debido a que el objetivo de nuestro software es el de mostrar la última posición conocida de cada vehículo, no es

necesario almacenar las entradas antiguas de cada teléfono, solamente almacenamos en la Base de Datos la más reciente.

2.2.3 Interfaz para mostrar la información geográfica

Para ilustrar la información geográfica obtenida por los teléfonos celulares, luego de que haya sido procesada y organizada en una Base de Datos por el API ya creado, se desarrolló una aplicación Web. Se entiende que por las características del problema, una aplicación Web solucionaría los problemas, ya que permite acceder a ella de una forma remota y existen herramientas muy buenas para entornos Web para trabajar la información geográfica.

2.3 Implementación del sistema informático

A continuación, se describirá por partes el proceso de implementación de todos los componentes del Sistema Informático, tanto como las herramientas utilizadas para su desarrollo como las características generales de su funcionamiento

2.3.1 Aplicación Android. Entorno de Desarrollo

El Entorno de Desarrollo seleccionado para implementar la aplicación Android fue Android Studio. Android Studio es el entorno de desarrollo integrado oficial para la plataforma Android. Fue anunciado el 16 de mayo de 2013 en la conferencia Google I/O, y reemplazó a Eclipse como el IDE oficial para el desarrollo de aplicaciones para Android. La primera versión estable fue publicada en diciembre de 2014 (Wikipedia, 2019).

Está basado en el software IntelliJ IDEA de JetBrains y ha sido publicado de forma gratuita a través de la Licencia Apache 2.0. Está disponible para las plataformas Microsoft Windows, macOS y GNU/Linux. Ha sido diseñado específicamente para el desarrollo de Android.

La aplicación fue programada en Java 8, utilizando la versión 2.2.3 de Android Studio con la versión de Gradle 2.14.

2.3.1.1 Descripción general de la aplicación

A grandes rasgos, la aplicación solamente debe enviar a los servidores de ESPROT la última posición conocida del GPS, así como otras informaciones importantes a la hora de realizar el

control de flota (identificador del teléfono, velocidad, fecha, hora, etc.). Al no existir una disponibilidad en todo momento tanto de la red móvil (la red de ETECSA no cubre al 100% toda la zona provincial espiritana) así como disponibilidad del GPS (el GPS del teléfono puede dejar de recibir señal bajo características climáticas específicas) es necesario entonces garantizar que la aplicación funcione correctamente sin importar estas inconvenientes (ETECSA, 2016).

La aplicación Android usará varias disponibilidades del lenguaje para solucionar estos problemas, en especial la estructura de datos Pila y la sincronización de tareas.

En el hilo principal de la aplicación, la misma intentará recibir información del GPS cada 10 segundos, construirá un objeto JSON con la información necesaria e insertará el mismo en el tope de la Pila. Como solo es necesario conocer la última posición conocida del teléfono, la pila tiene tamaño uno, así garantizamos solamente enviar la posición más reciente. Este proceso se hará mientras exista disponibilidad de señal GPS sin importar la disponibilidad de la red móvil de ETECSA.

La estructura del JSON sería la siguiente:

```
{"imei":"65656","tri":"Tripulacion5","lon":80,"lat":24,"vel":"25","dat":"020619","tim":"102654"}
```

Donde:

- * "imei": Es el IMEI de cada teléfono, de esta forma se identifica cada vehículo en la Base de Datos.
- * "tri": Es el campo con el que se asocia cada IMEI para identificarse de una forma más fácil a la hora de mostrar la Información Geográfica.
- * "lon": Es la longitud del punto GPS recibido por el teléfono.
- * "lat": Es la latitud del punto GPS recibido por el teléfono.
- * "vel": Es la velocidad del vehículo en ese momento dado (la velocidad se muestra en Km/h).
- * "date": Es la fecha cuando se recibió ese punto GPS.
- * "tim": Es la hora de cuándo se recibió ese punto GPS.

Para enviar el JSON a los servidores de la empresa, creamos un hilo que consulta si la pila está vacía cada diez segundos, si no está vacía, quiere decir que hay una trama reciente que no hemos enviado, por lo que se envía la trama hacia su destino. Si la petición se ejecuta sin dificultad, se elimina el objeto JSON del tope de la pila, si no es así pues espera otros diez segundos para volver a realizar la misma operación.

2.3.1.2 GPS en Android

La localización geográfica en Android es uno de esos servicios que, a pesar de requerir poco código para ponerlos en marcha, no son para nada intuitivos ni fáciles de llegar a comprender por completo. Y esto no es debido al diseño de la plataforma Android en sí, sino a la propia naturaleza de este tipo de servicios. Por un lado, existen multitud de formas de obtener la localización de un dispositivo móvil, aunque la más conocida y popular es la localización por GPS, también es posible obtener la posición de un dispositivo por ejemplo a través de las antenas de telefonía móvil o mediante puntos de acceso Wi-Fi cercanos, y todos cada uno de estos mecanismos tiene una precisión, velocidad y consumo de recursos distinto. Por otro lado, el modo de funcionamiento de cada uno de estos mecanismos hace que su utilización desde nuestro código no sea todo lo directa e intuitiva que se desearía. (Oliver, 2013)

Para poder trabajar con el GPS en Android es añadir un permiso al fichero `android_manifest.xml` de nuestro proyecto en Android Studio. Esto garantiza que podamos tener acceso los servicios ofrecidos por Android para trabajar con GPS y se le informa al usuario a la hora de instalar la aplicación como uno de los permisos necesarios para su correcto funcionamiento.

