



**Universidad Católica "Nuestra Señora de Asunción"
Sede Regional Asunción
Facultad de Ciencias y Tecnología**

**Departamento de Ingeniería Electrónica e Informática
Carrera de Ingeniería Electrónica**

TEORÍA Y APLICACIÓN DE LA INFORMÁTICA 2

**Sistema de posicionamiento global y su utilización en el Rastreo
Vehicular Automatizado**

PROFESOR: JUAN DE URRAZA

**Rodrigo Antola
Mat: 49464
Ing. Electrónica**

Asunción, Paraguay

Año: 2008

1. INTRODUCCIÓN

La presente monografía pretende hacer una introducción técnica sobre los Sistema de Posicionamiento Global y los sistemas de Rastreo Vehicular Automatizado. Aunque los sistemas de posicionamiento global no sean una tecnología nueva, lo que se pretende es mostrar cómo se pueden integrar varios tipos de tecnologías, infraestructuras (como el de la telefonía celular, GPS, Google Maps) que prácticamente tienen un costo de utilización muy bajo, y las ventajas de la utilización de dichos sistemas, como el rastreo de vehículos entre otros.

A continuación realizo una breve introducción sobre los términos principales que estaré tratando en el texto.

El Global Positioning System (GPS) o Sistema de Posicionamiento Global (más conocido con las siglas *GPS*, aunque su nombre correcto es NAVSTAR-GPS) es un Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS) que permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto, una persona, un vehículo o una nave, con una precisión hasta de centímetros, usando GPS diferencial, aunque lo habitual son unos pocos metros.

El sistema de Rastreo Vehicular Automatizado (RVA) ó AVL que es el acrónimo de Automatic Vehicle Location, se aplica a los sistemas de localización remota en tiempo real, basados generalmente en el uso de un GPS y un sistema de transmisión que es frecuentemente un módem inalámbrico.

2. Sistema de posicionamiento global (GPS)

El GPS funciona mediante una red de 27 satélites (24 operativos y 3 de respaldo) en órbita sobre el globo, a 20.200 km, con trayectorias sincronizadas para cubrir toda la superficie de la Tierra. Cuando se desea determinar la posición, el receptor que se utiliza para ello localiza automáticamente como mínimo tres satélites de la red, de los que recibe unas señales indicando la posición y el reloj de cada uno de ellos. Con base en estas señales, el aparato sincroniza el reloj del GPS y calcula el retraso de las señales; es decir, la distancia al satélite. Por "triangulación" calcula la posición en que éste se encuentra. La triangulación en el caso del GPS, a diferencia del caso 2-D que consiste en averiguar el ángulo respecto de puntos conocidos, se basa en determinar la distancia de cada satélite respecto al punto de medición. Conocidas las distancias, se determina fácilmente la propia posición relativa respecto a los tres satélites. Conociendo además las coordenadas o posición de cada uno de ellos por la señal que emiten, se obtiene la posición absoluta o las 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.

La antigua Unión Soviética tenía un sistema similar llamado GLONASS, ahora gestionado por la Federación Rusa.

Actualmente la Unión Europea está desarrollando su propio sistema de posicionamiento por satélite, denominado Galileo.

2.1 Breve Historia

En 1957 la Unión Soviética lanzó al espacio el satélite Sputnik I, que era monitorizado mediante la observación del Efecto Doppler de la señal que transmitía. Debido a este hecho, se comenzó a pensar que, de igual modo, la posición de un observador podría ser establecida mediante el estudio de la frecuencia Doppler de una señal transmitida por un satélite cuya órbita estuviera determinada con precisión.

La Armada estadounidense rápidamente aplicó esta tecnología, para proveer a los sistemas de navegación de sus flotas de observaciones de

posiciones actualizadas y precisas. Así surgió el sistema TRANSIT, que quedó operativo en 1964, y hacia 1967 estuvo disponible, además, para uso comercial.

Las actualizaciones de posición, en ese entonces, se encontraban disponibles cada 40 minutos y el observador debía permanecer casi estático para poder obtener información adecuada.

Posteriormente, en esa misma década y gracias al desarrollo de los relojes atómicos, se diseñó una constelación de satélites, portando cada uno de ellos uno de estos relojes y estando todos sincronizados con base a una referencia de tiempo determinada.

