

# **RASTREO SATELITAL DE CÓDIGO ABIERTO EN SISTEMAS CIBERFÍSICOS, RETOS Y OPORTUNIDADES**

**Verónica Quintero Rosas**

Instituto Tecnológico de Mexicali  
*veronicaquintero@itmexicali.edu.mx*

**Alfonso Medina Duran**

Instituto Tecnológico de Mexicali  
*4fonsomedina@gmail.com*

**Claudia Martínez Castillo**

Instituto Tecnológico de Mexicali  
*claudia.itm@gmail.com*

**Francisco Ibáñez Salas**

Instituto Tecnológico de Mexicali  
*pacois20@gmail.com*

**Miguel Muñoz López**

Instituto Tecnológico de Mexicali  
*fft21@yahoo.com*

## **Resumen**

El sistema GPS indica la latitud y longitud en la que se encuentra un dispositivo y por consiguiente la del vehículo, mediante el envío de un mensaje a un número telefónico asignado previamente, se ingresa al sistema de Google Mapas el cual dará la dirección de ubicación. También arrojará las distancias recorridas en un período de tiempo respecto a la velocidad que el vehículo viaja, esto debido a que el dispositivo está enviando datos cada 5 minutos. Esta investigación analiza e implementa una interfaz de rastreo satelital para dispositivos con sistema operativo Android dentro de un sistema de licencia libre, el cual consiste en el monitoreo de la geo localización de dichos dispositivos mediante un servicio web.

Actualmente existen servicios de rastreo satelital, pero los costos son elevados para la mayoría de los consumidores ya que incluyen la instalación de un GPS físicamente, además de una cuota mensual. Lo innovador de este proyecto es el enfoque "openSource" donde cualquier usuario que desee rastrear su automóvil e inclusive a una persona pueda hacerlo sin ningún costo y sin contrato alguno.

**Palabras claves:** Android, GPS, google maps, opensource, rastreo satelital.

## **Abstract**

The GPS system indicates the latitude and longitude which a device is located, and therefore the vehicle, by sending a message to a phone number previously assigned, it is entered into the Google Maps system which will get the location address . It will also measures the distances covered in a period of time regarding the speed that the vehicle travels, That happens because the device sends data every 5 minutes. This investigation analyzes and implements a satellite tracking interface for devices running on android system within a free license, which consists in monitoring the geo location of these devices by web service. Currently there are satellite tracking services, but it is expensive for most consumers, because of a GPS device must be installed, in addition of amonthly fee. The innovative aspect for this project is the "Open Source approach" where anyone who wants to track his car or even a person can do that for free, and there is not need for a contract.

**Keywords:** Android; GPS; Google Maps; opensource; satellite tracking.

## **1. Introducción**

La base del sistema de rastreo satelital GPS, consiste en un conjunto de veintiún satélites que están intercomunicados entre sí, entre mayor sea el número de satélites, más precisos son los cálculos incluyendo la velocidad de navegación o desplazamiento. Los sistemas de navegación han avanzado mucho respecto a los anteriores como el sistema Transit, Navstar, entre otros. Básicamente el sistema de Posicionamiento Global consta de tres secciones distintas las dos primeras de responsabilidad militar:

- Sección espacial que son señales transmitidas.
- La sección de control responsable por el monitoreo, generación, corrección y evaluación de todo el sistema.
- Sección de usuarios que son todas las aplicaciones, métodos de posicionamiento, formas de recepción, procesamiento de las señales y todos los tipos de receptores.

Los componentes planteados en este proyecto son de muy bajo costo, lo que lo hace más atractivo en comparación con otros servicios de monitoreo satelital. Nuestro caso de estudio es el monitoreo, localización y acción de apagado de un automóvil; actualmente en México el robo de automóvil ha ido en incremento [Inegi, 2016]. Tan solo en los dos últimos años en el estado de baja california el robo se incrementó a cuatro autos por hora. En la figura 1 se muestra el control y monitoreo de estaciones del sistema de posicionamiento global.



Fuente: NASA, <http://visibleearth.nasa.gov>.

Figura 1 Control y monitoreo de estaciones del sistema de posicionamiento global.

La Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros [AMIS, 2106], informó una caída importante en la recuperación de autos robados, principalmente en los estados de Nuevo León, donde la localización de las unidades hurtadas bajó 54%; Chihuahua, con 32%; Distrito Federal, 15%, y Tamaulipas, con 11 por ciento. Para Arias Jiménez, director general de la AMIS, la disminución registrada en la

recuperación de vehículos robados es pequeña, y merece la atención de las autoridades, en figura 2 se aprecia el índice de robos de automóviles en México.



