

# GPS-Tracking. Sistema de localización y seguimiento GPS

Mateo Guzmán

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Córdoba  
Ingeniería en Sistemas de Información

[mateoguzman@gmail.com](mailto:mateoguzman@gmail.com)

**Resumen.** El avance de la tecnología GPS<sup>1</sup>, la miniaturización de los receptores, la estandarización de los protocolos de comunicación y la facilidad de acceso a estos dispositivos nos brindan grandes oportunidades para realizar múltiples proyectos que involucren esta tecnología. El siguiente trabajo describe paso a paso una solución desarrollada a partir de un módulo GPS/GSM/GPRS que nos provee información de posicionamiento y seguimiento de un objeto mediante una interfaz web utilizando la API<sup>2</sup> de Google Maps.

Palabras claves: gps, localización, rastreo, seguimiento, web, Google Maps API.

## 1 Introducción

El presente trabajo fue desarrollado y presentado como trabajo final de la Cátedra Comunicaciones de la carrera Ingeniería en Sistemas de Información.

La solución realizada consiste en un sistema web que utilizando la API de Google Maps nos brinda información en tiempo real de la ubicación de un objeto, persona, animal etc., así también como la posición o recorrido del objeto en determinada fecha o rango de fechas.

## 2 Motivación

La seguridad es uno de los factores más preocupantes en las grandes ciudades. La cantidad de vehículos robados aumentó 22% en el año 2009 en Argentina<sup>3</sup> y el último reporte anual del Sistema de Alerta Temprana (SAT) indica que se denuncia un secuestro cada 48 horas.

---

<sup>1</sup> Sistema de Posicionamiento Global (Global Positioning System)

<sup>2</sup> Interfaz de Programación de Aplicaciones (Application Programming Interface)

<sup>3</sup> Según datos de CESVI Argentina (<http://www.cesvi.com.ar/>)

Para estos casos e incluso para resguardar objetos valiosos surge la necesidad de contar con algún mecanismo de localización que nos permita hallar la ubicación exacta de una persona u objeto preciado.

Por otro lado en diversos escenarios surge la necesidad de tener un rastreo y seguimiento de la posición de cierto objeto en tiempo real, con fines de control y seguridad. Un ejemplo es una empresa de transporte que desee controlar que sus vehículos cumplan los horarios y rutas establecidas y prevenir algún hecho delictivo.

La logística de vehículos es un problema el cual puede ser beneficiado altamente introduciendo la inteligencia de un sistema de posicionamiento, ya que optimizaría los recorridos introduciendo ahorros en tiempos y costos. Un ejemplo es la logística de ambulancias.

También nos puede llegar a interesar conocer los datos de posicionamiento y desplazamiento históricos, por ejemplo, recorridos realizados en un vehículo o a pie entre ciertas fechas, medir precisamente tiempos de competencias, reconocer y trazar caminos transitados.

Para todos estos casos existe una solución única consistente en un localizador GPS que informa su posición mediante GPRS<sup>4</sup>.

### 3 Descripción de la solución

La solución consiste en un sistema de localización y seguimiento basado en tecnología GPS/GSM<sup>5</sup>/GPRS. El sistema tiene como objetivo brindar información de posición y movimiento de un objeto (vehículo, persona, animal, máquina, etc.) en tiempo real, así también como mostrar la ubicación y desplazamiento del objeto durante un rango de fechas. A su vez el sistema posibilita mostrar la posición de más de un objeto a la vez.