En 1973 se combinaron los programas de la Armada y el de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos (este último consistente en una técnica de transmisión codificada que proveía datos precisos usando una señal modulada con un código de sonidos pseudo-aleatorios (PRN = Pseudo-Random Noise), en lo que se conoció como Navigation Technology Program, posteriormente renombrado como NAVSTAR GPS.

Entre 1978 y 1985 se desarrollaron y lanzaron once satélites prototipo experimentales NAVSTAR, a los que siguieron otras generaciones de satélites, hasta completar la constelación actual, a la que se declaró con «capacidad operacional inicial» en diciembre de 1993 y con «capacidad operacional total» en abril de 1995.

En 1994, este país ofreció el servicio normalizado de determinación de la posición para apoyar las necesidades de la OACI, y ésta aceptó el ofrecimiento.

2.2 Características técnicas y prestaciones

Este Sistema Global de Navegación por Satélite lo componen:

1. Sistema de satélites. Está formado por 24 unidades con trayectorias sincronizadas para cubrir toda la superficie del globo terráqueo. Más concretamente, repartidos en 6 planos orbitales de 4 satélites cada uno. La energía eléctrica que requieren para su funcionamiento la

adquieren a partir de dos paneles compuestos de celdas solares adosados a sus costados.

2. Estaciones terrestres. Envían información de control a los satélites para controlar las órbitas y realizar el mantenimiento de toda la constelación.
3. Terminales receptores: Indican la posición en la que están; conocidas también como Unidades GPS, son las que podemos adquirir en las tiendas especializadas.

- Señal RF
- Frecuencia portadora:
 - Civil - 1 575.42 MHz (L1). Utiliza el Código de Adquisición Aproximativa (C/A)
 - Militar – 1227.60 MHz (L2). Utiliza el Código de Precisión (P), cifrado.
 - Nivel de potencia de la señal: -160 dBW (en superficie tierra)
 - Polarización: circular dextrógira
- Exactitud
 - Posición: aproximadamente 15 m (el 95%)
- Hora: 1 ns
- Cobertura: mundial
- Capacidad de usuarios: ilimitada
- Sistema de coordenadas:
 - Sistema Geodésico Mundial 1984 (WGS84)
- Centrado en la Tierra, fijo.

2.3 Funcionamiento del Sistema

1. La situación de los satélites es conocida por el receptor con base en las efemérides (5 parámetros orbitales Keplerianos), parámetros que son transmitidos por los propios satélites. La colección de efemérides de toda la constelación se completa cada 12min y se guarda en el receptor GPS.
2. El receptor GPS funciona midiendo su distancia a los satélites, y usa esa información para calcular su posición. Esta distancia se mide calculando el tiempo que la señal tarda en llegar al receptor. Conocido ese tiempo y basándose en el hecho de que la señal viaja a la velocidad de la luz (salvo algunas correcciones que se aplican), se puede calcular la distancia entre el receptor y el satélite.
3. Cada satélite indica que el receptor se encuentra en un punto en la superficie de la esfera, con centro en el propio satélite y de radio la distancia total hasta el receptor.
4. Obteniendo información de dos satélites se nos indica que el receptor se encuentra sobre la circunferencia que resulta cuando se intersecan las dos esferas.
5. Si adquirimos la misma información de un tercer satélite notamos que la nueva esfera solo corta la circunferencia anterior en dos puntos. Uno de ellos se puede descartar porque ofrece una posición absurda. De esta manera ya tendríamos la posición en 3-D. Sin embargo, dado que el reloj que incorporan los receptores GPS no está sincronizado con los relojes atómicos de los satélites GPS, los dos puntos determinados no son precisos.
6. Teniendo información de un cuarto satélite, eliminamos el inconveniente de la falta de sincronización entre los relojes de los receptores GPS y los relojes de los satélites. Y es en este momento cuando el receptor GPS puede determinar una posición 3-D exacta (latitud, longitud y altitud). Al no estar sincronizados los relojes entre el receptor y los satélites, la intersección de las cuatro esferas con centro en estos satélites es un pequeño volumen en vez de ser un punto. La corrección consiste en ajustar la hora del receptor de tal forma que este volumen se transforme en un punto.