Fuente: AMIS (Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros)

Figura 2 Índice de robos de automóviles en México.

Los servicios de seguimiento satelital y rastreo de vehículos por GPS permiten saber en dónde se encuentra el auto con precisión. De esta forma, es posible dar aviso a la policía y proveer la información necesaria para que el automóvil robado sea hallado en cuestión de minutos, sin tener que pasar por el estrés de perder lo y esperar por las resoluciones de los seguros o la aparición del auto destruido o en partes. Además, los dispositivos de rastreo GPS permiten realizar acciones anti-robo como el envío de alertas inmediatas al celular del propietario del vehículo, la capacidad de detener el motor a distancia, bloquear las puertas u otras acciones programadas. Según estadísticas de los organismos de seguridad, los autos que poseen estos sistemas de rastreo vehicular son recuperados en un 90% de los casos, una cifra que inspira confianza asegura GPSTEC México [GPSTEC, 2106]. Es por estas razones que nuestro caso de estudio se enfocó al robo automovilístico, utilizando herramientas de libre acceso y relacionándolas con sistemas ciberfísicos [Klein, 2016]; gracias a los accesos libres y gratuitos que existen hoy día. La línea que une a los sistemas ciberfísicos con los sistemas en

tiempo real y los sistemas embebidos [Kopetz, 2012]; de hecho muchas veces se confunde los términos, pero hay que recordar que los sistemas embebidos son un elemento de un sistema mucho más grande; como por ejemplo el sistema de inyección de combustible. Una ventaja de los sistemas embebidos es su flexibilidad, esto se puede explicar por ejemplo cuando se tiene que hacer alguna modificación y esta se realiza solo modificando algunas líneas de código al software, lo cual es mucho más sencillo, económico y rápido que tener que reemplazar una tarjeta o circuito integrado. Los sistemas embebidos generalmente utilizan procesadores muy básicos con memorias pequeñas para minimizar los costos.

En estos sistemas la velocidad no solo está dada por la velocidad del reloj del procesador, sino que también por la arquitectura del mismo sistema con el fin de reducir costos y tiempos de respuestas. En un sistema embebido [Gertz, 2011]; se emplean interfaces seriales síncronas, las cuales son muy lentas así que debe enfrentar restricciones de recursos, por esa razón se usan sistemas operativos especiales, denominados de tiempo real. En esta investigación no se optó por utilizar GSM/GPS [Mouly, 1992], debido al costo de los módulos de las tarjetas, además de las nuevas restricciones que las compañías telefónicas han implementado en el uso de las mismas. Además los usuarios tendrían que comprar el dispositivo y programarlo, lo cual dificultaría el uso de nuestro sistema a los usuarios; es por tal razón que se decidió desarrollar este proyecto con un celular ya que existen celulares de precios muy económicos, mucho menores a los módulos GSM/GPS.

Todo esto sin agregar el costo del micro controlador para definir el uso y el mensaje a enviar. De tal forma que un celular de 300 pesos con plan telcel o movistar hace el trabajo que haría una tarjeta programada con arduino y GSM/GPS.

## **2. Método**

Existen actualmente sistemas de rastreo como lo son mSpy: para rastrear celulares; ofrece servicio de atención al cliente, por chat, teléfono o email. Otro

sistema es Flexispy: rastreo y monitorización, se ofrecen varias versiones según las necesidades y presupuesto. Otro sistema existente es Spyera: es un programa poco conocido.

Se han realizado diversas investigaciones relacionadas con la monitorización remota de personas con diversos enfoques. Dentro de estos trabajos previos, se desarrolló una investigación sobre un sistema de rescate en Japón [Jin, 2014] por medio de signos vitales, localización y altitud para enfermos. Este sistema funciona con una variedad de sensores los cuales monitorizan del ritmo cardiaco, temperatura corporal, cantidad de pasos, calorías consumidas, la localización de la persona por medio de GPS, WiFi para estimación de la localización. Estos datos son enviados utilizando la tecnología Bluetooth a un dispositivo móvil, los cuales estarán conectados a una señal WiFi por donde se enviarán los datos a un centro de monitorización de salud.