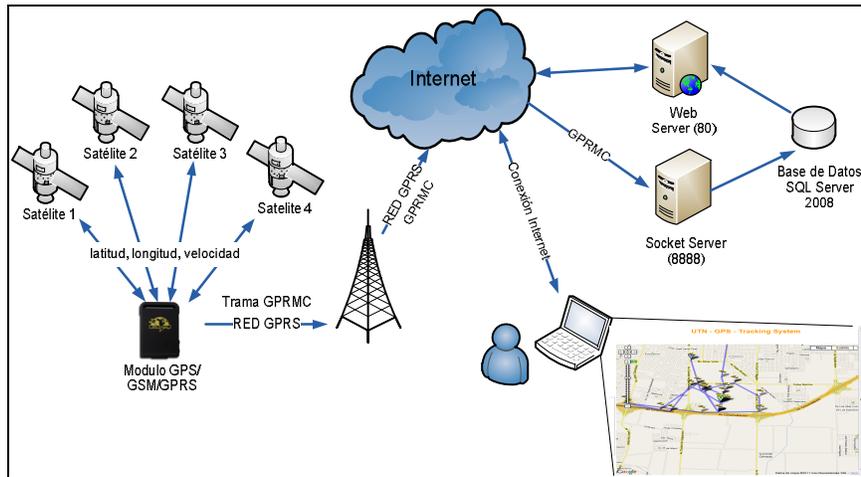
El funcionamiento del sistema comienza con un módulo GPS/GSM/GPRS (localizador) que, colocado en el objeto a rastrear, calcula su posición mediante la conexión a 4 o más satélites GPS. Las coordenadas de posicionamiento se transmiten mediante el servicio de datos de la telefonía móvil (GPRS) a un servidor conectado a Internet. El servidor recibe la información de posicionamiento, la procesa y la almacena en una base de datos.

Por otro lado una página web provee la interfaz de usuario la cual permite realizar las consultas de localización del objeto. Este sistema web consulta en información almacenada en la base de datos y muestra la posición y/o desplazamiento del objeto sobre un mapa utilizando la API de Google Maps. (**Fig.1**)

---

<sup>4</sup> GPRS: Servicio general de paquetes vía radio (General Packet Radio Service).

<sup>5</sup> GSM: Sistema global para las comunicaciones móviles (Global System for Mobile Communications)



**Fig. 1.** Arquitectura del funcionamiento del sistema

El sistema tiene dos funcionamientos básicos: en modo histórico y en modo monitoreo. El funcionamiento histórico simplemente muestra los datos registrados en el rango de fechas designado, pero en el modo monitoreo el sistema chequea continuamente la llegada de nuevos datos en la base de datos para representar estos nuevos puntos en el mapa e ir graficando la trayectoria del objeto.

Al ser una solución web el usuario podrá acceder al sistema desde cualquier equipo con un explorador web y una conexión a internet.

## 4 Descomposición de la solución

A continuación se detalla el funcionamiento de cada uno de los componentes de la solución.

### 4.1 Localizador

Cualquier dispositivo localizador GPS/GSM/GPRS será compatible con nuestro sistema ya que todos utilizan la trama GPRMC<sup>6</sup> que es un estándar para la transmisión de información en receptores GPS.

Existen en el mercado numerosos modelos de localizadores que de acuerdo al objetivo de diseño poseen funcionalidades específicas. Dentro de ellos encontramos equipos diseñados especialmente para vehículos, los cuales funcionan con

<sup>6</sup> Recommended Minimum Specific GPS/Transit Data

alimentación de 12 v. del vehículo, poseen antena GPS y GSM externas y múltiples funciones adicionales como sistemas de corta corriente, sensores de contacto, sensores de movimiento, geo-cerca, alerta de velocidad, etc.

Por otro lado encontramos localizadores personales, que son dispositivos portátiles, de menor tamaño con antenas integradas y funcionan a batería.

Estos dispositivos son prácticos para utilizarlos en personas o vehículos sin la necesidad de una instalación. Por su practicidad el sistema se desarrolló utilizando este tipo de dispositivo. El nombre comercial del localizador utilizado es “GPS Tracker TK-110” (Fig.2.) y cuyas funciones nos alcanzan para nuestro propósito, pero para una solución más robusta se requerirá un equipo de mayor calidad.



**Fig. 2.** GPS Tracker TK110

El tk110 es un dispositivo personal de tamaño pequeño, posee un slot para colocar una tarjeta SIM<sup>7</sup>, batería recargable, botón de encendido y botón de S.O.S. Éste dispositivo se configura enviándole comandos vía mensajes de texto.