Es preciso ser muy cuidadoso a la hora de trabajar con el GPS porque técnicamente a los desarrolladores no se nos ofrece nunca la posición actual del dispositivo, sino la última posición conocida, por lo que un descuido a la hora de programar pudiera acarrear grandes complicaciones y resultados no esperados.

La forma de pedir los permisos en Android para poder obtener el acceso al GPS cambia desde el API 26 de Android. O sea, si el teléfono tiene Android 6 o superior, el acceso a este se realiza de forma distinta (HERE Android SDK, 2019).

2.3.1.3 Paso de mensajes a un servidor en Android

Para el envío de datos a el servidor se utilizó la biblioteca Volley. Volley es una librería para el paso de mensajes mediante conexiones HTTP. Esta librería alivia el trabajo de forma considerable ya que el programador no tiene que trabajar directamente con la sincronización de tareas en Android, cosa que era necesario hacer antes de Volley para hacer peticiones a la red.

De la misma forma, hay que añadir un permiso para acceder a la red y el internet en al archivo android_manifest.xml para poder realizar estas tareas. El usuario confirmará este permiso antes de instalar la aplicación (Hermosa Programación, 2019).

La ejecución de estas tareas relacionadas con la cobertura y peticiones a la red, se encapsularon en un hilo auxiliar. Utilizando las funcionalidades que nos ofrece AsyncTask de Java, logramos que la petición se hiciera cada un tiempo determinado. Nótese que este tiempo debe ser menor que el tiempo en que se recibe información del GPS, de no ser así, en condiciones óptimas estaríamos haciendo peticiones de más al sensor del GPS.

2.3.2 Procesamiento de la Información Geográfica. Entorno de Desarrollo

Para procesar y almacenar la información geográfica se implementó un API que recibe las peticiones tipo POST de los teléfonos, inserta la información en la Base de Datos y se encarga de ofrecer a la aplicación Web la información geográfica a través de peticiones HTTP tipo GET.

El API fue desarrollado con Node.js, un entorno que trabaja en tiempo de ejecución, de código abierto, multiplataforma, que permite a los desarrolladores crear toda clase de herramientas de lado servidor y aplicaciones en JavaScript. La ejecución en tiempo real está pensada para usarse fuera del contexto de un explorador web (es decir, ejecutarse directamente en una computadora o sistema operativo de servidor). Como tal, el entorno omite las APIs de JavaScript específicas del explorador web y añade soporte para APIs de sistema operativo más tradicionales que incluyen HTTP y bibliotecas de sistemas de ficheros (Asfo, no date).

MySQL fue el sistema de gestión de bases de datos relacionales utilizado. Es un sistema desarrollado bajo licencia dual: Licencia pública general/Licencia comercial por Oracle

Corporation y está considerada como la base datos de código abierto más popular del mundo,¹² y una de las más populares en general junto a Oracle y Microsoft SQL Server, sobre todo para entornos de desarrollo web (Wikipedia, 2019).

2.3.2.1 API para recibir mensajes desde los teléfonos y Base de Datos utilizada

Este API se encarga de tomar los JSON enviados desde los teléfonos y los inserta convenientemente en la Base de Datos, como se muestra en el diagrama de la Ilustración 6. La Base de Datos cuenta con dos tablas, una llamada ESPROT_cache, que es la que guarda la última trama recibida de cada vehículo. El API comprueba si en la tabla existe datos para ese teléfono, en caso de existir, comprueba que la fecha de la trama es más nueva que la última recibida, de ser así actualiza la tupla con una consulta UPDATE. De no ser así, o sea, de no existir una tupla con ese IMEI en la tabla, se inserta en dicha tabla con una consulta INSERT.

