# UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

## FACULTAD DE INGENIERÍA

## ESCUELA DE INGENIERÍA INFORMÁTICA

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD PARA EL RASTREO Y CONTROL DE VEHÍCULOS AUTOMOTORES, QUE PERMITA LA TRANSMISIÓN DE AUDIO Y DATOS DE UN DISPOSITIVO DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS) HACIA UN CENTRO DE CONTROL**

**Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado:** diecinueve (19)

J U R A D O  E X A M I N A D O R

Firma:
Nombre:

Firma:
Nombre:

Firma:
Nombre:


REALIZADO POR Emilia de Lezaeta Salavert
Ricardo Fernández Rodríguez

PROFESOR GUIA Ing. Santiago Usón Ramírez


FECHA Octubre 2006

# ÍNDICE DE CONTENIDO

**DEDICATORIA** I
**AGRADECIMIENTOS** II
**ÍNDICE DE CONTENIDO** III
**ÍNDICE DE TABLAS** V
**ÍNDICE DE FIGURAS** V
**RESUMEN** VI
**INTRODUCCIÓN** 1
**CAPÍTULO I: Definición del Problema** 2
1. Planteamiento del Problema 2
2. Objetivos 3
2.1 Objetivo General 3
2.2 Objetivos Específicos 3
3. Limitaciones y Alcance 5
3.1 Alcance 5
3.2 Limitaciones 5
4. Justificación 5
**CAPÍTULO II: Marco Teórico** 7
1. Sistema de Posicionamiento Global 7
1.1 Definición 7
1.2 Historia 8
1.3 Descripción del Sistema 9
1.4 Funcionamiento 11
2. Garmin – GPS 15 15
3. Sistema Global para Comunicaciones Móviles (GSM) 16
3.1 Historia 16
3.2 Sistemas Celulares 16
3.2.1 Estrategia para la Asignación de Canales. 17
3.2.2 Gestión de Interfaz de Radio 18
3.2.3 Consecuencias de Movilidad 19
3.3 Arquitectura GSM 21
3.3.1 La Estación Móvil (MS) 22
3.3.2 El Subsistema de la Estación Base (BSS) 22
3.3.3 El Subsistema de la Red (NSS) 23
4. Modem Wavecom Fastrack 24
**CAPÍTULO III: Marco Metodológico** 26
1. Modelo Incremental 26
1.1 Definición de Metodología 26
1.2 Descripción del Modelo Incremental 26
1.2.1 Modelo en Cascada 27
1.2.2 Modelo en Espiral 28
**CAPÍTULO IV: Desarrollo** 30
1. Desarrollo del Dispositivo del Rastreo Vehicular (D.R.V) 31
1.1 Análisis 31
1.2 Diseño 32
1.2.1 Diseño de Datos 32

1.2.2 Diseño Arquitectónico 33
1.2.3 Diseño Procedimental 33
1.3 Construcción 34
1.4 Pruebas 36
2. Desarrollo del Centro de Rastreo Vehicular (C.R.V) 37
2.1 Desarrollo de la Aplicación: Sistema de Procesamiento Remoto (S.P.R) 37
2.1.1 Iteraciones: Módulo de Conexión y Rastreo Vehicular 37
2.1.1.1 Planificación 37
2.1.1.2 Análisis de Riesgo 38
2.1.1.3 Desarrollo 39
2.1.1.4 Evaluación del Cliente 45
2.2 Desarrollo de la Aplicación: Sistema de Seguridad para Vehículos (S.S.V.) 46
2.2.1 Iteraciones: Módulo de Administración 46
2.2.1.1 Planificación 46
2.2.1.2 Análisis de Riesgo 48
2.2.1.3 Desarrollo 49
2.2.1.4 Evaluación del Cliente 53
2.2.2 Iteraciones: Módulo de Rastreo Vehicular 53
2.2.2.1 Planificación 53
2.2.2.2 Análisis de Riesgo 56
2.2.2.3 Desarrollo 57
2.2.2.4 Evaluación del Cliente 60
3. Integración de los Componentes: C.R.V - D.R.V 61
3.1 Iteraciones: Integración de los Componentes 61
3.1.1 Planificación 61
3.1.2 Análisis de Riesgo 61
3.1.3 Desarrollo 61
3.1.4 Evaluación del Cliente 61
**CAPÍTULO V: Resultados 62**
**CONCLUSIONES 66**
**RECOMENDACIONES 68**
**REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 69**
**Apéndice A: Diagramas de Casos de Uso para el Módulo de Rastreo 72**
**Apéndice B: Diagramas de Actividades para el Módulo de Rastreo 80**
**Apéndice C: Diagrama Entidad-Relación 87**
**Apéndice D: Diagrama de Clases 91**
**Apéndice E: Interfaz Gráfica del Módulo de Administración 92**
**Apéndice F: Esquema de Pantalla del Módulo de Administración 97**
**Apéndice G: Diseños de Dispositivos de lo Módulos 98**
**Apéndice H: Interfaz Gráfica del Módulo de Rastreo Vehicular 99**
**Apéndice I: Esquema de Pantalla del Módulo de Rastreo Vehicular 102**
**Apéndice J: Interfaz Gráfica del Módulo de Conexión y Rastreo 103**
**Apéndice K: Esquema de Pantalla del S.P.R. 104**
**Apéndice L: Clases Implementadas en la Aplicación 105**

**Apéndice M: Comandos AT** **107**
**Apéndice N: Circuito para Intervenir Funciones Eléctricas** **108**
**Apéndice O: Configuración del GPS GARMIN 15L** **111**
**Apéndice P: Sentencias Recibidas en Protocolo NMEA 0183** **112**
**Apéndice Q: Procedimientos Almacenados en la Base de Datos** **113**
**Apéndice R: Diagrama Conector DB-15 del Modem Wavecom** **120**
**Apéndice S: Estudio Security Situation in Venezuela de ArmorGroup** **121**

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características Generales del Modem Wavecom 25
Tabla 2. Fases del Modelo en Cascada 28
Tabla 3. Fases del Modelo en Espiral 29
Tabla 4. Especificaciones del Caso de Uso: Iniciar Rastreo 42
Tabla 5. Grupo de Clases y su descripción 44
Tabla 6. Especificaciones del Caso de Uso: Registrar Póliza 51

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig1. Constelación NAVSTAR 9
Fig2. Segmentos de Control en el Planeta 11
Fig3. Esferas Imaginarias en la Trilateración 12
Fig4. GPS 15L- GARMIN 15
Fig5. Arquitectura de la Red GSM 21
Fig6. Modem Wavecom Fasrack 24
Fig7. Modelo de Metodología de Desarrollo 27
Fig8. Arquitectura del Sistema 30
Fig9. Diagrama de Caso de Uso del Administrador del Módulo S.P.R. 38
Fig10. Modelo MVC. Arquitectura del Sistema 41
Fig11. Diagrama de Actividades: Iniciar Rastreo Póliza 43
Fig11. Diagrama de Caso de Uso del Administrador del Módulo S.S.V. 48
Fig13. Diagrama de Actividades: Ingresar Póliza 52
Fig14. Diagrama de Caso de Uso del Operador del Sistema 56

# RESUMEN

El Sistema de Seguridad Vehicular permite rastrear de manera inalámbrica vehículos automotores, por medio de la recepción de datos de posicionamiento global (GPS), además de realizar captura de audio y envío de comandos para intervenir funciones eléctricas del medio en el cual está instalado.

Este sistema está compuesto por un dispositivo D.R.V.[1] que se encarga de la recepción y transmisión de datos y audio, provenientes de un vehículo hacia un centro de control C.R.V.[2] que procesa y gestiona los datos recibidos desde la unidad. Su plataforma de operación es la red de telefonía móvil GSM, por medio de la cuál se establece un enlace de datos y audio confiable y seguro, que permite el monitoreo de posición del vehículo en tiempo real, así como la captura de audio y la intervención sus funciones eléctricas.