### Configuración del localizador

Debido a que estos equipos utilizan una línea de telefonía móvil para su comunicación debemos proveer de una tarjeta SIM con servicio de recepción y envío de SMS necesario para poder realizar la configuración y servicio de GPRS activado para la comunicar los datos.

La configuración del dispositivo se realiza mediante comandos enviados por SMS. El equipo responde a cada comando enviado informando si se pudo ejecutar exitosamente el comando.

Como primer paso debemos configurar la dirección IP a la cual el equipo enviará las coordenadas:

```
adminip[pwd] [ip] [puerto]
```

Donde pwd es la contraseña del equipo ip es la dirección ip (xxx.xxx.xxx.xxx) y puerto es el puerto al cual queremos que envíe los paquetes.

<sup>7</sup> Módulo de identificación del suscriptor (Subscriber Identity module)

Debemos también configurar el punto de acceso a la red:

```
apn[pwd] gprs.personal.com
```

A continuación se configura el usuario y contraseña del punto de acceso:

```
apnuser[pwd] [usr]
apnpasswd[pwd] [pwd]
```

Finalmente debemos configurar la frecuencia del envío automático de la localización:

```
t[frec]s[veces]n[pwd]
```

Donde frec es el intervalo de tiempo en el que se enviarán las tramas de datos. Ej. 030s, 001m, 002h (cada 30segundos, 1 minuto y 2 horas). Veces es la cantidad de veces que se enviará la información, de 0 a 255.

Una vez configurado el equipo, éste comenzará a transmitir los datos de posición a la dirección IP configurada.

Un servidor con la dirección IP pública configurada corre un programa “socket-server” el cual escucha constantemente el puerto configurado. Al recibir una trama de datos la procesa y almacena dicha información en la base de datos.

La trama enviada por el GPS sigue el siguiente formato:

```
[ 1 ] , [ 2 ] , [ 3 ] , [ 4 ] , [ 5 ] , [ 6 ] , [ 7 ]
```

1. Número de serie del dispositivo
2. Número de teléfono que ejecutó el comando
3. Trama GPRMC
4. Señal GPS
5. Salida del comando ejecutado
6. Imei del equipo
7. Checksum

A su vez el formato de la trama GPRMC es el siguiente:

```
$GPRMC,A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,L
```

- A. Hora minute y Segundo que se tomó el dato según el UTC [hh:mm:ss]
- B. Validez del dato. A (active) el dato es válido y V (Void) el dato no lo es.
- C. Latitud de la medida. [ggmm.dddd]. g = grados, m = minutos, d= décimas de minuto.
- D. El hemisferio., N (Norte), S (Sur)

- E. La longitud, éste valor va de 0 a 180 por lo tanto posee un dígito más que la latitud. . [gggmm.dddd]. g = grados, m = minutos, d= décimas de minuto.
- F. Indica si la medida fue tomada al este del meridiano de Greenwich (E) o al Oeste (W).
- G. La velocidad de desplazamiento en Knots (equivalente a una milla náutica por hora).
- H. Este parámetro representa el bearing que es el ángulo que daría una brújula, donde 0 es el norte y 180 el Sur.
- I. La fecha en formato DDMMYYYY.
- J. La variación magnética y la dirección de ésta variación E (este) o W (oeste).
- K. La variación magnética y la dirección de ésta variación E (este) o W (oeste).
- L. Checksum de la sentencia.