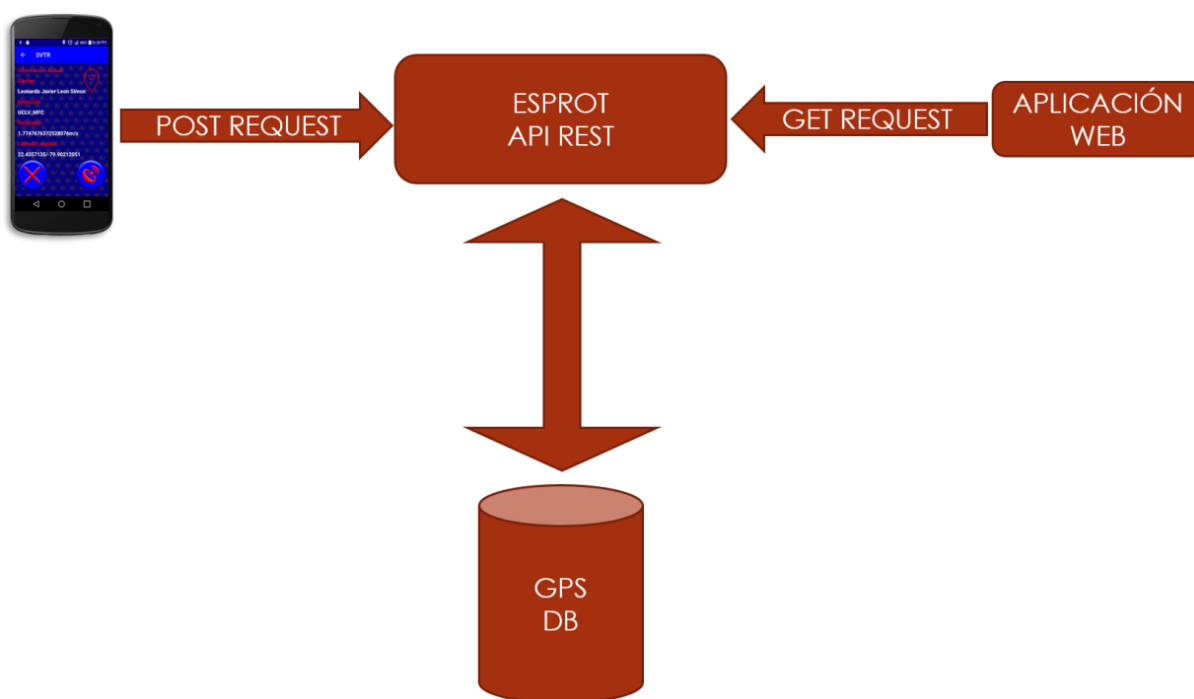


Ilustración 6 Flujo de información entre el API y demás componentes del sistema

La otra tabla es ESPROT_history, que es la que almacena las tramas de todos los vehículos históricamente. Cada vez que el API recibe una nueva trama, la inserta en ESPROT_history.

Aunque el sistema informático desarrollado no visualice el histórico de cada vehículo y no se hagan consultas a esta tabla, se añadió a el sistema para futuras implementaciones.

El diseño de la Base de Datos corresponde con el JSON enviado desde el servidor como e muestra en la Ilustración 7.

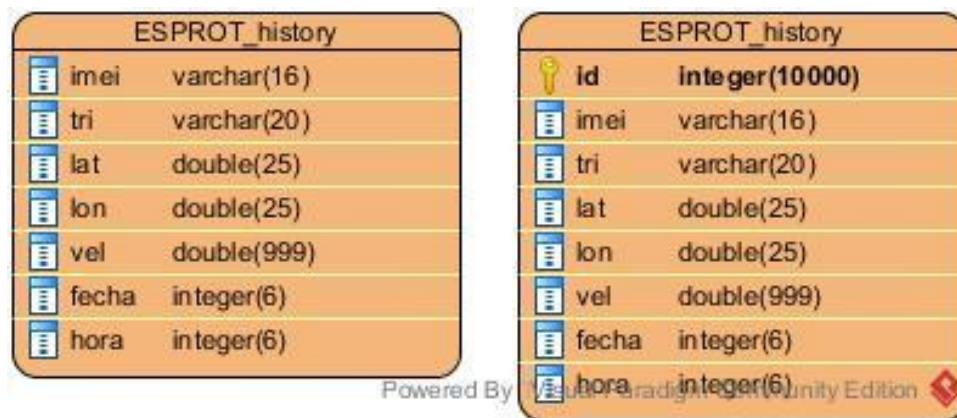


Ilustración 7 Diseño de la Base de Datos utilizada

Tanto el API como la Base de Datos ejecutan sobre una plataforma XAMPP, usando Apache para el API y MySQL para la Base de Datos. XAMPP es un paquete de software libre, que consiste principalmente en el sistema de gestión de bases de datos MySQL, el servidor web Apache y los intérpretes para lenguajes de script PHP y Perl. El nombre es en realidad un acrónimo: X (para cualquiera de los diferentes sistemas operativos), Apache, MariaDB/MySQL, PHP, Perl.(Apachefriends, 2018)

2.3.3 Visualización de la Información Geográfica

Las aplicaciones Web para Internet e Intranet presentan una serie de ventajas y beneficios con respecto al software de escritorio, con lo cual se logra aprovechar y acoplar los recursos de una empresa de una forma mucho más práctica que el software tradicional (*Ventajas y beneficios de las aplicaciones Web - INTERNET YA*, 2019).

Ventajas de las aplicaciones Web:

- Compatibilidad multiplataforma. Las aplicaciones web tienen un camino mucho más sencillo para la compatibilidad multiplataforma que las aplicaciones de software descargables.