El diseño e implementación se basó en una metodología de modelo incremental, que conjuga un modelo de cascada dinámico con un modelo de espiral evolutivo, para el desarrollo en paralelo de hardware y software respectivamente y su integración posterior en un modelo de espiral.

Las aplicaciones necesarias se construyeron siguiendo el patrón de diseño MVC[3], para facilitar el desarrollo independiente de las distintas funcionalidades, además de permitir la reusabilidad, simplificar el mantenimiento del código y aumentar la capacidad de escalabilidad del programa.

Finalmente, la implementación del Sistema de Seguridad Vehicular permitió rastrear en tiempo real y controlar de manera eficiente en casos de emergencia, unidades móviles a través de la red GSM, con la finalidad de recuperar la unidad vehicular en caso de robo.

---

[1] *D.R.V: Dispositivo de Rastreo Vehicular*
[2] *C.R.V: Centro de Rastreo Vehicular*
[3] *MVC: Modelo Vista Controlador*

# INTRODUCCIÓN

El incremento en los índices de robo y hurto de vehículos automotores en los últimos años, ha creado la necesidad en los propietarios de disponer de sistemas de seguridad integrales cada vez más eficientes y confiables.

El Sistema de Seguridad Vehicular permite rastrear de manera inalámbrica vehículos automotores, por medio de la recepción de datos de posicionamiento global (GPS), además de realizar captura de audio y envío de comandos para intervenir funciones eléctricas del medio en el cual está instalado. Para lograr este objetivo el sistema fue diseñado y construido con avanzadas tecnologías disponibles en el mercado, lo que permitió ofrecer a los usuarios un producto de calidad y alta confiabilidad.

El diseño e implementación se basa en la metodología de modelo incremental para el desarrollo e integración de hardware y software de manera sistemática y eficiente.

El presente documento está estructurado por capítulos de la siguiente forma:

*Capítulo I*, abarca los puntos referentes a la definición del problema y de los alcances del proyecto.

*Capítulo II*, consta de un resumen de las bases teóricas en las que se fundamentó el sistema desarrollado.

*Capítulo III*, contiene el marco metodológico utilizado para el diseño y desarrollo del Sistema de Seguridad para Vehículos.

*Capítulo IV*, se identifican las actividades ejecutadas, productos y resultados obtenidos.

*Capítulo V*, se presentan los resultados obtenidos.

En base a los resultados obtenidos se dan conclusiones y recomendaciones pertinentes.

Por último se encuentra la bibliografía utilizada y se complementa el Trabajo de Especial de Grado con documentos anexos.

# CAPITULO I: DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La invención del automóvil a finales del siglo XVIII, revolucionó significativamente la manera de transportarse de los habitantes del planeta. Las personas hallaron en esta máquina una forma práctica para realizar viajes y acortar los tiempos entre los destinos por tierra.

Más tarde en la segunda década del siglo pasado, el empresario estadounidense Henry Ford con su modelo T, pone el automóvil al alcance de las clases medias, introduciéndolo en la era del consumo en masa; con lo que contribuyó a modificar los hábitos de vida y de trabajo de las personas, así como la fisonomía de las ciudades, haciendo aparecer la «civilización del automóvil».

Con el paso de los años, este invento se convirtió en el medio de transporte más difundido y a su vez uno de los bienes más preciados por el hombre, lo que convirtió a esta máquina en uno de los blancos preferidos por los delincuentes.

Por esta razón los dueños de los automóviles particulares y los vehículos de carga, se han visto en la necesidad de instalar dispositivos de seguridad cada vez más confiables, con el fin de evitar ser víctimas de las organizaciones delictivas dedicadas al robo de vehículos de transporte de personal y carga.

En el mercado existe una gran variedad de dispositivos de seguridad y antirrobo de tipo electromecánico (actúan sobre el sistema mecánico y eléctrico de vehículo) y electrónico (actúan sobre los módulos electrónicos de control y funcionamiento de los diferentes sistemas del vehículo); pero además se ha incrementado la necesidad de conocer en tiempo real la posición geográfica de la unidad automotora, con el fin de localizarla y recuperarla rápidamente.

En los últimos años se han efectuado algunos estudios de seguridad[4] que indican un marcado incremento del hurto y robo de vehículos particulares y de carga, tanto en los grandes centros urbanos como en la red de autopistas y carreteras de la región; por lo que la demanda de sistemas de seguridad integral para vehículos ha aumentado sensiblemente, requiriéndose no sólo la interrupción del acto delictivo y la localización del bien, sino también la identificación de los autores materiales del hecho con el objeto de combatir eficientemente las organizaciones dedicadas a este tipo de delitos.

## 2. OBJETIVOS

### *2.1 Objetivo General*

Diseñar e implementar un sistema de seguridad para vehículos automotores basado en la transmisión inalámbrica de datos de posicionamiento global (GPS) y audio bidireccional que permita el rastreo y ubicación desde un centro de control.

### *2.2 Objetivos Específicos*

- Investigar acerca de la red GSM para la transmisión de datos.
- Estudiar acerca de los modems *wavecom fastrack*, protocolo de transmisión y comandos AT para su programación.
- Investigar sobre el funcionamiento de los equipos de posicionamiento global GPS, audio, video y su protocolo de transmisión de datos.
- Configurar el módem *wavecom* para recibir información del GPS, audio bidireccional y enviar la información a una aplicación remota mediante la transmisión inalámbrica.

[4] *Apéndice S: Estudio Security Situation in Venezuela de ArmorGroup*

- Estudiar sobre el Software de localización MapX.

- Programar un microcontrolador PIC que permita actuar sobre el sistema eléctrico del vehículo.

- Diseñar e implementar un "botón de alarma" que permita activar desde el vehículo el canal de audio hacia el centro de control.

- Diseñar e implementar una aplicación cliente/servidor que cumpla las siguientes características:
    - Capturar en tiempo real información de posicionamiento global para el rastreo de la unidad vehicular.

    - Recibir y transmitir en tiempo real audio que permita el monitoreo de los ocupantes de la cabina del vehículo.

    - Ubicar el automóvil a través de las distintas capas de los mapas digitales del software MapX con la información obtenida del GPS.

    - Demostrar la posibilidad de apagar y/o intervenir otros sistemas eléctricos del vehículo desde el centro de control.

    - Almacenar la información del vehículo, su propietario, los datos de ubicación y audio obtenidos en el rastreo vehicular relacionados al tiempo del suceso.

## 3. LIMITACIONES Y ALCANCE

### *3.1 Limitaciones*

- La Tecnología GSM limita la prestación del servicio a las zonas de cobertura disponibles en el país.
- La imposibilidad de acceso a la tecnología GPRS del proveedor de servicios, por lo que se elimina la opción de transmisión simultánea de voz y datos en un solo canal e incrementa a dos el número de modems dentro de la unidad vehicular para realizar rastreos sin interrupción.

### *3.2 Alcance*

- El desarrollo de un dispositivo electrónico que integre el sistema de posicionamiento global(GPS), un mecanismo de audio bidireccional, un microcontrolador PIC y un modem *wavecom*.
- Programación del modem *wavecom* para transmitir la información de audio y posición geográfica del vehículo, y para recibir comandos de una aplicación cliente / servidor.
- Desarrollo de una aplicación para el centro de monitoreo, capaz de mostrar la posición de la unidad móvil por medio de las coordenadas recibidas del modem utilizando la herramienta MapX, establecer comunicación de audio bidireccional y enviar comandos hacia el vehículo para simular una acción sobre el sistema eléctrico para interrumpir su funcionamiento.

## 4. JUSTIFICACIÓN

Uno de los mayores problemas de seguridad que existen en la región latinoamericana, particularmente en Venezuela, es el hurto y robo de vehículos automotores, debido a que existen estructuras de crimen organizado especializadas en este tipo de delitos y en la posterior comercialización de dichos bienes o partes en el mercado ilícito.