También existen herramientas como Android Device Manager, es la nueva aplicación de Google [Deitel et al, 2015] que permite a los usuarios con sistema operativo Android localizar un teléfono inteligente o tablet que se ha extraviado o han robado. Incluso, permite borrar archivos, fotografías y datos de manera remota. La mayoría de los sistemas de monitoreo de autos tiene costos iniciales del sistema como lo es: costo de ingeniería del sistema, del equipo, costo mensual, de mantenimiento, de servicios requeridos etc. en nuestro proyecto estos aspectos de costos se anulan.

En el mundo del rastreo satelital de automóviles tenemos un gran número de proveedores que ofrecen este servicio entre los cuales se encuentran: fleetmatics, optimusfleetmanager, alkkon, ubicamovil y muchos más. Cada uno maneja sus propias cuotas más sin embargo estas son muy similares. \$3,000.00 pesos de instalación y \$300.00 pesos de renta de plataforma mensuales (como mínimo). Y consiste en la instalación de un dispositivo GPS de automóvil y la renta de una plataforma WEB para llevar a cabo el monitoreo de la unidad. Esto produce altos costos de instalación ya que un dispositivo GPS para automóvil tiene un costo de alrededor de los \$2,000.00 pesos, otro problema que se encuentra en este tipo de servicios es que para instalarlo es necesario que un técnico especializado realice

modificaciones al cableado interno del tablero del automóvil, esto para los automóviles nuevos afecta a la garantía del mismo.

El rastreo y localización de un celular en tiempo real es ahora un hecho, gracias a las tecnologías que ofrece google y otros sistemas de código abierto. En caso de que no tenga GPS el celular, la alternativa es la localización por identificadores de célula, o CELL-ID [Leick, 2015]. El envío de los datos se hace utilizando la conexión a Internet del teléfono móvil, de esta forma no hay que pagar por el envío de datos. El único requisito es que el celular tenga conexión a Internet y tarifa de datos. Pero, actualmente la mayoría de los celulares en el mercado ya cuentan con un sistema GPS. Una vez localizado el automóvil el siguiente paso era inmovilizar el automóvil; para ello se recurrió al sistema ciberfísico, donde la relación de sistemas interconectados capaces de predecir los tiempos de ejecución utilizando sistemas en tiempo real distribuido y sistemas empotrados, todo ello trabajando en conjunto y sincronizada mente para el control y monitoreo del sistema. Los CPS son capaces de reaccionar a muchas entradas y a su vez controlar muchas salidas [Rajeev, 2015]. Además estas entradas/salidas de señales o datos deben estar retroalimentándose mutuamente; lo que hace que sean sistemas complejos porque el modelar un sistema o generar su algoritmo es aún un área de investigación.

Los sistemas ciberfísicos tienen una relación muy estrecha con las redes de sistemas embebidos ya que funcionan interactuando con los procesos físicos, pero tienen muchas limitantes entre ellas la optimización y la rapidez de procesamiento y respuesta; esto se debe a que los procesos hechos en un sistema embebidos son procesadores pequeños de 8 o 16 bits, con memoria suficiente solo para que el programa de una aplicación específica funcione: soporten únicamente los sensores específicos en las entradas/salidas del dispositivo a controlar.

Cada sistema embebido es diferente en su estructura y característica ya que depende de su aplicación

Los sistemas embebidos [Marwedel, 2011], trabajan mediante micro controladores, básicamente un micro controlador es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria. Está

compuesto de varios bloques funcionales, los cuales cumplen una tarea específica. Un micro controlador incluye en su interior las tres principales unidades funcionales de una computadora: unidad central de procesamiento, memoria y periféricos de entrada/salida. El uso de sistemas embebidos en productos complejos implica un desafío de la seguridad en tecnologías de la información, para proteger la información contenida en el sistema embebido y también la que es transmitida desde y hacia el dispositivo por internet. Los sistemas embebidos se encuentran ya en nuestra vida cotidiana, por ejemplo; auto, aviones, horno de microondas, etc. Los sistemas embebidos están enfocados a minimizar costos y maximizar la seguridad y la confiabilidad. Estos sistemas operan en un ambiente dedicado con condiciones operacionales y escenarios muy específicos por lo que son más determinísticos, y predecibles.

Un sistema empotrado es un sistema de computación diseñado para realizar una o algunas funciones dedicadas, en un sistema de computación en tiempo real. Por lo general los sistemas embebidos se pueden programar en:

- C, C++
- Lenguaje ensamblador del micro controlador
- JAVA (solo cuando el tiempo de respuesta no es crítico)

Los Sistemas en Tiempo Real (STR) básicamente procesan una gran cantidad de sucesos, interrupciones, con un tiempo de respuesta inmediato.