- Actualización. Las aplicaciones basadas en web están siempre actualizadas con el último lanzamiento.
- Inmediatez de acceso. Las aplicaciones basadas en web no necesitan ser descargadas, instaladas y configuradas. Usted accede a su cuenta online a trabajar sin importar cuál es su configuración o su hardware.
- Menos requerimientos de memoria. Las aplicaciones basadas en web tienen muchas más razonables demandas de memoria RAM de parte del usuario final que los programas instalados localmente.
- Menos Bugs. Las aplicaciones basadas en web deberán ser menos propensas a colgarse y crear problemas técnicos debido a software o conflictos de hardware con otras aplicaciones existentes, protocolos o software personal interno. Con aplicaciones basadas en web, todos utilizan la misma versión, y todos los bugs pueden ser corregidos tan pronto como son descubiertos.
- Múltiples usuarios concurrentes. Las aplicaciones basadas en web pueden realmente ser utilizada por múltiples usuarios al mismo tiempo.

Por estas razones, se elige una aplicación Web para mostrar la información geográfica necesaria para el proceso de control de rutas que se debe automatizar.

2.3.3.1 Diseño de la interfaz web. Tecnologías utilizadas

La forma que tendrá el usuario para visualizar la información geográfica es un mapa en el cual se estará mostrando constantemente la información de una forma clara y legible, como se muestra en la Ilustración 8. La alternativa de usar el mapa antes de usar otra herramienta como una tabla o un gráfico soluciona las principales deficiencias planteadas por el método de realizar el control de flota actualmente en la empresa.



Ilustración 8 Ejemplo de visualización de la información geográfica

2.3.3.2 Sistema cartográfico utilizado

Para construir la vista de los mapas se utilizaron ciertas tecnologías que se describirán a continuación.

2.3.3.2.1. Open Street Maps

OpenStreetMap (también conocido como OSM) es un proyecto colaborativo para crear mapas editables y libres. En lugar del mapa en sí, los datos generados por el proyecto se consideran su salida principal.

Los mapas se crean utilizando información geográfica capturada con dispositivos GPS móviles, ortofotografías y otras fuentes libres. Esta cartografía, tanto las imágenes creadas como los datos vectoriales almacenados en su base de datos, se distribuye bajo licencia abierta Licencia Abierta de Bases de Datos.

2.3.3.2.2. OpenLayers

OpenLayers es una biblioteca de JavaScript de código abierto bajo una derivación de la licencia BSD para mostrar mapas interactivos en los navegadores web. OpenLayers ofrece un API para acceder a diferentes fuentes de información cartográfica en la red: Web Map

Services, Mapas comerciales (tipo Google Maps, Bing, Yahoo), Web Features Services, distintos formatos vectoriales, mapas de OpenStreetMap,etc.

2.3.3.2.3. GeoServer

GeoServer es un servidor de software basado en Java que permite a los usuarios ver y editar datos geoespaciales. Utilizando los estándares abiertos establecidos por Open Geospatial Consortium (OGC), GeoServer permite una gran flexibilidad en la creación de mapas y el intercambio de datos. (geoserver.org)

2.3.3.2.4. PostGis

PostGIS convierte al sistema de administración de bases de datos PostgreSQL en una base de datos espacial mediante la adición de tres características: tipos de datos espaciales, índices espaciales y funciones que operan sobre ellos. Debido a que está construido sobre PostgreSQL, PostGIS hereda automáticamente las características de las bases de datos empresariales, así como los estándares abiertos que implementan un Sistema de Información Geográfica dentro del motor de base de datos.

2.4 Conclusiones del capítulo

De manera general, en este capítulo se abordaron las tecnologías utilizadas para la implementación de cada componente del sistema. La tecnología ofrecida por los teléfonos inteligentes permiten hacer que estos funcionen como receptores de GPS y como dispositivo para comunicarse a través de internet con un servicio para procesar dicha información.

CAPÍTULO 3. VALIDACIÓN DEL SISTEMA INFORMÁTICO DESARROLLADO

En este capítulo se va a describir el funcionamiento general del sistema y la forma en que se opera con el mismo, específicamente con sus dos partes encargadas de interactuar con el usuario, la aplicación Android y la aplicación Web. También se expondrán los resultados obtenidos en cada proceso de la ejecución de las pruebas al sistema.

3.1 Aplicación Android. Interfaz y funcionamiento

Uno de los componentes del sistema que más interacción requiere con el usuario es la aplicación móvil. Como ya se expuso, la aplicación desarrollada constituye el enlace entre los vehículos y el puesto de mando, de su correcto funcionamiento depende toda la funcionalidad que pueda tener la solución ofrecida.

Quien único gestionará y trabajará directamente con la aplicación del teléfono será el Operador de Flota, que deberá antes de salir cada vehículo a realizar tareas de traslado de valores, entregarle a cada Jefe de Tripulación el teléfono con el servicio funcionando, librando así al mismo de responsabilidades y advirtiéndole que no tiene permitido bajo ningún concepto interactuar de cualquier forma con el teléfono.

Estas últimas forman parte de las reglas del negocio de la empresa, no obstante, existen ciertos escenarios que pueden ser violadas. Las entidades administrativas de la empresa, en colaboración con las funcionalidades de la aplicación deben ser suficientes para percibir cualquier irregularidad en el funcionamiento del sistema y cómo actuar cuándo ocurra

La aplicación cuenta con un campo para insertar la dirección del servidor al cual se le van a enviar las tramas (este campo pudiera quitarse en un momento determinado de la interfaz visual de la aplicación) y otro en el cual el Operador de Flota va a determinar como de identifica el teléfono (campo tripulación del cual ya se habló en el capítulo anterior).