En la actualidad los organismos de seguridad del estado, no han sido eficaces ni eficientes en el combate de este tipo de organizaciones delictivas. Esta afirmación está sustentada en los diferentes trabajos de investigación sobre la problemática de seguridad en Venezuela[5].

Por esta razón, surge la necesidad de desarrollar un sistema integral de seguridad que permita, no sólo la interrupción del acto delictivo y la localización del bien, sino también la identificación de los autores materiales del hecho, con el objeto de contribuir al combate de las organizaciones dedicadas a este tipo de delitos.

Viendo el problema desde el punto de vista del usuario, el requerimiento va más allá de una póliza de seguro contra todo riesgo, debido a que la recuperación del dinero invertido en el vehículos no es suficiente ni satisfactoria, porque el impacto de la perdida temporal de éste afecta su capacidad de trabajo durante el tiempo de reposición. Otra consideración se refiere a la flota de vehículos de carga que en la mayoría de los casos trasladan mercancías cuyo valor puede llegar a ser igual o superior al medio de transporte.

Es por esto que se hace necesario disponer de sistemas de seguridad integral que permitan el rastreo de vehículos de manera inalámbrica desde un centro de control, con la finalidad de capturar datos de posición geográfica en tiempo real y señales de audio bidireccional con la unidad móvil para poder localizarla y recuperarla de manera satisfactoria.

Estas fueron las razones que motivaron a diseñar e implementar un sistema integral con tecnología de punta, de alta disponibilidad comercial, que proporcione una respuesta adecuada a los requerimientos de seguridad de los propietarios de vehículos particulares y de carga, así como contribuir a la disminución de los índices estadísticos de delitos por hurto y robo de vehículos.

[5] *Apéndice S: Estudio Security Situation in Venezuela de ArmorGroup*

# CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

## 1. SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

### *1.1 Definición*

El Sistema de Posicionamiento Global es conocido simplemente como GPS *(Global Positioning System)*. Este proyecto fue diseñado para proveer a las unidades militares, aéreas, navales y terrestres de los Estados Unidos de América, de un sistema que les permitiera conocer su posición en todo momento y en cualquier lugar del mundo.

El sistema consiste en una constelación de 24 satélites, 21 satélites primarios y 3 de reserva, que orbitan circularmente a 20.000 Km. de la Tierra dando una vuelta cada 12 horas. Las señales de estos satélites proporcionan una posición tridimensional de alta precisión, de forma permanente y en cualquier lugar del mundo, que el receptor GPS decodifica y transforma en latitud, longitud, altitud, rumbos y rutas marítimas o terrestres y velocidad de vehículos en movimiento como barcos, aeronaves o automóviles, entre otros datos.

Las órbitas de los satélites forman una red que envuelve la esfera terrestre, de forma que desde cualquier punto de su superficie se puedan ver al menos 4 satélites, para obtener con precisión la posición geográfica y la altitud.

La posición tridimensional ("latitud, longitud, altitud"[6]), conocida como 3D, requiere cuatro satélites a la vista, mientras que la bidimensional (latitud y longitud), llamada 2D sólo necesita tres. La mayoría de los receptores GPS

[6] *Latitud: distancia angular, medida sobre un meridiano, entre la línea ecuatorial y el paralelo de una localización terrestre. Se mide en grados [8].*
*Longitud: expresa la distancia horizontal, paralela al ecuador, entre el Meridiano de Greenwich en Londres y un determinado punto de la Tierra. La longitud se mide en grados, minutos y segundos, entre 0 y 180 °, hacia el este o hacia el oeste [9].*
*Altitud: es la distancia vertical de un objeto respecto de un punto origen dado, considerado como nivel cero, para el que se suele tomar el nivel absoluto del mar [10].*

pueden recibir y procesar hasta ocho satélites simultáneamente, aunque la recepción de un mínimo de tres, permite la navegación terrestre o marítima, prácticamente las 24 horas del día en cualquier lugar de la Tierra.

*1.2 Historia* [18]

A comienzos de los años 60, la armada y la fuerza aérea norteamericanas decidieron crear un sistema de localización para su armamento, especialmente el nuclear. Este sistema debía ser muy preciso, estar disponible de manera continua, no verse afectado por las condiciones atmosféricas, funcionar en cualquier lugar del globo y de coste bajo.

Tras realizar inversiones multimillonarias, investigar diversos proyectos previos y diseñar los satélites que integrarían el sistema, en 1989 se lanzaron los primeros satélites que formaban el sistema. El lanzamiento de los satélites originales prosiguió hasta 1994, cuando se lanzó el 24º satélite del sistema. Estos primeros satélites fueron fabricados por la empresa norteamericana Rockwell.

Afortunadamente, el uso del GPS no es exclusivo de las fuerzas armadas norteamericanas. Tras un incidente internacional ocurrido en 1983, el entonces presidente de los EE.UU., Ronald Reagan, anunció que el GPS también estaría disponible para la comunidad civil internacional, si bien el sistema tendría una precisión inferior a la que gozaba el ejército norteamericano. En 2000, Bill Clinton eliminó esta restricción y actualmente se logran precisiones de hasta 15 metros en usos civiles. A pesar de ello, y dado que el sistema está bajo el control, entre otros, del Departamento de Defensa norteamericano, los receptores no pueden ser capaces de funcionar a más de 18.000 metros de altitud ni a más de 900 nudos (1.667 km/hora) de velocidad.

*1.3 Descripción del sistema* [4].

Para entender el sistema GPS se hace necesario conocer los tres elementos que lo forman; existen tres conjuntos de componentes denominados *segmentos:*

- *Segmento Espacial:*

El Segmento Espacial está constituido por los *satélites* que soportan el sistema y las *señales de radio* que emiten. Estos satélites conforman la llamada constelación NAVSTAR *(Navigation Satellite Timing and Ranking),* constituida por 21 satélites operativos más 3 de reserva, mantenidos por la fuerza aérea estadounidense.

Los 24 satélites NAVSTAR, circundan la tierra en órbitas a una altura alrededor de los 20.200 Km. de la superficie y distribuidos de tal manera que en cada punto de la superficie terrestre se tiene posibilidad de leer la señal de al menos cuatro satélites. Esto es muy importante, porque se necesitan al menos cuatro satélites para conocer la posición del observador, y que estos se dispongan con un ángulo de elevación sobre el horizonte superior a 15º.

**Fig1. Constelación NAVSTAR**
**Fuente: http://recursos.gabrielortiz.com/index.asp?Info=039**

Los satélites envían señales en la región de radio del espectro electromagnético. La señal en sí es muy compleja. Está formada por varios componentes que se estructuran sobre una señal principal con frecuencia de 10,23 MHz. A partir de esta señal principal y derivada de ella, se producen los

dos componentes principales de la señal: las portadoras (carriers). Estas portadoras se emiten en la banda L del espectro electromagnético (definida por el rango que va de los 390 MHz a los 1.550 MHz). La banda L del espectro electromagnético es la que presenta mejor transparencia atmosférica, lo cual es muy importante para la precisión del sistema.

Las dos frecuencias portadoras (carriers) son denominadas L1 (1.575,42 MHz) y L2 (1.227,60 MHz). El empleo de dos frecuencias distintas se debe a que la atmósfera proporciona un cierto retardo en la propagación de las ondas, siendo este retardo función de la frecuencia. Al utilizar dos frecuencias distintas se puede conocer ese retardo y compensarlo en consecuencia.

Sobre las dos portadoras se insertan por modulación varios códigos cifrados que rigen el funcionamiento del sistema. Estos códigos transportan en código binario la información necesaria para el cálculo de las posiciones. El más básico es el código C/A (Coarse/Acquisition), que va dentro de la señal L1 mediante modulación. Este código es leído por todos los receptores (incluidos los navegadores más sencillos). Otro código modulado sobre el conjunto de la L1 y la L2 es el denominado P (Precise), que permite un incremento muy notable en la precisión del sistema y en la velocidad de medición. En función del número de satélites observables que un receptor es capaz de leer y analizar va el precio del mismo.