2.4 Fiabilidad de los Datos

Con un elevado número de satélites siendo captados (7, 8 o 9 satélites), y si éstos tienen una geometría adecuada (están dispersos), pueden obtenerse precisiones inferiores a 2,5 metros en el 95% del tiempo. Si se activa el sistema DGPS llamado SBS (WAAS-EGNOS-MSAS), la precisión mejora siendo inferior a un metro en el 97% de los casos. (estos sistemas SBS no aplican en Sudamérica, ya que esta parte del mundo no cuenta con este tipo de satélites geoestacionarios)

2.5 Evolución del sistema GPS:

El GPS está evolucionando hacia un sistema más sólido (GPS III), con una mayor disponibilidad y que reduzca la complejidad de las aumentaciones GPS. Algunas de las mejoras previstas comprenden:

- Incorporación de una nueva señal en L2 para uso civil.
- Adición de una tercera señal civil (L5): 1176.45 MHz
- Protección y disponibilidad de una de las dos nuevas señales para servicios de Seguridad Para la Vida (SOL).
- Mejora en la estructura de señales.
- Incremento en la potencia de señal (L5 tendrá un nivel de potencia de -154 dB).
- Mejora en la precisión (1 – 5 m).
- Aumento en el número de estaciones monitorizadas: 12 (el doble)
- Permitir mejor interoperabilidad con la frecuencia L1 de Galileo

El programa GPS III persigue el objetivo de garantizar que el GPS satisfará requisitos militares y civiles previstos para los próximos 30 años. Este programa se está desarrollando para utilizar un enfoque en 3 etapas (una de las etapas de transición es el GPS II); muy flexible, permite cambios futuros y reduce riesgos. El desarrollo de satélites GPS II comenzó en 2005, y el primero de ellos estará disponible para su lanzamiento en 2012, con el objetivo de lograr la transición completa de GPS III en 2017.

Los desafíos son los siguientes:

1. Representar los requisitos de usuarios, tanto civiles como militares, en cuanto a GPS.
2. Limitar los requisitos GPS III dentro de los objetivos operacionales.
3. Proporcionar flexibilidad que permita cambios futuros para satisfacer requisitos de los usuarios hasta 2030.
4. Proporcionar solidez para la creciente dependencia en la determinación de posición y de hora precisa como servicio internacional.

2.6 GPS Diferencial

El DGPS (Differential GPS), o GPS diferencial, es un sistema que proporciona a los receptores de GPS correcciones de los datos recibidos de los satélites GPS, con el fin de proporcionar una mayor precisión en la posición calculada. Se concibió fundamentalmente debido a la introducción de la disponibilidad selectiva.

El fundamento radica en el hecho de que los errores producidos por el sistema GPS afectan por igual (o de forma muy similar) a los receptores situados próximos entre sí. Los errores están fuertemente correlacionados en los receptores próximos.

Un receptor GPS fijo en tierra (referencia) que conoce exactamente su posición basándose en otras técnicas, recibe la posición dada por el sistema GPS, y puede calcular los errores producidos por el sistema GPS, comparándola con la suya, conocida de antemano. Este receptor transmite la corrección de errores a los receptores próximos a él, y así estos pueden, a su vez, corregir también los errores producidos por el sistema dentro del área de cobertura de transmisión de señales del equipo GPS de referencia.

2.7 Algunas aplicaciones de los Sistemas de Posicionamiento Global

Espacio exterior:

- Posiciones orbitales de gran precisión
- Sensores de orientación a bordo

- Relojes atómicos de sincronización precisa
- Control de constelaciones como vehículos espaciales y telecomunicaciones

Aviación:

- Seguridad y eficiencia de vuelos
- Posicionamiento y navegación desde el despegue hasta el aterrizaje
- Tráfico aéreo y en aeropuertos
- Aproximación al aeropuerto
- Sistema de alerta de proximidad de tierra

Agricultura:

- Agricultura de precisión (GPS+SIG)
- Posicionamiento exacto de plagas, insectos y malezas

Navegación marina y vías férreas

- Seguridad y eficiencia de la navegación
- Posicionamiento y navegación continua
- Sistema de alerta de proximidad de obstáculos