Los sistemas de tiempo real ejecutan procesos o tareas en intervalos de tiempo definidos con requerimientos de tiempo muy rígidos para sistemas de control dedicados [Kopetz, 2014]. Sus características son:

- Confiabilidad
- Control: Los procesos especifican su prioridad y los derechos que tiene sobre el sistema.
- Reconfigurabilidad.
- Tiempo de reacción antes de los eventos.
- Arquitectura distribuida.
- Capacidad de evolución.



utilizando la aplicación que se desarrolló en este proyecto, como se muestra en figura 4, y puede ser vista desde <http://www.libregps.org/> además de ofrecer más seguridad, se trata de un servicio gratuito que no requiere ninguna instalación. Tan sólo hay que acceder a la cuenta de libreGPS que el usuario tiene asociado al teléfono y visualizarlo en línea y en tiempo real, con una frecuencia de muestreo de una posición cada 5 minutos y podrán consultar un historial de hasta 15 días, esto márgenes fueron estimados para no saturar el almacenamiento del servidor ya que ofrecemos un servicio gratuito, y los costos de almacenamiento de geo localizaciones nos limita.



Fuente: <http://www.libregps.org/>, autor: Alfonso Medina Duran ITMexicali.

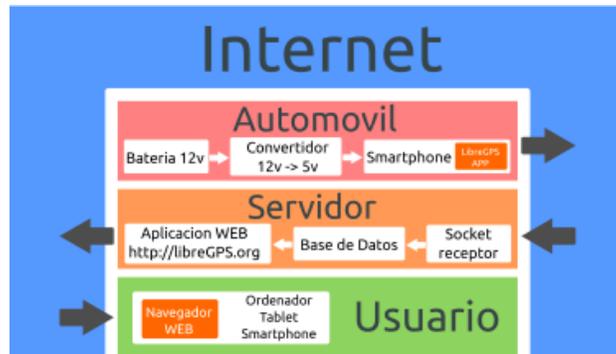
Figura 4 Aplicación web del proyecto.

### 3. Resultados

La tecnología GPS (Global Positioning System) es un sistema basado en localización satelital por la cual es posible obtener una posición global detallada representada por dos valores, latitud y longitud [Jin et al, 2014]; la cual es obtenida calculando el tiempo de respuesta obtenido como resultado de la conexión de mínimo cuatro satélites, para poder obtener un cálculo correcto.

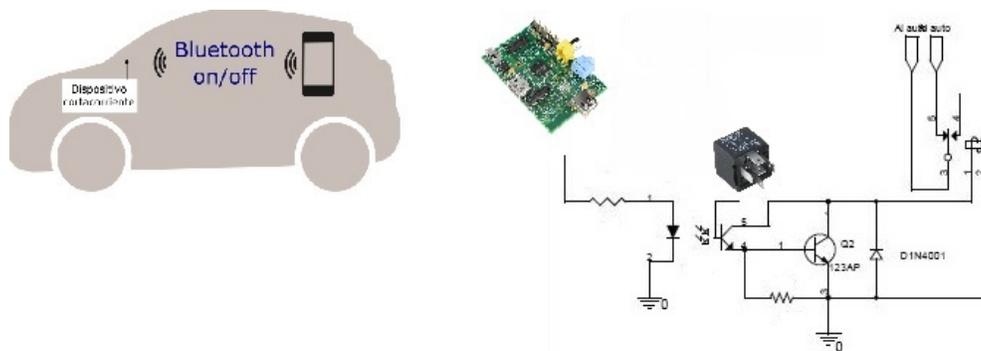
La latitud es la representación en grados de la posición norte-sur con respecto al punto en la superficie en la tierra, y la longitud representa la posición este-oeste de un punto en la superficie de la tierra en grados. El sistema desarrollado en esta investigación, se muestra en la figura 5; donde se muestra el funcionamiento general del sistema, es importante señalar que cuenta con dos modos de funcionamiento:

- Modo Espera: El sistema está a la espera del comando disparador del modo emergencia o de un mensaje que dispare el modo búsqueda.
- Modo Búsqueda-Emergencia: El sistema comienza a tomar datos de localización y se envían a dos números telefónicos ya almacenados en la base de datos de registro del sistema. El sistema recibe una llamada la cual obliga al sistema a obtener los datos de localización del auto, a excepción del módulo GPS del celular; en el caso de estar en modo espera, se envían estos datos a los dos números ya establecidos, como lo muestra la figura 6 en el diagrama general del sistema.