- *Segmento de control:*

El segmento de control son todas las instalaciones en tierra necesarias para el control de la constelación de satélites, mantenidas por la fuerza aérea estadounidense. Consisten en cinco grupos de instalaciones posicionadas convenientemente por encima y por debajo de la línea ecuatorial de la tierra (Fig2), para tener el control de toda la constelación de satélites.

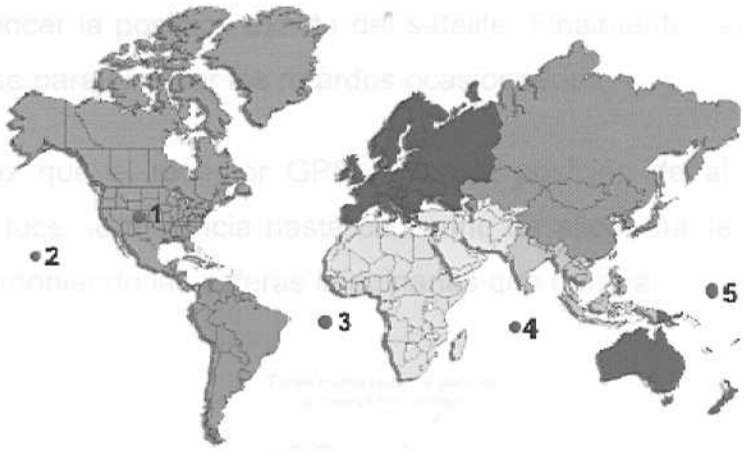


**Fig2. Segmentos de control en el planeta**
**Fuente: http://recursos.gabrielortiz.com/index.asp?Info=039**

- *Segmento del usuario:*

El segmento del usuario está constituido por el hardware (equipos de recepción) y el software que se utilizan para captar y procesar las señales de los satélites. Este es el segmento de interacción entre el sistema GPS y el usuario.

*1.4 Funcionamiento* [18]:

El funcionamiento de los GPS se resume en cinco pasos.

*Paso1: Trilateración*

El sistema GPS está formado por 24 satélites y cinco estaciones terrestres, además del receptor del usuario. Estos satélites, a partir de la información incluida en ellos y la que reciben de las estaciones, generan una señal que transmiten a los receptores. Una vez los receptores reciben esta señal, calculan la posición.

La base para determinar la posición de un receptor GPS es la *trilateración* a partir de la referencia proporcionada por los satélites en el espacio. Para llevar a cabo este proceso, el receptor GPS calcula la distancia hasta el satélite midiendo el tiempo que tarda la señal en llegar hasta él. Para ello, el GPS necesita un sistema muy preciso para medir el tiempo. Además, es

necesario conocer la posición exacta del satélite. Finalmente, la señal recibida debe corregirse para eliminar los retardos ocasionados.

Una vez que el receptor GPS recibe la posición de al menos cuatro satélites y conoce su distancia hasta cada uno de ellos, puede determinar su posición superponiendo las esferas imaginarias que generan.

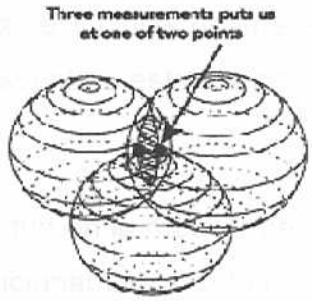


**Fig3. Esferas imaginarias en la trilateración**
**Fuente: http://www.elgps.com/documentos/comofuncionagps/comofuncionagps.html**

*Paso2: Cálculo de distancias.*

¿Cómo mide el receptor GPS el tiempo que tardan las señales en llegar hasta él? Se sabe que la distancia resulta de multiplicar la velocidad por el tiempo (100 Km/h x 3 horas = 300 Km.). Dado que en el GPS se esta midiendo señales de radio, la velocidad que se emplea en los cálculos es la de la luz, es decir, 300.000 Km/s. Ahora el problema se reduce a conocer la duración del viaje que realiza esta señal.

Para entender cómo el receptor del GPS mide el tiempo, es necesario sincronizar simultáneamente el receptor y el satélite. Una vez sincronizados, se acuerda que a partir de un instante determinado empiezan a realizar una cuenta (1, 2, 3...). Cuando la señal procedente del satélite llega al receptor, esta llega con un cierto desfase como consecuencia de la distancia. Al receptor sólo le basta medir este desfase (podría ocurrir que la señal con la cuenta 100 llegue al receptor cuando éste va por la cuenta 170, lo cual representaría un desfase de 70). Una vez ha calculado este desfase, sólo se tiene que multiplicar el tiempo

desfasado por la velocidad de la luz. Para realizar esta sincronización y esta cuenta, los emisores y los receptores del GPS utilizan un método denominado "Pseudo-Random Code" (código seudoaleatorio) o PRC.

El código PRC es un elemento fundamental del GPS. Se trata de una señal digital ("0" y "1") muy complicada que casi parece aleatoria, de ahí su nombre. Este código se transmite empleando una señal transportadora a una frecuencia de 1.575,42 MHz, e incluye un mensaje de estado (posición del satélite, correcciones horarias y otros estados del sistema).

*Paso3: Sincronización*

La precisión y la exactitud en la medida de la distancia a los satélites son cruciales para el perfecto funcionamiento del GPS. Para ello, se debe disponer de relojes muy precisos, ya que una milésima de segundo a la velocidad de la luz puede suponer un error de 300 Km. Para los satélites esto no supone un problema ya que cada uno de ellos dispone de un reloj atómico en su interior.

Lamentablemente, dado el coste y el tamaño, es imposible disponer de un reloj atómico en un receptor. Para solucionar este problema, los ingenieros que desarrollaron el GPS tuvieron la brillante idea simular un "reloj atómico" mediante la recepción de la señal de un satélite extra. La recepción de una señal extra permite que el receptor pueda calcular los errores producidos en la medición y comparación del tiempo y compensarlos, de ahí la necesidad de emplear cuatro satélites para la medición de nuestra posición, en lugar de tres como sería de esperar en un sistema tridimensional.

*Paso4: Posiciones de los satélites*

Dado que en el espacio no hay atmósfera, podemos introducir satélites en órbitas invariables que seguirán modelos matemáticos previamente calculados. De este modo, siempre se puede conocer la posición de cada uno de los satélites en un momento dado. Para ello, los receptores GPS disponen

de unos *almanaques*[7] programados que indican en qué lugar del espacio se encuentran los satélites en cada momento.

A pesar de que estas órbitas son suficientemente exactas, las estaciones de tierra comprueban constantemente sus posiciones. Para ello emplean radares muy precisos que permiten medir la posición y velocidad exactas, y calculan los posibles errores. Estos se denominan *errores de efemérides* ya que afectan a la órbita de los satélites o *efemérides*[8].

Los errores se producen como consecuencia del efecto de las atracciones gravitacionales de la Luna y el Sol o por la presión de la radiación solar en los satélites; estos son mínimos, sin embargo son corregidos para mantener la precisión del sistema.

*Paso5: Corrección de errores.*

A pesar de todas las correcciones realizadas hasta el momento, aún queda una serie de errores por corregir, como consecuencia de condiciones atmosféricas, desfases de los relojes atómicos o desvío en las trayectorias. Estos errores son corregidos mediante métodos basados en modelos matemáticos y mediciones duales de frecuencias.