Medio Ambiente

- Desde la toma de una coordenada de ubicación de personas, animales, sitios o cosas, hasta crear un equilibrio entre el medio ambiente y las necesidades humanas.
- Determinación de líneas fronterizas

Seguridad Pública y Socorro en Casos de Desastre

- Incendios forestales
- Tiempo de respuesta
- Tormentas e inundaciones
- Seguridad pública, policía, bomberos y rescate
- Telefonos móviles y vehículos

Cartografía y Geodesia

- Obtención rápida de cartografía y medidas geodésicas precisas (+SIG)

- Información tridimensional de puntos naturales o artificiales
- Composición, almacenamiento, manipulación y representación visual de información geográfica referenciada.

3. Rastreo Vehicular Automatizado (AVL)

Podemos encontrar sistemas conocidos como “en línea” y “fuera de línea”, teniendo como diferencia el hecho de poder comunicar la información de manera instantánea o no.

Los sistemas en línea se apoyan en la transmisión inalámbrica de datos, la cual nos da como ventaja gran movilidad y nos permite tener una comunicación en tiempo real de lo que sucede en nuestro vehículo (Bluetooth, satélites, celulares, etc).

Los sistemas fuera de línea son aquellos en los que la información no es transmitida en tiempo real, es necesario utilizar un dispositivo de memoria para poder transportarla y analizarla.

En la mayoría de los casos, la localización es determinada utilizando un equipo GPS y la transmisión hacia el lugar de control es mediante tecnologías de comunicaciones como la satelital, celular o radio, utilizando un Módem de transmisión ubicado en el vehículo como parte (o adosado) al dispositivo GPS.

Algunas otras posibilidades para determinar la localización del vehículo, si no es con GPS son el uso de DR (Dead reckoning), Navegación Inercial o RFID e incluso alguna combinación de varias de dichas tecnologías.

3.1 Transmisión de Datos

En el caso de 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, CDMA/1xRTT y EDGE entre otras, 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.

Adicionalmente, dada la baja de los costos y el mínimo ancho de banda utilizado por esta tecnología, cada vez es más común el uso de tecnología Satelital para la transmisión de datos, con la ventaja de su cobertura global en cualquier punto del planeta, lo que es imprescindible para aplicaciones como navegación, minería o forestal en que se trabaja en zonas en que normalmente no existe cobertura de las redes celulares.

3.2 Utilización

La tecnología AVL es una herramienta poderosa en aplicaciones de administración de flotas de transporte, asignación de vehículos de emergencia, sistemas de transporte público, etc. especialmente si se integra con otras aplicaciones relacionadas como sistemas de Call Center, Central de Monitoreo, planificadores de ruta, sistemas de bodega y WMS y sistemas de despacho entre otras.

En la actualidad la mayoría de las personas cuando piensa en GPS en realidad está pensando en AVL ya que un equipo GPS es parte de la tecnología AVL pero no implica transmitir los datos de posición hacia un lugar remoto, sino utilizarlos localmente, como podría hacerlo un escalador de montañas o un competidor de rally en el desierto.

3.3 Algunas ventajas de la utilización del sistema

El sistema de Rastreo Vehicular Automatizado puede reducir tiempos de entrega utilizando una hoja de recolección de datos, y así analizar la velocidad con la que su flotilla avanza, el tiempo y lugar en la que se encuentra, bloqueos, retrasos, optimizando sus entregas, por lo tanto contar con itinerarios exactos, pudiendo controlar tiempos y movimientos de los operarios de los camiones, recopilar tiempos de transporte, marcar rutas definidas y así evitar pérdidas de tiempo.

Nos puede ayudar para reducir costos, ya que con este sistema podemos saber la cantidad de combustible que utiliza el vehículo, información de cuanto acelera el conductor o frena, permitiéndonos así calcular el desgaste de partes, la presión del aire ejercido en el vehículo dependiendo de los lugares que transita, todo esto nos sirve para programar mantenimiento correctivo o realizar mantenimiento preventivo, y por lo tanto reducir costos.

Otro uso común del RVA es el de asegurar el cargamento que se transporta considerando que este tiene un valor considerable, ya que el sistema permite en caso de robo encontrar el vehículo.