Fuente: Alfonso Mediana Duran ITMexicali

Figura 5 Diagrama general del sistema.



Fuente: Alfonso Medina ITMexicali

Figura 6 Funcionamiento de inmovilizador; para desactivar motor de automóvil.

## Programación del sistema

Emisor de posición APP ANDROID (celular en auto): Las solicitudes HTTP post [Deitel et al, 2014], se utilizan en Java para solicitar que un servidor web



## **4. Discusión**

En conclusión, este proyecto es el inicio de una serie de investigaciones; las cuales darán como resultado distintas formas de monitorear y apagar un automóvil a distancia. Generalmente son compañías comercializadoras las que contratan el servicio de monitoreo de flotillas o autos de sus compañías.

Una persona con bajos recursos económicos, es difícil que acceda a este servicio, debido al alto costo que esto implica. Además de pagar mensualidades para su vigencia de servicio, esto sin mencionar que cuando ocurre un incidente de robo o extravió se tiene que pagar una cuota de rastreo por localización; lo cual eleva el costo considerablemente.

Este proyecto nos abre las puertas para un sin fin de funciones, las cuales se pueden aprovechar para otras áreas como la monitorización de personas (antisequestro), o con enfermedades mentales como alzhéimer, autismo severo u otros problemas de índole neurológico. El proyecto planteado no tiene fines de lucro, buscamos ofrecer un servicio gratuito que ayude a la sociedad en contra de hurto de vehículos, el principal objetivo es reducir el número de autos robados en el país y aumentar el número de autos recuperados, el concepto OpenSource que adoptamos tiene la finalidad de crear una comunidad que ayude al proyecto a crecer aportando mejoras y promoviendo el servicio, logrando de esta manera formar servicio transparente y de calidad.

## **5. Bibliografía y Referencias**

- [1] Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros, AMIS. Mayo 2016. <http://www.amis.com.mx/amis/index.html>.
- [2] Deitel Paul y Harvey Deitel. *Android 6 for Programmers: An App-Driven Approach (3rd Edition) (Deitel Developer Series)*, (Nov.2015). ISBN-13: 978-0134289366.
- [3] Gertz Emily. *Environmental Monitoring with Arduino: Building Simple Devices to Collect Data About the World Around Us*, Maker Media. 2011.
- [4] GPSTEC México: Rastreo, Control y Seguimiento Satelital GPS. Mayo 2016. <http://www.gpstec.mx>

- [5] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Mayo 2016.  
<http://www.inegi.org.mx>
- [6] Jin Wang, Zhongqi Zhang, Bin Li, Sungyoung Lee, R. Simon Sherratt, (Feb 2014). An Enhanced Fall Detection System for Elderly Person Monitoring using Consumer Home Networks, *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 60:1, pp. 30-42,
- [7] Kohei Arai. Rescue System with Vital Sign, Location and Attitude Sensing Together with Traffic Condition, Readiness of Helper Monitoring in Particular for Disabled and Elderly Persons. (Abril 2014). 11th International Conference on Information Technology, pp. 150-180.
- [8] Kopetz Hermann. *Real-Time Systems: Design Principles for Distributed Embedded Applications (Real-Time Systems Series)*. ISBN-10: 1441982361. 2014.
- [9] Klein Mark. *Cyber-Physical Systems (SEI Series in Software Engineering)*. (Junio 2016). ISBN-10: 032192696X, pp. 23-41.
- [10] Leick Alfred. *GPS Surveying 4th Edition*. (Enero 2015). ISBN-13: 978-1118675571.
- [11] Mouly Michael, (1992). *The GSM System for Mobile Communications/ Bay Foreign Language Books, Telecom Publishing*,
- [12] Marwedel Peter. *Embedded System Design: Embedded Systems Foundations of Cyber-Physical Systems 2nd ed.*, (Enero 2011). ISBN-13: 978-9400702561,
- [13] Noergaard Tammy, *Embedded Systems Architecture, Second Edition: A Comprehensive Guide for Engineers and Programmers*, (Oct 2012). ISBN-10: 0123821967. pp. 32-51.
- [14] Rajeev Alur. *Principles of Cyber-Physical Systems (MIT Press)*, (Sept. 2015). ISBN-13: 978-0262029117.
- [15] Scherz Paul, *Practical Electronics for Inventors, Fourth Edition*, (Julio 2016). ISBN-13: 978-1259587542.
- [16] Upton Eben. *Raspberry Pi User Guide*. (Feb 2016). ISBN-10: 1119264367. pp. 15-36.