---

[7] *Almanaques: Información enviada de forma periódica por los satélites de la constelación, informando sobre ellos mismos y el resto de satélites miembros del sistema [18].*

[8] *Efemérides: Información enviada por los satélites, dando la posición precisa de los mismos. Esta información sí cambia frecuentemente, siendo actualizada por las estaciones de seguimiento de la Tierra. Los parámetros orbitales de los satélites se van actualizando a medida que su movimiento se ve alterado [18].*

## 2. GARMIN – GPS 15L

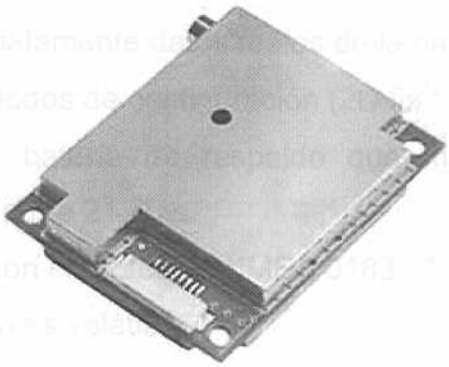

**Fig4. GPS 15L - GARMIN**
**Fuente: http://www.garmin.com/products/gps15h/**

El GPS 15L es parte de la última generación de las tarjetas receptoras del GPS Garmin, diseñado por un amplio sistema de aplicaciones OEM[9]. Esta unidad posee un receptor de 12 canales que le dan la capacidad de rastrear hasta 12 satélites simultáneamente, suministrando posiciones geográficas en tiempos muy breves, con actualizaciones de navegación de un segundo y bajo consumo de energía. Las características más importantes son las siguientes:

- Capacidad WAAS[10], la cual permite suministrar la posición con una precisión de menos de 3 metros sin el uso de un receptor diferencial exterior DGPS. También ofrecen un funcionamiento excelente EMI/RFI[11] para una integración más fácil dentro del sistema que funcionen cerca de equipos móviles y equipos de comunicación sin cable. Disponible en configuración alta y baja de voltaje, el GPS 15L se pueden adaptar a una aplicación individual.
- Diseño compacto ideal para aplicaciones con poco espacio.

[9] *OEM: Empresas o personas que adquieren dispositivos al por mayor para ensamblar computadoras o equipos de forma personalizada que presentan con su propio nombre.*
[10] *WAAS: Wide Area Augmentation System. Sistema de corrección de señales GPS.*
[11] *EMI/RFI: Interferencia de emisiones electromagnéticas / interferencia de radio frecuencia.*

- La información recibida puede ser exhibida en un GPS de mano o en una PC.
- No requiere ser inicializado. Una vez instalado y acomodado se obtiene inmediatamente datos reales de la navegación.
- Permite dos modos de configuración (2D fix[12] y 3D fix[13]).
- Contiene una batería de respaldo que mantiene información en tiempo real durante 21 días.
- Se configura con el protocolo NMEA 0183. [14]
- Su memoria no es volátil.

## 3. SISTEMA GLOBAL PARA COMUNICACIONES MOVILES (GSM) [21]

### *3.1 Historia*

Es un sistema móvil terrestre público paneuropeo, desarrollado en Europa, llamado Groupe Spécial Mobile (GSM). Actualmente el sistema funciona como un Sistema Global para Telecomunicaciones Móviles (Global System for Mobile telecommunications - GSM), adoptado por un número creciente de países a nivel mundial.

### *3.2 Sistemas Celulares*

Un sistema celular es un sistema de comunicaciones de telefonía inalámbrica basado en varios niveles de celdas, constituidas por un transmisor de gran potencia (celda grande) con muchos transmisores de baja potencia (celdas pequeñas), cada una proporcionando cobertura a una pequeña porción del área de servicio. A cada estación base se le asigna una porción del número total de canales disponibles en el sistema completo, y a las estaciones bases cercanas se les asignan diferentes grupos de canales de forma que los canales disponibles son asignados en un número relativamente pequeño de estaciones

[12] *2D Fix: permite obtener posiciones en el espacio tridimensional. Pero para ello se requiere tres satélites y un reloj local extremadamente preciso (un reloj atómico )[20].*
[13] *3D Fix: Con cuatro o más satélites se puede proporcionar una posición tridimensional precisa que el modo 2D [20].*
[14] *Apéndice P: Sentencias recibidas en protocolo NMEA 0183*

base vecinas. A las estaciones base vecinas se les asignan diferentes grupos de canales de forma que las interferencias entre las estaciones base (y entre los usuarios móviles bajo su control) se reducen. Espaciando sistemáticamente las estaciones base y sus grupos de canales a través de canales disponibles variables que distribuyen en la región asignada y pueden ser reutilizados tantas veces como sea necesario, siempre que la interferencia entre estaciones con el mismo canal se mantengan por debajo de unos niveles aceptables.

Conforme crece la demanda de servicios, se debe incrementar el número de estaciones base, proporcionando una capacidad de radio adicional sin incremento del espectro de radio. Este principio es el fundamento de todos los modernos sistemas de comunicaciones inalámbricos, y en particular de GSM.

### *3.2.1 Estrategia para la asignación de canales.*

Para la utilización eficiente del espectro de radio, se requiere un sistema de reutilización de frecuencias que aumente la capacidad y minimice las interferencias. Se han desarrollado una gran variedad de estrategias de asignación de canales para llevar a cabo estos objetivos. Las estrategias de asignación de canales se pueden clasificar en fijas o dinámicas. La elección de la estrategia de asignación de canales va a imponer las características del sistema, particularmente, en cómo se gestionan las llamadas cuando un usuario pasa de una celda a otra (handover).

En una estrategia de asignación de canales fija, a cada celda se le asigna un conjunto predeterminado de canales. Cualquier llamada producida dentro de la celda, sólo puede ser servida por los canales disponibles dentro de esa celda en particular. Si todos los canales de esa celda están ocupados, la llamada se bloquea y el usuario no recibe servicio. Existen algunas variantes de ésta estrategia, una de ellas permite que una celda vecina le preste canales si tiene todos sus canales ocupados. El Centro de Conmutación Móvil ("Mobile Switching Center" ó MSC) supervisa que estos mecanismos de préstamo de

canales no interfieran ninguna de las llamadas en progreso de la celda donadora.

En una estrategia de asignación de canales dinámica, los canales no se colocan en diferentes celdas permanentemente. En su lugar, cada vez que se produce un requerimiento de llamada la estación base servidora pide un canal al MSC. Éste coloca un canal en la celda que lo pidió siguiendo un algoritmo que tiene en cuenta diversos factores como son la frecuencia del canal a pasar, su distancia de reutilización, y otras funciones de coste.

### 3.2.2 *Gestión de la interfaz de radio*

Dado que el número de canales de radio es mucho menor que el número total de usuarios potenciales, los canales bidireccionales sólo se asignan si se necesitan. Esta es la principal diferencia con la telefonía estándar, donde cada terminal está continuamente unido a un conmutador haya o no llamada en progreso.

En una red móvil como GSM, los canales de radio se asignan dinámicamente. En GSM, así como en otros sistemas de telefonía celular, el usuario que está en espera permanece atento a las posibles llamadas que se puedan producir escuchando un canal específico. Este canal transporta mensajes, llamados mensajes de búsqueda *(paging messages);* su función es la de advertir que un usuario móvil está siendo llamado. Este mensaje es enviado a todas las celdas, y el problema de la red es determinar desde cual celda llamar a un móvil cuando sea requerido.

El establecimiento de cualquier llamada, ya sea el móvil origen o destino de la llamada, requiere medios específicos por los cuales la estación móvil pueda acceder al sistema para obtener un canal. En GSM, este procedimiento de acceso se realiza sobre un canal específico del móvil a la base. Este canal, que envía además de otra información, los mensajes de búsqueda, es conocido en GSM como canal común dado que lleva información hacia y desde el móvil al mismo tiempo. Los canales asignados durante un lapso de tiempo a un móvil

se les llaman canales dedicados. Con base en esta distinción se pueden definir dos macro-estados:

- *Modo desocupado ("idle"),* en el que el móvil escucha; la estación móvil no tiene ningún canal para sí misma.
- *Modo dedicado*, en el que se asigna un canal bidireccional a la estación móvil para sus necesidades de comunicación, permitiéndole a esta, intercambiar información punto a punto en forma bidereccional.