Una vez tenga el teléfono el GPS encendido, esté conectado a la red, el campo de Tripulación este determinado y la dirección escrita, el Operador de Flota comienza con el servicio de la aplicación pulsando el único botón que tiene la interfaz visual como se ve en la Ilustración 9. Nótese que como no es necesario que se detenga el servicio no existe un botón que lo permita, debido a que no es necesario que esto suceda. El servicio solo se detiene cuando la

tarea de traslado de valores termine en el día, siendo la Operadora de Flota quien cierra completamente la aplicación.

Si el teléfono no tiene el GPS encendido se le va a notificar a el usuario, para que lo active de forma manual e inicie el servicio. Hasta que el servicio no esté iniciado no se podrá poner en marcha el sistema, nótese que es el Operador de Flota la única persona que gestiona con la aplicación, por lo que debe hacerse de forma responsable y cuidadosa

Cuando acabe la jornada de trabajo, el Operador de Flota recoge los teléfonos de los Jefe de Tripulación, los apaga y los pone a cargar hasta la otra jornada laboral. De esta forma se garantiza la seguridad del sistema, ya que los miembros de la tripulación no pueden interactuar con esta. Durante el trayecto, el teléfono vendría siendo el sexto miembro de la tripulación, trabajando silenciosamente mientras todo el proceso de traslado de valores se desarrolla.



Ilustración 9 Aplicación desarrollada

3.3 Aplicación Web. Interfaz y usabilidad

Por otra parte, mientras transcurre el día el Operador de Flota debe efectuar el control de flota ante la aplicación Web desarrollada, o sea, forma parte de su contenido de trabajo el estar pendiente a que las irregularidades detectadas por el sistema sean tratadas por las entidades de la empresa de una forma manual, como sea que se estime conveniente.

La misma muestra en un mapa de dimensiones determinadas como se muestra en la Ilustración 10, (se ajustan los mapas según donde estén los vehículos a chequear su recorrido) en la que con unos iconos en forma de marcadores se muestra la posición de cada uno de los vehículos a observar en colores.

Si el icono es de color azul, el vehículo está en movimiento, si está en rojo es que está detenido y si es negro indica que la última información que se obtuvo del teléfono fue de una jornada anterior, lo que quiere decir que el teléfono no ha funcionado durante el día.

Al efectuar un click sobre cada marcador, nos muestra el identificador de cada vehículo, así la velocidad del vehículo.

Esta interfaz puede enriquecerse más aún cuando la empresa cliente vaya conociendo las potencialidades de la herramienta y pueda adaptarla mejor a sus necesidades más específicas.



Ilustración 10 Interfaz del mapa en la aplicación Web

En el caso particular de la figura 3.2, se muestra a un vehículo detenido del día actual, nótese que el lugar que marca es muy cercano a dónde se estaban haciendo las pruebas, el Centro de Investigaciones de Informática de la UCLV, y se muestran un grupo de vehículos de negro al otro lado del mapa, estas indican pruebas de días anteriores, y su lugar es cercano a la beca del U_9, dónde se hicieron estas otras evaluaciones al sistema.

3.3 Pruebas y análisis de los resultados

Se realizaron varias pruebas utilizando la red de la UCLV. Luego de los experimentos pudimos valorar que todas las partes del sistema funcionan correctamente, ya que la aplicación Web muestra la localización de varios teléfonos en la red en tiempo real. Se tuvo la oportunidad de ver a los teléfonos funcionando simultáneamente sin dificultad alguna. Véase en la Ilustración 11 los resultados en la tabla ESPROT_cache, que nos muestra las últimas tramas de cada vehículo. Hay que señalar que esta es la tabla que se consulta a la hora de mostrar la información geográfica.

Se trabajó con cuatro teléfonos específicamente y los resultados fueron los siguientes:

imei	tri	lat	lon	vel	fecha	hora
359696074385735	tri_1	22.43756552	-79.89721058	0	100619	165650
358516086881896	tri_2	22.437526666666667	-79.897195	0	100619	165637
355731097189295	tri_3	22.437502657628883	-79.89720739952656	0.15279694	100619	165502
358502082468813	tri_4	22.43543707	-79.90256463	0	120619	110003

Ilustración 11 ESPROT_cache

En la figura 3.3 se muestran los resultados en la tabla ESPROT_cache en un momento determinado de las pruebas. Véase que la latitud y longitud varía en exactitud según las particularidades del sensor GPS que tenga el teléfono. Es esta la tabla que guarda el histórico de todos los vehículos que entran en el sistema para su posterior análisis.