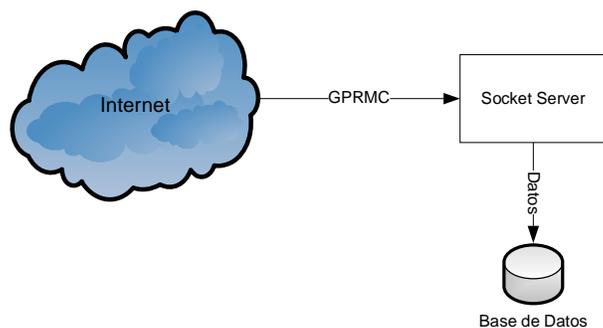
La siguiente imagen muestra un ejemplo de las tramas recibidas por el socket server:

```
"1101222031,[phone],GPRMC,233135.000,A,3128.8807,S,06410.7244,W,0.81,
80.22,220111,,A*52,L,,imei:354779033575367,108?"
"1101222031,[phone],GPRMC,233145.000,A,3128.8807,S,06411.7244,W,0.81,
80.22,220111,,A*52,L,,imei:354779033575367,108?"
"1101222031,[phone],GPRMC,233155.000,A,3128.8807,S,06412.7244,W,0.81,
80.22,220111,,A*52,L,,imei:354779033575367,108?"
"1101222031,[phone],GPRMC,233235.000,A,3128.8807,S,06413.7244,W,0.81,
80.22,220111,,A*52,L,,imei:354779033575367,108?"
"1101222031,[phone],GPRMC,233239.000,A,3128.8807,S,06414.7246,W,0.81,
80.22,220111,,A*52,L,,imei:354779033575367,108?"
```

## 4.2 Socket Server

El socket server es un programa que corre en un servidor conectado a Internet y que tiene la funcionalidad de escuchar un puerto específico pre-configurado. Los módulos GPS envían la trama GPRMC a la dirección y puerto que el Socket Server tiene configurada. Al recibir datos, el Socket Server chequea que los datos contengan el formato de una trama GPRMC, obtiene los datos necesarios de la trama y los almacena en la base de datos (**Fig. 3**).

Es importante mencionar que este programa escucha un puerto específico, por lo tanto se deberá habilitar dicho puerto en el Firewall, por lo tanto se utilizó un servidor local para poder realizar esta configuración.



**Fig. 3.** Función del Socket Server

Antes de almacenar los datos realiza una conversión del formato de las coordenadas. Convierte del formato original “ggmm.dddd,[S|N],gggmm.dddd,[E|W]” al formato “[+/-]ggg,dddddd,[+/-]ggg,dddddd” para facilidad de manejo.

3128.8807,S,06414.7246,W = -31.4813345, -64.24541

Se creó además una aplicación “Socket Client” que envía tramas GPRMC a una dirección y puerto determinado, de esta manera simula el funcionamiento de un dispositivo GPS a los efectos de utilizarlo para el desarrollo y prueba de la aplicación.

#### 4.3 Base de datos

El motor de base de datos utilizado fue Microsoft SQL Server 2008 y el diseño de la base de datos contiene sólo 3 tablas, Tramas, Usuarios y Dispositivos (**Fig.4**). La base de datos representa el nexo entre la aplicación socket server y la aplicación web ya que el socket server almacena las tramas y el website recupera la información de las tramas.

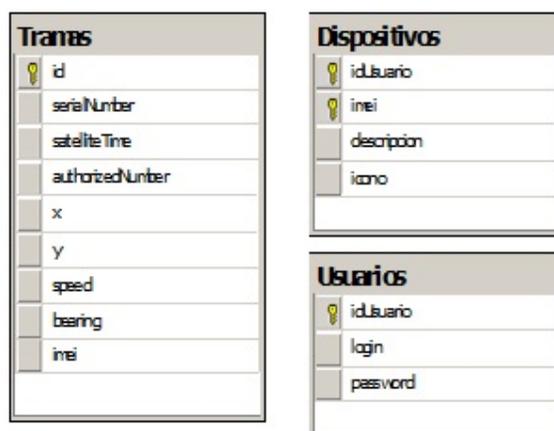


Fig. 4. Diseño de la Base de Datos

#### 4.4 Sitio Web

Esta es la parte principal del sistema, consiste en un sitio web desarrollado en ASP.Net con Microsoft Visual Studio 2008 utilizando el framework .Net 3.5 y C# como lenguaje de programación del lado del servidor.

El Sitio web fue hosteado en un servidor web local con Sistema Operativo Microsoft Windows Server 2008 corriendo sobre Internet Information Server 7 y Framework .Net 3.5.

El sitio web no sólo contiene la interfaz de usuario sino que también contiene la lógica del sistema. La solución está dividida en la capa de Interfaz de Usuario, lógica de negocio y acceso a la base de datos.