El procedimiento de acceso es una función particular que permite a la estación móvil alcanzar el modo dedicado desde el "idle".

*3.2.3 Consecuencias de la movilidad*

- *Gestión de la localización*

La movilidad de los usuarios en un sistema celular es la mayor diferencia respecto a los sistemas de telefonía fija, en particular con las llamadas recibidas. Una red puede encaminar una llamada hacia un usuario fijo simplemente sabiendo su dirección de red (ej. el número de teléfono), dado que el conmutador local, al cual se conecta directamente la línea del abonado, es dedicado. Sin embargo, en un sistema celular la celda en la que se debe establecer el contacto con el usuario cambia cuando éste se mueve. Para recibir llamadas, primero se debe localizar al usuario móvil, y después el sistema debe determinar en qué celda está actualmente.

En la práctica se usan tres métodos diferentes para tener este conocimiento. En el *primer método*, la estación móvil indica cada cambio de celda a la red. Se le llama actualización sistemática de la localización al nivel de celda. Cuando llega una llamada, se necesita enviar un mensaje de búsqueda sólo a la celda donde está el móvil, ya que ésta es conocida. Un *segundo método* sería enviar un mensaje de búsqueda (*paging message*) a todas las celdas de la red cuando llega una llamada, evitándose la necesidad de que el

móvil esté continuamente avisando a la red de su posición. El *tercer método* es un compromiso entre los dos primeros introduciendo el concepto de área de localización, la cual es un grupo de celdas, cada una de ellas pertenecientes a un área de localización simple. La identidad del área de localización a la que una celda pertenece se les envía a través de un canal de difusión ("broadcast"), permitiendo a las estaciones móviles saber el área de localización en la que están en cada momento. Cuando una estación móvil cambia de celda, se pueden dar dos casos: a) ambas celdas están en la misma área de localización, la estación móvil no envía ninguna información a la red, b) las celdas pertenecen a diferentes áreas de localización, la estación móvil informa a la red de su cambio de área de localización.

Cuando llega una llamada solamente se necesita enviar un mensaje a aquellas celdas que pertenecen al área de localización que se actualizó la última vez. Este es el método utilizado por GSM.

- *Handover (función de traspaso)*

Es el proceso de transferencia automática de una comunicación (de voz o datos) en progreso de una celda a otra para evitar los efectos adversos de los movimientos del usuario. Este proceso requiere de algunos medios para detectar la necesidad de cambiar de celda mientras se está en el modo dedicado (preparación del handover), y posteriormente se requiere los medios para conmutar una comunicación de un canal en una celda dada a otro canal en otra celda, sin que el usuario detecte alguna variación en su comunicación.

### 3.3 *Arquitectura GSM*

En la red móvil GSM, representada en Fig5, se identifican los siguientes subsistemas: la *Estación Móvil* ("Mobile Station" ó MS) y el *subsistema de la estación base* ("Base Station Subsystem" ó BSS). El *Subsistema de Red* ("Network Switching Subsystem" ó NSS) debe gestionar las comunicaciones y conectar las estaciones móviles a otro tipo de redes (como puede ser la PTSN[15]), o a otras estaciones móviles. Además se tiene el *Centro de Operaciones y Mantenimiento* ("Operation and Sevice Subsystem" u OSS). Las MS, BSS y la NSS forman la parte operacional del sistema, mientras que el OSS proporciona los medios para que el operador los controle.

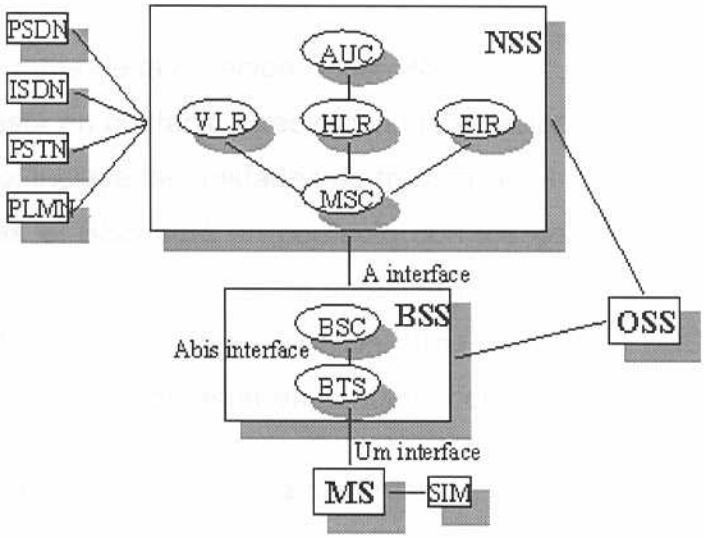


**Fig5.Arquitectura de la red GSM**
**Fuente: http://www.cs.ucl.ac.uk/staff/t.pagtzis/wireless/gsm/arch.html**

[15] *PTSN: Public Telephone Switched Network*

### *3.3.1 La Estación Móvil (MS)*

La estación móvil es el único componente del sistema de interacción con el usuario. Una estación móvil además de permitir el acceso a la red a través de la interfaz de radio con funciones de procesado de señales y de radio frecuencia, debe ofrecer también una interfaz amigable al usuario.

El Módulo de Identificación del Abonado ("Suscriber Identity Module" ó SIM), es básicamente una tarjeta, que contiene toda la información relacionada con el abonado almacenado en la parte del usuario de la interfaz de radio. Sus funciones, además de la capacidad de almacenar información, están relacionadas con el área de la confidencialidad de datos del usuario y sus comunicaciones.

### *3.3.2 El Subsistema de la Estación Base (BSS)*

El BSS está en contacto directo con las estaciones móviles a través de la interfaz de radio, incluye las unidades de transmisión/recepción de radio y de su gestión. Además el BSS está en contacto con los conmutadores del NSS. La misión del BSS se puede resumir en conectar la estación móvil y el NSS, y por lo tanto, conecta al usuario del móvil con otros usuarios. El BSS tiene que ser controlado, y por tanto debe estar en contacto con el OSS.

De acuerdo con la estructura canónica de GSM, el BSS incluye dos tipos de unidades:

- El BTS ("Base Transceiver Station" ó Transceptor de la Estación Base), en contacto con las estaciones móviles a través de la interfaz de radio.
- El BSC ("Base Station Controller" ó Controlador de la Estación Base), en contacto con los conmutadores del NSS.

Un BTS lleva los dispositivos de transmisión y recepción por radio, incluyendo las antenas, y también el software para el procesamiento de señales específicas a la interfaz de radio.

El BSC está encargado de toda la gestión de la interfaz de radio a través de comandos remotos sobre el BTS y la MS, principalmente, la gestión de la localización de los canales de tráfico y de la gestión del "handover". El BSC está conectado por un lado a varios BTSs y por otro al NSS (más específicamente a un MSC).

Un BSC es en definitiva un pequeño conmutador con una gran capacidad de cómputo. Sus funciones principales, como ya hemos dicho son la gestión de los canales de radio y de los handovers. Un BSC típico consiste en uno o dos armarios, y puede gestionar hasta algunas decenas de BTSs, dependiendo de su capacidad de tráfico.

El concepto de la interfaz entre el BSC y el MSC (NSS) se le conoce como interfaz A, y se introdujo al principio de la elaboración del Estándar GSM. Solamente después se decidió estandarizar también la interfaz entre el BTS y el BSC, y se le llamó interfaz Abis.