			id	imei	tri	lat	lon	vel	fecha	hora	
<input type="checkbox"/>				395	355731097189295	jasiel	22.437502657628883	-79.89720739952656	0.15279694	100619	165502
<input type="checkbox"/>				394	358516086881896	qfa	22.437526666666667	-79.897195	0	100619	165507
<input type="checkbox"/>				393	359696074385735	tato	22.43756563	-79.89721116	0	100619	165500
<input type="checkbox"/>				392	355731097189295	jasiel	22.437506954345675	-79.89720181249405	0.012215665	100619	165457
<input type="checkbox"/>				391	358516086881896	qfa	22.437526666666667	-79.897195	0	100619	165457
<input type="checkbox"/>				390	359696074385735	tato	22.43756563	-79.89721134	0	100619	165450
<input type="checkbox"/>				389	355731097189295	jasiel	22.43751130311146	-79.89720009989117	0.035448924	100619	165447
<input type="checkbox"/>				388	358516086881896	qfa	22.437526666666667	-79.897195	0	100619	165447
<input type="checkbox"/>				387	359696074385735	tato	22.43756572	-79.89721142	0	100619	165440
<input type="checkbox"/>				386	355731097189295	jasiel	22.437512696028204	-79.89720011638036	0.01811272	100619	165437
<input type="checkbox"/>				385	358516086881896	qfa	22.437526666666667	-79.897195	0	100619	165437
<input type="checkbox"/>				384	359696074385735	tato	22.4375658	-79.89721146	0	100619	165430
<input type="checkbox"/>				383	355731097189295	jasiel	22.437514767467942	-79.89720141208278	0.030035788	100619	165427
<input type="checkbox"/>				382	358516086881896	qfa	22.437526666666667	-79.897195	0	100619	165427
<input type="checkbox"/>				381	359696074385735	tato	22.43756569	-79.89721142	0	100619	165420
<input type="checkbox"/>				380	355731097189295	jasiel	22.43751674187545	-79.89720062639657	0.017250808	100619	165417
<input type="checkbox"/>				379	358516086881896	qfa	22.437526666666667	-79.897195	0	100619	165417
<input type="checkbox"/>				378	359696074385735	tato	22.43756576	-79.89721161	0	100619	165410
<input type="checkbox"/>				377	355731097189295	jasiel	22.43751540388985	-79.89720286517755	0.018433128	100619	165407
<input type="checkbox"/>				376	358516086881896	qfa	22.437526666666667	-79.897195	0	100619	165407
<input type="checkbox"/>				375	359696074385735	tato	22.43756536	-79.89721138	0	100619	165400
<input type="checkbox"/>				374	355731097189295	jasiel	22.437496667531644	-79.8972087242915	0.0038102423	100619	165357

Ilustración 12 ESPROT_history

En el fragmento de la tabla ESPROT_history ilustrado en la Ilustración 12 se muestra el comportamiento de la misma en el momento en que están tres teléfonos enviando datos al mismo tiempo, como se puede verificar en las horas de las tramas. Con esta prueba se verifica el sistema, sabiendo que no tiene dificultad a la hora de trabajar con varios dispositivos simultáneamente.

```
{{"imei":"359696074385735","tri":"tato","lat":22.43756552,"lon":-79.89721058,"vel":0,"fecha":100619,"hora":165650},
```

```
{"imei":"358516086881896","tri":"qfa","lat":22.437526666666667,"lon":-79.897195,"vel":0,"fecha":100619,"hora":165637},
```

```
{"imei":"355731097189295","tri":"jasiel","lat":22.437502657628883,"lon":-79.89720739952656,"vel":0.15279694,"fecha":100619,"hora":165502},
```

```
{"imei":"358502082468813","tri":"calvo","lat":22.43543707,"lon":-79.90256463,"vel":0,"fecha":120619,"hora":110003}}
```

Este es el JSON que obtenemos al hacer la consulta al API para obtener el contenido de la tabla ESPROT_cache, que es la que se muestra en la aplicación Web.

```
localhost:3000/hola [{"imei":"359696074385735","tri":"tato","lat":22.43756552,"lon":-79.89721058,"vel":0,"fecha":100619,"hora":165650}, {"imei":"358516086881896","tri":"qfa","lat":22.437526666666667,"lon":-79.897195,"vel":0,"fecha":100619,"hora":165637}, {"imei":"355731097189295","tri":"jasiel","lat":22.437502657628883,"lon":-79.89720739952656,"vel":0.15279694,"fecha":100619,"hora":165502}, {"imei":"358502082468813","tri":"calvo","lat":22.43543707,"lon":-79.90256463,"vel":0,"fecha":120619,"hora":110003}]
```

Figura 3.5. Resultado de la consulta al API



Ilustración 13 Respuesta al hacer un click sobre el vehículo

Como podemos observar en la Ilustración 12, al hacer click sobre cualquiera de los vehículos nos muestra la información relacionada a la tripulación y la velocidad actual. Este popup es totalmente flexible a cambios y modificaciones según las necesidades de la empresa. En momentos del despliegue pudiera adaptarse el mismo o personalizarlo más aún, mostrando otro tipo de información que pudiera ser relevante a la hora de hacer el control de flota.

Las pruebas se efectuaron mostrando la velocidad con tantos dígitos después de la coma porque era necesario para realizar ciertas comparaciones.