3.4 Esquema utilizado para el Rastreo de Vehículos



Figura 3.4.1

Como podemos observar en la figura anterior, un sistema AVL consta de un Software de monitoreo en una estación central (Control Center), un sistema de comunicaciones inalámbricas y una unidad vehicular que utiliza el sistema de navegación satelital para calcular su posición.

Software de monitoreo: un software de navegación para aplicaciones AVL debe tener las siguientes características:

- Capacidad de visualización en cada estación de trabajo de una región geográfica del territorio nacional o una ciudad, incluso a un nivel de detalle en el que se visualicen sus calles. Su costo depende del área geográfica solicitada y el nivel de detalle requerido.
- Capacidad de zoom múltiple.
- Varios niveles de seguridad para la introducción y configuración de móviles en el sistema.
- Base de datos dinámica para la introducción de informaciones relativas a cada móvil y su misión dentro de la flota.
- Capacidad de presentación, para cada móvil de los siguientes datos: Posición en coordenadas geográfica, Diagnóstico de la medida GPS,

Hora de reporte, Diagnóstico del sistema de comunicaciones, Velocidad del móvil, y demás opciones que sean solicitadas por el usuario.

La unidad vehicular: Debe estar dotada de:

- Un receptor GPS (Global Positioning System) para el cálculo de Posiciones (coordenadas geográficas) mediante triangulaciones a partir de satélites GPS.
- Una unidad de comunicaciones, a seleccionar: Celular, Radio convencional, Radio Trunking.
- Un módem (Modulador - Demodulador) de velocidad variable para la conversión de señales digitales (información del GPS) a señales analógicas susceptibles a ser transmitidas por un medio radioeléctrico.
- Un Microprocesador y memoria para alojar y procesar el programa de control y diálogo de comunicaciones.
- Una fuente de alimentación con batería y cargador recargable (opcional).
- Antena GPS
- Antena Radio o celular

En el sistema de la figura anterior, cada subsistema (estación móvil, sistema de comunicación, estación central) cumple una función específica y de su correcto funcionamiento depende del éxito en la comunicación entre el receptor GPS y la PC ubicada en la estación central. De forma sencilla se pueden definir las funciones y componentes de cada subsistema así:

1. **Estacion Móvil:** Es la encargada de recibir los datos de posición del móvil desde el receptor GPS y entregar esta posición al sistema de comunicaciones. Este subsistema lo conforman: el microcontrolador, un modem para la conexión con la red de la comunicación celular (GSM/GPRS/EDGE/CDMA/1X) y el receptor GPS.
2. **Sistema de comunicación:** Encargado de transportar la información de la estación móvil hasta la central. Este subsistema lo conforman la red GSM de telefonía celular.
3. **Estación Central:** Encuesta las estaciones móviles, organiza y procesa la información entregada por las estaciones móviles. Lo conforman: el microcontrolador, el módem y la PC. Las órdenes son enviadas desde la Estación central al receptor GPS en forma de comandos NMEA (National Marine Electronics Association) y el receptor GPS contesta con estos mismos comandos y envía la información de latitud, longitud y altura.

- Ejemplo Estación Móvil



Características:

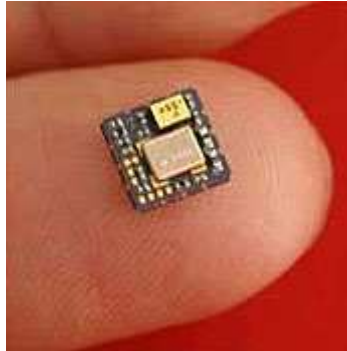
- Monitoreo en Tiempo Real
- Comunicación de Datos a través de GPRS e internet
- Monitoreo ininterrumpido
- Reporte Automático de posición/status
- Con el estado del vehículo, ACC status, time, longitud, latitud, velocidad y dirección
- Movimiento Inteligente y Reporte de Paradas
- Engine running time recording (triggered by 6 to 16V input, can time record up to 99,999 hours, exact to seconds)
- Los datos históricos pueden ser almacenados, ante cualquier corte o apagado
- Chip de memoria para almacenar mas de 512 mensajes
- Si la red GPRS no está disponible y el sistema no puede enviar mensajes al servidor
- History playback
- Despliega la ruta recorrida y la velocidad
- Configuración Remota del dispositivo
- Cuando el vehículo se encuentra fuera de una velocidad predeterminada, se generara un reporte de control al centro de mando inmediatamente
- Domain name setting
- Cuando la unidad se encuentra fuera de una zona predefinida, se generará un reporte
- Corte del suministro de gasolina y del suministro eléctrico
- Botón de emergencia para llamar al centro de
- Reporte de fallas o cortes de cables
- Monitoreo de voz entorno al vehículo
- Algunos dispositivos permiten el envío de imagenes