### *3.3.3 El Subsistema de Red (NSS)*

La función principal del NSS es gestionar las comunicaciones entre los usuarios GSM y los usuarios de otras redes de telecomunicaciones. Dentro del NSS, las funciones básicas de conmutación están realizadas por el MSC (Centro de Conmutación de servicios Móviles), cuya función principal es coordinar el establecimiento de llamadas hacia y desde los usuarios GSM. El MSC tiene interfaces con el BSS por un lado (a través del cual está en contacto con los usuarios GSM), y con redes externas por el otro. La interfaz con las redes externas requiere un "gateway" para la adaptación (Funciones de "Interworking"). El NSS incluye las bases de datos.

La información del abonado relativa al suministro de los servicios de telecomunicación está situada en el Registro de Posiciones Base ("Home Location Register" ó HLR), independientemente de la posición actual del abonado. El HLR también incluye alguna información relacionada con la posición actual del abonado. Como una máquina física, un HLR es típicamente

una computadora independiente, sin capacidades de conmutación, que maneja a cientos o miles de abonados. Una subdivisión funcional del HLR es el Centro de Autenticación ("Authentication Center" ó AuC), cuya función se limita a la gestión de la seguridad de los datos de los abonados.

La segunda función de bases de datos identificada en GSM es el VLR (Registro de Posiciones Visitado), asociado a uno o más MSCs, y encargado del almacenamiento temporal de los datos para aquellos abonados situados en el área de servicio del correspondiente MSC, así como de mantener los datos de su posición de una forma más precisa que el MSC.

## 4 MODEM WAVECOM FASTRACK

**Fig6. Modem wavecom fastrack**
**Fuente: http://www.multiradio.com/Soluciones/wavecom.asp**

El modem *wavecom fastrack* es una unidad que permite la transmisión y recepción en casi cualquier ambiente; es pequeño, rápido y eficiente. Éste soporta la transmisión de dato, fax, SMS (punto a punto y en broadcast) y llamadas de voz. El módem *wavecom* fastrack tiene una banda dual que funciona con GSM 900/1800 MHz o GSM 900/1900 MHz y es GPRS clase 2. A continuación se presenta una tabla con las características del módem:

| MODO | DESCRIPCIÓN |
|---|---|
| **Audio** | Half Rate / Full Rate / Enhanced Full Rate |
| **Estándar** | Dual Band Extended GSM900 MHz Class 4 (2W) and GSM 1800/1900 MHz Class 1 (1W) |
| **Interfaz** | Serial interface RS232 V.24/V.28 Autobauding function AT command set based on V.25ter and GSM07.05 & 07.07 |
| **SMS** | Mobile Originated (MO) and Mobile Terminated (MT) Mode Text & PDU point to point.<br>Cell Broadcast<br>In accordance with GSM 07.05 |
| **Data** | Asynchronous 2400, 4800, 9600 and 14400 bps.<br>Transparent and Non Transparent mode<br>In Non Transparent Mode only: 300, 1200, 1200/75 bauds/<br>Mode 3.1 KHz (PSTN) and V110 (ISDN) |
| **Fax** | 2400/4800/7200/9600 bps<br>GSM teleservice 62 in transparent mode<br>Class 2<br>Group 3 compatible |
| **GPRS** | Class 2<br>Coding schemes: CS1 to CS4<br>Compliant with SMG31bis |

**Tabla1.Características generales del modem wavecom fastrack**
**Fuente: Guía Fastrack**

# CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

## 1. MODELO INCREMENTAL

### *1.1 Definición de metodología*

La metodología, se define como una ciencia o teoría sobre los métodos para el conocimiento científico de la realidad y para la transformación de la misma. Es el enfoque de un problema de manera total, organizada, sistemática y disciplinada.

Una metodología está compuesta por un conjunto de pasos que siguen en una investigación científica o en una exposición doctrinal. Es un enfoque particular, fundado en ciertos principios generales de orden filosófico: es un modo de comprender la realidad.

### *1.2 Descripción del modelo incremental*

La metodología utilizada en el desarrollo de la aplicación fue el *modelo incremental,* su principal característica se basa en la obtención de productos que por lo general no se encuentran enlazados. Se recomienda esta metodología para proyectos de gran alcance con probabilidad alta de riesgos. De la misma manera permite realizar correcciones necesarias en cada incremento, con la finalidad de no afectar las siguientes fases o etapas del modelo.

El modelo incremental está compuesto por el modelo en cascada dinámico, seleccionado para el desarrollo del hardware y el modelo en espiral que permite generar documentos, diagramas y prototipos, que se van refinando con las iteraciones realizadas.

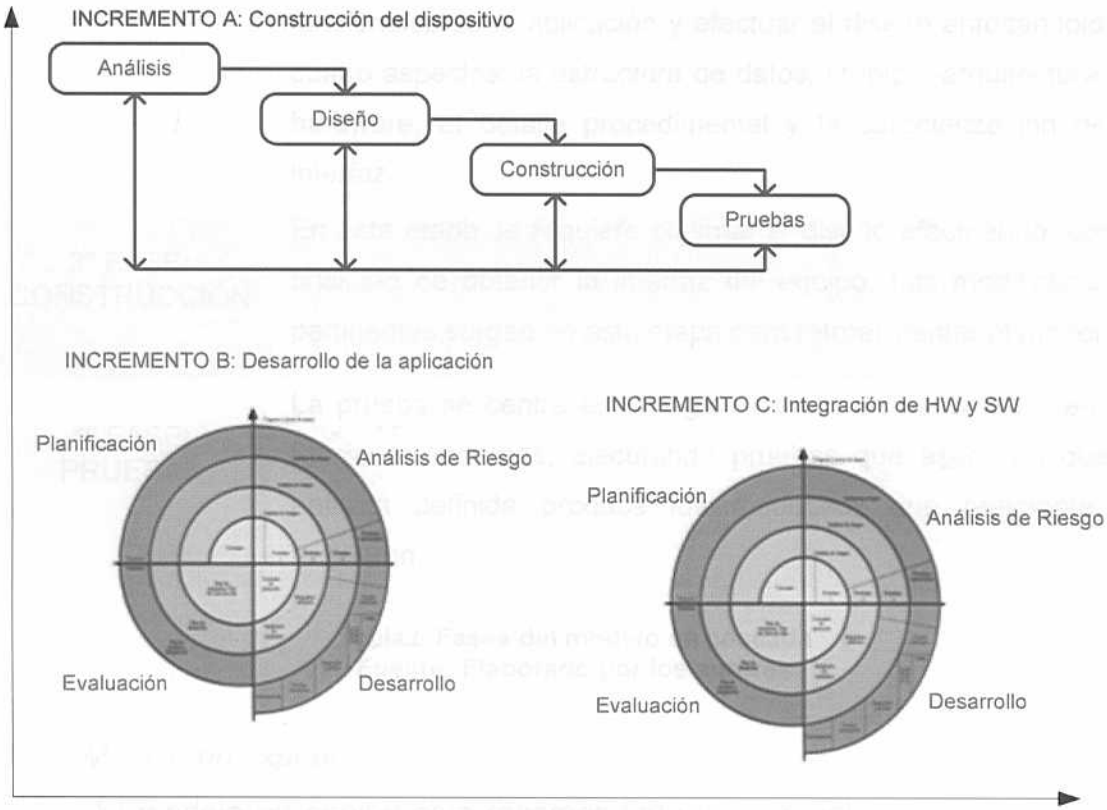


**Fig7. Modelo de la metodología de desarrollo**
**Fuente: Elaborado por los autores**

### *1.2.1 Modelo en cascada*

El modelo en cascada dinámico fue elegido para el desarrollo del hardware, está diseñado para permitir retroalimentación. Cada fase tiene un conjunto de objetivos bien definidos o controlados, lo que permite planificar eficientemente un proyecto antes de comenzar su desarrollo.