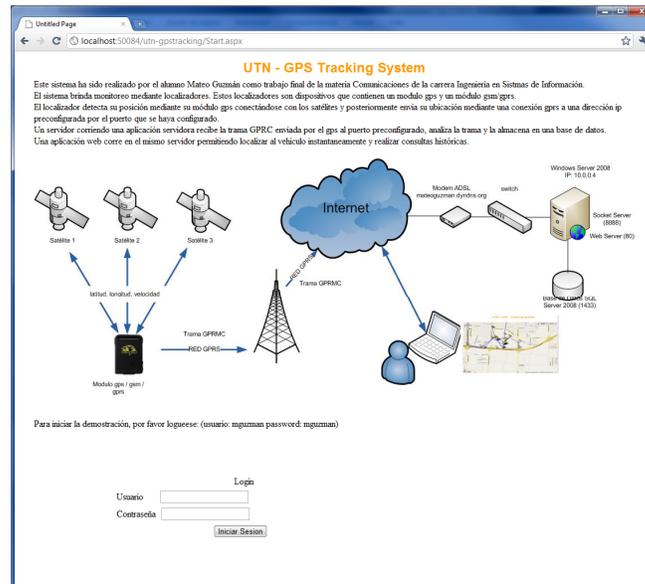
#### Funcionalidades del sistema:

*Registro de nuevos usuarios (Fig.5).*



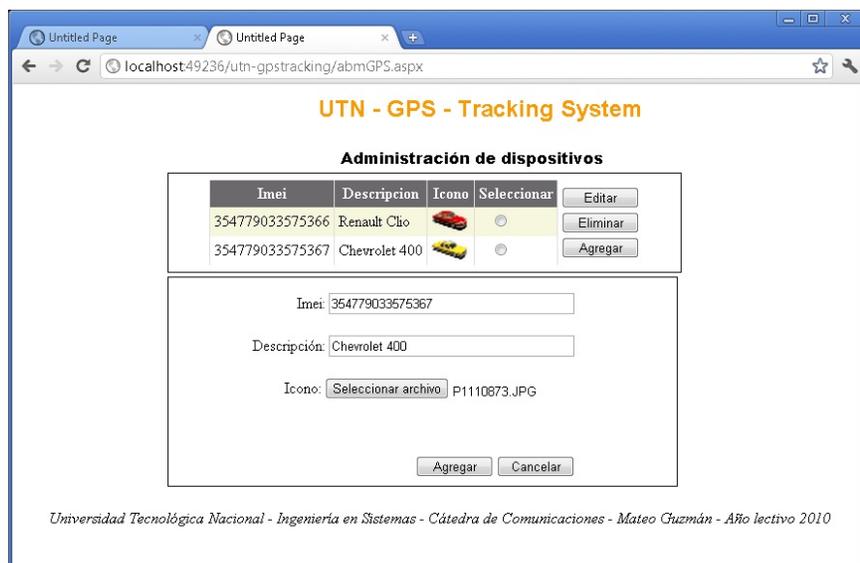
**Fig. 5.** Registro de usuarios

*Inicio de sesión de usuarios registrados. (Fig.6).* Es la página de inicio por defecto, posee información del funcionamiento del sistema y el login de usuario.