- -Ejemplo Estación Central



Figura 2.- Tiempo real sobre mapa (arriba) y sobre Google Earth (debajo)

- **Chip GPS que cabe en cualquier parte**



Si algo nos enseñó la tecnología es que todo se miniaturiza con el tiempo: las CPUs, los discos duros. Los GPS van por ese camino y su número se está empezando a disparar a medida que su precio baja y se integran en otros dispositivos, como teléfonos, PDA, ordenadores y otros objetos de uso común. Del tamaño de una aspirina, este receptor GPS diminuto, de la compañía neozelandesa Rekon. Utiliza un oscilador de cristal controlado por temperatura que al parecer es barato y muy preciso, pero mucho más pequeño que los de la competencia. Los neozelandeses dicen que son tan pequeños que se pueden utilizar hasta en relojes.

- **Desarrollan en México un chip anti-secuestro**



El laboratorio mexicano Xega ha creado un chip del tamaño de un grano de arroz, que se injerta entre la piel y el músculo. Una vez injertado, el chip podrá comunicar la ubicación e identidad del portador vía satélite las 24 horas del día, 365 días del año. Además en caso de accidente proporciona información médica del portador. Esta tecnología se populariza debido al

tremendo aumento de la inseguridad en el país. La intervención quirúrgica cuesta 4000 dólares más mantenimiento anual de 2200 dólares.

PARTE COMPLEMENTARIA REALIZADA POR COMPAÑEROS

Mobile Phone Tracking

- Para empresas pequeñas, medianas y grandes
- Hace un seguimiento de los dispositivos celulares de la empresa
- El sistema solo ofrece una localización aproximada. La precisión depende de la densidad de celdas disponibles en la región. La zonas rurales tiene una localización de apenas 5 Km.
- Si nuestro celular está fuera de servicio, igual te cobran el intento de localización.

Ofrece:

- Real time tracking
- Tracking mediante computadora o WAP
- Historial de localización y timestamp
- Facilidad de visión de la localización

Algunos Dispositivos:

- | | |
|--|---------|
| • Track Business Starter (50 Tracks) | £19.99 |
| • Track Business Lite (150 Tracks) | £44.99 |
| • Track Business Standard (600 Tracks) | £174.99 |
| • Track Business Pro (2130 Tracks) | £587.50 |

Otros usos:

- Cuál es el cajero más cercano?
- Dónde estan mis hijos?
- Quiénes estan por llegar a la reunión?

MensajeSOS y Rastreo Móvil

- Permite que cada usuario designe a dos de sus contactos. Si el teléfono se extravía o es robado y alguien reemplaza la tarjeta SIM, los contactos elegidos recibirán un mensaje SMS que incluye el IMEI (Identidad Internacional del Equipo Móvil) y el número de la nueva SIM.
- Mensaje SOS permite designar hasta cinco contactos y en caso de que el usuario tenga una situación peligrosa

4. Conclusión:

Se puede concluir que los dispositivos de rastreo satelital son de gran ayuda, y cada vez mas parecemos familiarizarnos con ellos, no solamente para el rastreo de vehículos, si no también para el rastreo de personas, y centenares de aplicaciones más.

Bibliografía

- www.wikipedia.com
- www.gps.gov
- <http://200.23.34.25/Seminarios/SEMINARIO%20GPS.pdf>

- http://www.verilocation.com/filenotfound.aspx?aspxerrorpath=/mobile_phone_tracking.aspx
- http://www.engormix.com/noticias_trazabilidad_ricardo_sanchez_forumsvew14278.htm
- <http://www.webtaller.com/maletin/articulos/rastreo-informacion-como-aplicarlo-web.php>