3.4 Conclusiones del capítulo

El sistema informático desarrollado cumple con los requerimientos exigidos por la empresa cliente, ya que su usabilidad y funcionalidad permite que el operador de flota mantenga el control de la flota de una forma sencilla e intuitiva.

La solución desarrollada cuenta con la funcionalidad necesaria para solucionar el problema presentado por la empresa y a su vez, deja abierto un sin número de potencialidades para complementar el producto realizado de acuerdo a las más específicas necesidades de la empresa.

CONCLUSIONES

La novedosa idea de usar teléfonos inteligentes parece dar resultado. Constituye una alternativa verdaderamente viable a otras tecnologías a la hora de hacer control de flota. Luego de hacer un contraste entre las exigencias de la empresa y las potencialidades del sistema desarrollado podemos decir que:

1. La arquitectura definida cumplió con los requisitos que condicionaban el problema, ya que las implementaciones hechas son compatibles con la tecnología disponible según la necesidad de la empresa.
2. Los teléfonos inteligentes pueden ser una alternativa para realizar a través de ellos el proceso de control de flota, siempre y cuándo se utilicen de forma responsable y consecuente
3. El sistema informático desarrollado permite la localización en tiempo real de los teléfonos colocados en los vehículos a controlar, así como mostrar otra información también muy importante a la hora de hacer el control de flota.
4. La solución implementada permite el control de los vehículos de empresa ESPROT en tiempo real de una forma sencilla, factible y funcional.

RECOMENDACIONES

A modo de recomendación podemos sugerir que sería conveniente:

* Aprovechar la funcionalidad y la usabilidad del sistema su uso en la implementación de la solución de otros problemas. Todas las características ofrecidas por el sistema pueden incluirse en servicios que no tengan que ser necesariamente de control de flota, puede implementarse en cualquier teléfono móvil inteligente de alguien que por algunas razones deba ser vigilado o cuidado, como por ejemplo, niños, personas mayores o simplemente un grupo de personas que decidan compartir su ubicación con cualquier otro fin.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Apachefriends (2018) *XAMPP Installers and Downloads for Apache Friends*. Available at: <https://www.apachefriends.org/es/index.html> (Accessed: 11 June 2019).

Asfo (no date) *Desarrollando una sencilla API REST con NodeJS y Express*. Available at: <https://medium.com/@asfo/desarrollando-una-sencilla-api-rest-con-nodejs-y-express-cab0813f7e4b> (Accessed: 11 June 2019).

Castillo Rodríguez, D. R., Martínez Laguardia, A. S. and Gómez Abreu, A. (2018) 'Architecture based in open source hardware and software for designing a real time vehicle tracking device', *Sistemas y Telemática*, 16(44), pp. 49–61. doi: 10.18046/syt.v16i44.2726.

CHINAMIL.COM (2016) *China's BeiDou system begins its global service*. Available at: http://english.gov.cn/news/video/2018/12/28/content_281476455000668.htm (Accessed: 11 June 2019).

Diony, A. : *et al.* (2017) 'Arquitectura de Hardware y Software Libres para un Dispositivo de Rastreo de Vehículos en Tiempo Real'. Available at: [http://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/7900/Diony Roely Castillo Rodríguez.pdf](http://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/7900/Diony%20Roely%20Castillo%20Rodr%C3%ADguez.pdf).

E.T.S.I. (2001) 'European Telecommunications Standards Institute.'

ESPROT (2019) 'Mision y Vision'.

ETECSA (2016) 'Telefonía Móvil en Cuba'.

ETECSA (2018) *Se amplía servicio Internet en Cuba con el acceso a través de la red móvil (3G) 4 de diciembre de 2018*. Available at: http://www.etecsa.cu/inicio/se_amplia_servicio_internet_en_cuba/.

FLEISCHER, P. and NELSON, A. (2012) 'Design and Development of GPS/GSM Based Vehicle Tracking and Alert System for Commercial Inter-City Buses Title'.

George Karonis (2016) *All Satellite GPS Trackers Learn How They Work*. Available at: <https://www.liveviewgps.com/How+All+Satellite+GPS+Trackers+Work.html> (Accessed: 11 June 2019).

GitHub (2017) 'Osmand [Online]'.

Guier, W. and Weiffenbach (no date) 'Genesis of Satellite Navigation'.

GUTIÉRREZ, V. D. G. (2014) 'Beneficios significativos gracias a instalación de GPS', *Granma*.

Heagerty, C. and Chatre, E. (2016) 'Evolution of The Global Navigation Satellite System (GNSS)'.

HERE Android SDK (2019) *Requesting Android Permissions*. Available at: https://developer.here.com/documentation/android-premium/dev_guide/topics/request-android-permissions.html (Accessed: 11 June 2019).

Hermosa Programación (2019) *Volley: Librería De Android Para Realizar Peticiones* Http. Available at: <http://www.hermosaprogramacion.com/2015/02/android-volley-peticiones-http/> (Accessed: 11 June 2019).

Kochan, A. and Samama, N. (1996) 'Global positioning', *Engineering (London)*, 237(1), p. 33.