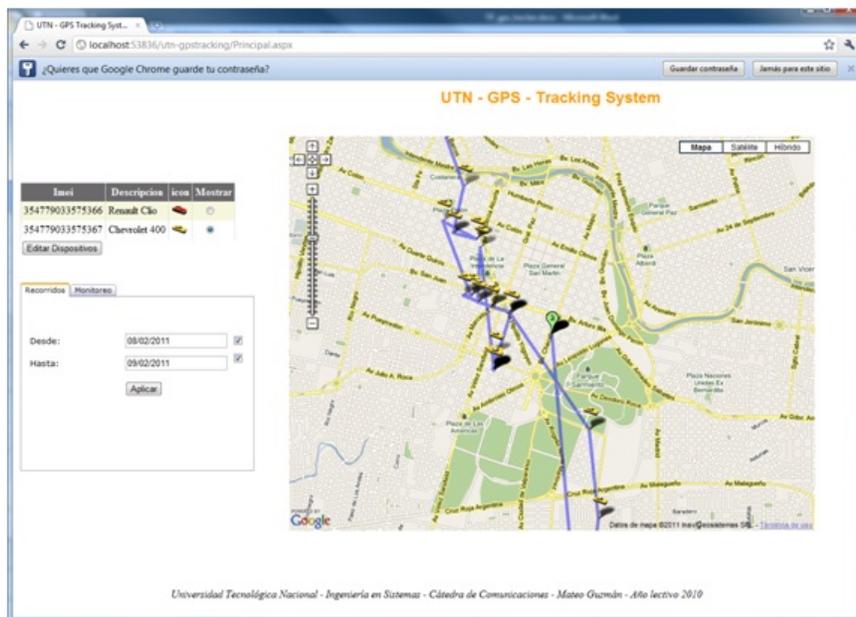
**Fig. 6.** Pantalla de login

*Administración de vehículos (Fig.7).* En esta sección, cada usuario puede registrar modificar y eliminar los dispositivos / vehículos a monitorear. Para registrar un nuevo dispositivo deberá proporcionar el número IMEI del localizador que se esté utilizando en ese vehículo. Este número será el identificador del vehículo.



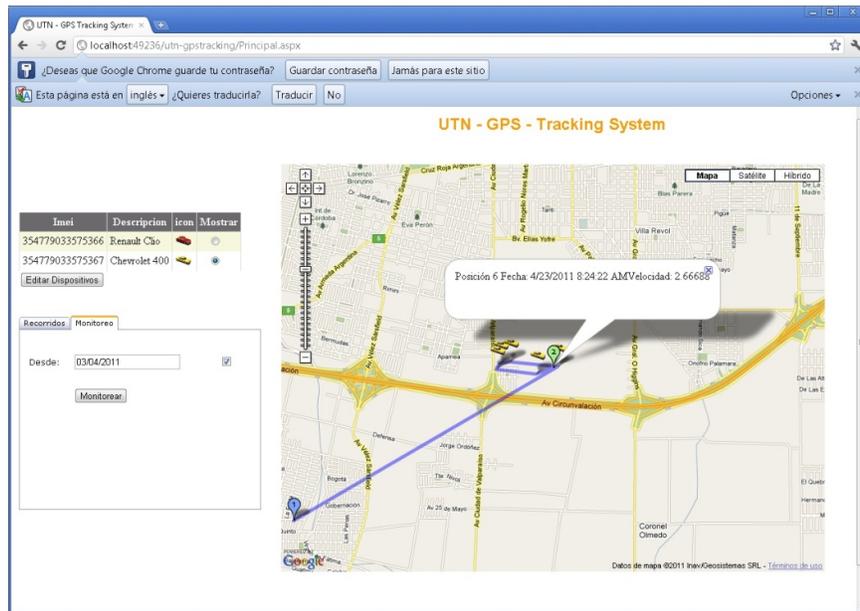
**Fig. 7.** Administración de dispositivos

*Consulta de recorridos (Fig.8).* El sistema permite, seleccionando previamente los dispositivos sobre los que queremos trabajar, realizar una consulta de recorridos realizados en un rango de fechas.



*Seguimiento en tiempo real.* El sistema permite además, realizar un monitoreo de uno o varios dispositivos en tiempo real. Se muestra en el mapa el recorrido realizado desde la fecha de inicio hasta el momento. A medida que se registran nuevos datos de localización, el sistema actualiza el recorrido en pantalla agregando los nuevos puntos de localización.

Información extra, como fecha, hora y velocidad puede ser visualizada en cada punto registrado en el mapa haciendo click sobre el mismo. (Fig. 8).



**Fig. 8.** Detalle de localización

El sistema permite realizar consultas de uno o múltiples dispositivos a la vez.

### **Funcionamiento:**

Cada trama GPRMC obtenida desde el dispositivo GPS fue almacenada en la base de datos por el Socket Server. Cada una de estas tramas representarán un punto de coordenadas X e Y en un mapa. Para la visualización de estos puntos se utiliza un control<sup>8</sup> de servidor que implementa la API de Google Maps.

Cuando se solicita una consulta de recorrido histórica, el sistema obtiene los puntos que cumplen el filtro solicitado desde la base de datos, se ordenan por fecha y si hay más de un punto se dibujan en el mapa. Para una mejor visualización del recorrido se genera una polilínea que atraviesa estos puntos cronológicamente determinando el recorrido aproximado.

El siguiente ejemplo muestra cómo crear 3 puntos en el mapa y una polilínea que los atraviese.

<sup>8</sup> Control de servidor para API de Google Maps: <http://yeseve.com/?p=40>



**Fig. 9.** Generación de polilínea

Se crean 3 puntos:

```
//Crea 3 puntos
GooglePoint GP1 = new GooglePoint();
GP1.ID = "GP1";
GP1.Latitude = -31.4648;
GP1.Longitude = -64.1793;
GooglePoint GP2 = new GooglePoint();
GP2.ID = "GP2";
GP2.Latitude = -31.4618;
GP2.Longitude = -64.1723;
GooglePoint GP3 = new GooglePoint();
GP3.ID = "GP3";
GP3.Latitude = -31.4588;
GP3.Longitude = -64.1703;
```

Se crea una polilínea que pase por los puntos GP1, GP2 y GP3.

```
GooglePolygon PG1 = new GooglePolygon();
PG1.ID = "PG1";
//Defino el formato
PG1.ColorCode = "#0000FF";
PG1.Width = 5;
//Add points to polygon
PG1.Points.Add(GP1);
PG1.Points.Add(GP2);
PG1.Points.Add(GP3);
```

Finalmente agrego la polilínea al mapa.

```
GoogleMapForASPNet1.GoogleMapObject.Polygons.Add(PG1);
```

La función de monitoreo realiza el mismo procedimiento obteniendo y graficando los puntos desde una fecha determinada. Cada 10 segundos se realiza una consulta a la base de datos para identificar si se han recibido nuevos puntos. Si se detecta que hay nuevos puntos, se obtienen éstos y se dibujan en el mapa extendiendo la polilínea de recorrido. La actualización de los puntos y polilínea en el mapa se realiza utilizando Ajax, por lo tanto no se refresca toda la página sino que sólo se agregan los puntos y se actualiza la polilínea generando una sensación de movimiento.

## 5 Conclusión

Se logró construir un sistema de localización y monitoreo basado en un dispositivo GSM/GPRS/GPS comercial utilizando la API de GoogleMaps para su visualización. Las pruebas realizadas demostraron que el sistema funciona de manera eficiente, el error de cálculo de las posiciones está dentro de los valores aceptables y la periodicidad de muestreo de datos es aceptable. De todos modos si se pretende realizar una solución comercial se debería pensar en utilizar localizadores de mayor calidad que nos brinden mayor precisión y periodicidad en los datos.

Por lo tanto a partir de esta solución realizada podemos afirmar que construir un sistema de monitoreo y seguimiento mediante tecnología GPS/GSM/GPRS es factible tecnológicamente.

Los sistemas basados en posicionamiento GPS tienen innumerables casos de uso en la actualidad lo que representa por un lado una oportunidad de negocio y por otro lado un avance tecnológico importante para los usuarios.

## 6 Referencias

1. <http://code.google.com/intl/es-ES/apis/maps/documentation/javascript/basics.html> "Google Maps JavaScript API v3"
2. "GSM/GPRS/GPS Tracker Manual", ZY International Limited
3. <http://www.codepedia.com> "The GPRMC Sentence"
4. <http://yeseve.com/?p=40>, "Google Map Control for ASP.Net"
5. Betty Lilia Espinel Gómez, Jorge Armando Navarro Peña, Rafael David Villa Villarreal, "Sistema de seguridad vehicular por medio de una interface celular y sistema GPS a través de mensajes de textos", Revista científica prospectiva, Colombia 2009.
6. <http://www.cesvi.com.ar/>, CESVI Argentina
7. [http://en.wikipedia.org/wiki/GPS\\_tracking](http://en.wikipedia.org/wiki/GPS_tracking) "Types of GPS application"