M Sauter (2014) 'From GSM to LTE-Advanced : An Introduction to Mobile Networks and Mobile Broadband'.

Mouly, M. and Pautet, M. (2002) 'The GSM System for Mobile Communications, Telecom Publishing'.

O'LEARY, B. L. and DARRIN, A. G. (2009) 'Handbook of Space Engineering, Archaeology, and Heritage'.

Oliver, S. G. (2013) 'Manual Programación Android'.

RAIE (2019) 'Servicio de Mensajería Multimedia. Diccionario Español de Ingeniería. Real Academia de Ingeniería de España.'

Ramani, R. *et al.* (2013) 'Vehicle Tracking and Locking System Based on GSM and GPS', *International Journal of Intelligent Systems and Applications*, 5(9), pp. 86–93. doi: 10.5815/ijisa.2013.09.10.

Redl, S. M. and Webber, M. K. (1998) 'GSM and Personal Communications Handbook'.

Semana (2014) *5 ventajas de utilizar el GPS en su smartphone*. Available at: <https://www.semana.com/tecnologia/tips/articulo/ventajas-utilizar-gps-su-smartphone/374493-3>.

Sharma, D. *et al.* (2012) 'Vehicle tracking system using gps and gsm', pp. 1–4.

Suarez, G. G. (2016) 'Movilweb, Diez Años De Control De Flotas En Cuba', *Informatica*.

Thomassen, K. (2014) 'How GPS Works'.

Uren, J. and Price, W. F. (2010) *Surveying for Engineers*. Palgrave Macmillan.

Ventajas y beneficios de las aplicaciones Web - INTERNET YA (2019). Available at: <https://www.internetya.co/ventajas-y-beneficios-de-las-aplicaciones-web/> (Accessed: 11 June 2019).

Verma, P. and Bhatia, J. S. (2013) 'Design and Development of Gps-Gsm Based Tracking System With Google Map Based', *International Journal of Computer Science, Engineering and Applications*, 3(3), pp. 33–40.

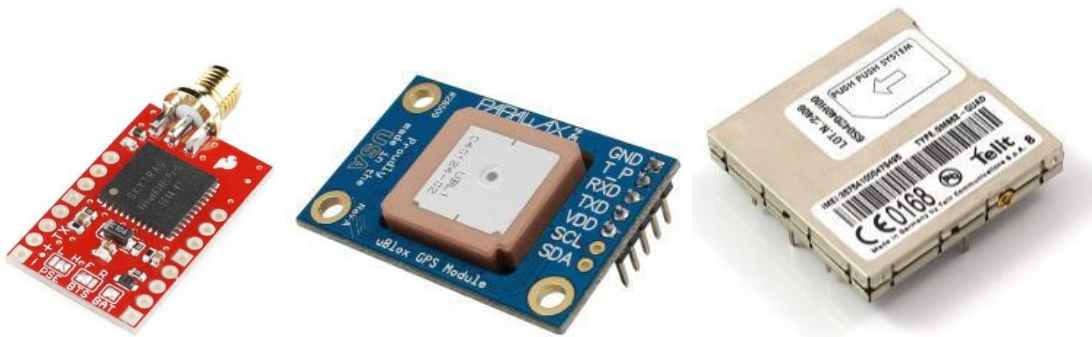
Wan, L. and Chen, T. (2009) 'Automobile anti-theft system design based on GSM', *Proceedings - International Conference on Advanced Computer Control, ICACC 2009*, pp. 551–554. doi: 10.1109/ICACC.2009.44.

Wikipedia (2019) *No Title*. Available at: www.wikipedia.org.

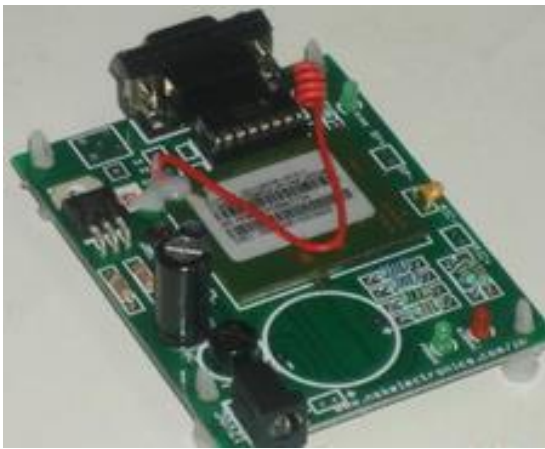
World, G. (2019) 'GSM World. Statistics'. Available at:
<http://www.gsmworld.com/news/statistics/index.shtml>.

Zarein, S. (2016) 'What is GPS? How it works?'

ANEXOS



SparkFun Venus GPS PARALLAX PAM-7Q GPS Module SparkFun GM862 CBM



SIM300 MODEM



Adafruit FONA 808.

Anexo 1. Controladores GPS y GSM utilizados para el control de flota



Computador Techagro SELVEC-MFlash



Computador IRIS 707

Anexo 2. Tecnología utilizada en el control de flota cubano