El modelo en cascada está compuesto por las siguientes fases:

| | |
|---|---|
| 1º FASE: ANALISIS | En esta etapa se efectúa el levantamiento de la información requerida, se establece el alcance del proyecto, se determinan las características principales de proyecto así como los requerimientos funcionales y no funcionales. |
| 2º FASE: DISEÑO | Una vez consignada toda la documentación bibliográfica se procede a concluir con los requerimientos funcionales y no |

| | |
|---|---|
| | funcionales de la aplicación y efectuar el diseño enfocándolo en cuatro aspectos: la estructura de datos, la micro-arquitectura del hardware, el detalle procedimental y la caracterización de la interfaz |
| 3º FASE: CONSTRUCCIÓN | En esta etapa se requiere plasmar el diseño efectuando, con la finalidad de obtener la interfaz del equipo. Las modificaciones pertinentes surgen en esta etapa para retroalimentar el modelo. |
| 4º FASE: PRUEBAS | La prueba se centra en la lógica interna de hardware y en las funciones externas, ejecutando pruebas que aseguren que la entrada definida produce los resultados que realmente se requieren. |

**Tabla2. Fases del modelo en cascada**
**Fuente: Elaborado por los autores**

*1.2.2 Modelo en espiral*

El modelo en espiral está recomendado para aquellos proyectos donde no es suficiente una sola evaluación del prototipo para reducir la probabilidad de riesgos. El producto final se logra a través de una sucesión de prototipos que progresan hasta resolver todos los requerimientos del sistema. Este modelo se acopla con el desarrollo en paralelo del hardware, el cual puede imponer cambios en la medida en que se sucede el análisis.

El modelo en espiral está compuesto por las siguientes fases:

| | |
|---|---|
| 1º FASE: PLANIFICACION | Esta fase se caracteriza por la determinación de objetivos de la iteración, el alcance, la definición de recursos y el tiempo. Se trabajan los documentos de requerimientos funcionales y no funcionales del sistema, los diagramas de casos de usos y los diagramas de actividades |
| 2º FASE: ANALISIS DE RIEGOS | Se efectúa el análisis de las alternativas que son catalogadas de riesgosas para el proyecto y se formulan estrategias para su resolución. |

| | |
|---|---|
| | Esta etapa es imprescindible para llevar a cabo una buena integración hardware-software. |
| 3º FASE: DESARROLLO | Se ejecutan las tareas necesarias para construir, probar, instalar un prototipo que a través de las iteraciones, va adquiriendo las características del producto final. |
| 4º FASE: EVALUACIÓN | Es la valoración de los resultados de la ingeniería, también se decide la continuación del desarrollo o detenerlo por exceso de riesgos. |

**Tabla3. Fases del modelo en espiral**
**Fuente: Elaborado por los autores**

# CAPITULO IV: DESARROLLO

El desarrollo del sistema se dividió en dos partes: el *Centro de Rastreo Vehicular* (C.R.V.) y el *Dispositivo de Rastreo Vehicular* (D.R.V). La primera de ella está conformada por un sistema distribuido que interconecta, a través de una red de área local una estación servidor, que contiene la base de datos y la aplicación denominada Sistema de Procesamiento Remoto (S.P.R.), y la estación de rastreo, que contiene la aplicación denominada Sistema de Seguridad Vehicular (S.S.V.) junto con el equipo para transmisión de audio que se acopla a la entrada de la tarjeta de sonido. Ambas estaciones poseen un módem GSM conectado a sus puertos seriales, y utilizan el protocolo RS232 para comunicarse con sus respectivas aplicaciones.

El D.R.V. que conforma la segunda parte del sistema, consta de dos modems GSM. Uno conectado al dispositivo de GPS; y el otro conectado al equipo para captura de audio en la cabina, al circuito para intervención de funciones eléctricas y al botón de alarma, que son alimentados por una batería de 12V. Ambas partes del sistema se integran a través de la plataforma GSM, que permite la comunicación entre los modems que lo conforman. El siguiente diagrama muestra la arquitectura general del sistema.

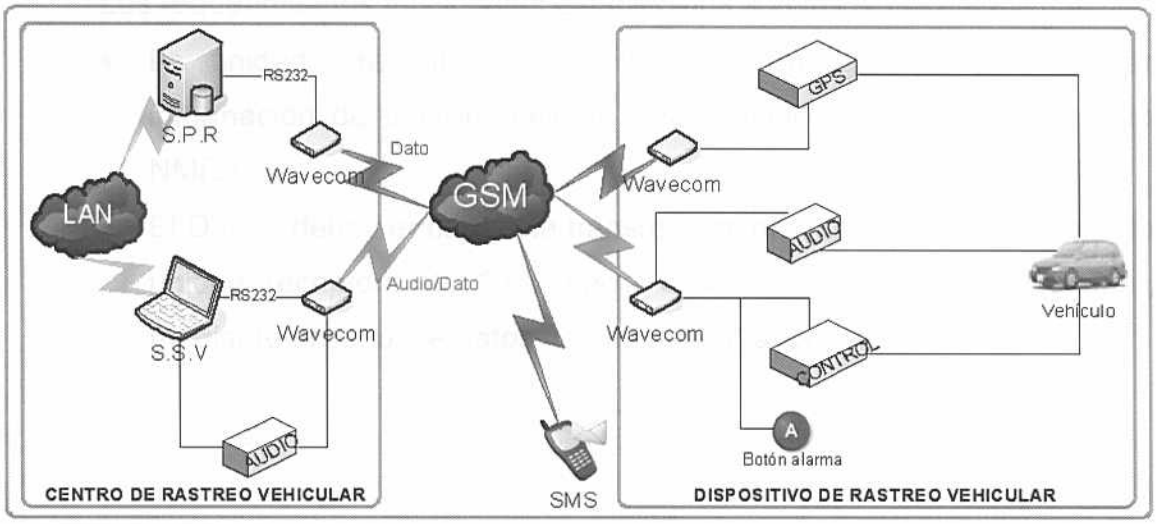


**Fig8. Arquitectura del Sistema**
**Fuente: Elaborado por los autores**

# 1. DESARROLLO DEL DISPOSITIVO DE RASTREO VEHICULAR (D.R.V.)[16]

## *1.1 Análisis*

El D.R.V. está conformado por dos modems GSM *wavecom fastrack*, una unidad receptora GPS "Garmin 15H", un circuito para intervención de funciones eléctricas del vehículo, un dispositivo receptor de audio y un botón de alarma alimentados por una fuente de 12V.

El análisis para el desarrollo de este dispositivo, se realizó mediante la investigación documental que abarcó principalmente los comandos AT, el protocolo NMEA, el Lenguaje Ensamblador y la interfaz RS232; lo cual permitió conocer las particularidades de cada uno de ellos y establecer el alcance de dicho dispositivo.

Para llevar a cabo esta investigación se hizo uso de libros, manuales, material de Internet, revistas de electrónica y otros trabajos de grado existentes. Como resultado del análisis de la información recopilada, se lograron establecer los requerimientos funcionales y no funcionales del D.R.V.

Los requerimientos funcionales establecidos son los siguientes:

- La unidad receptora de GPS debe configurarse para enviar información de posicionamiento del vehículo utilizando el protocolo NMEA.
- El D.R.V. debe ser capaz de transmitir la información capturada por la unidad receptora de GPS hacia el Centro de Rastreo Vehicular, mediante el canal de datos del módem "Wavecom Fastrack".

[16] Para el desarrollo del D.R.V. se contó con la ayuda de técnicos especializados en las áreas de Electrónica y Telecomunicaciones, quienes formaron parte del equipo para esta fase del proyecto, a través de la asesoría técnica suministrada para la elaboración de los circuitos electrónicos.

- El D.R.V. debe capturar el audio de la cabina del vehículo y transmitirlo a través del canal de voz del modem "Wavecom Fastrack" hacia el Centro de Rastreo Vehicular.
- El dispositivo debe interpretar un comando enviado desde el C.R.V. para intervenir funciones eléctricas del vehículo, utilizando el canal de datos del modem "Wavecom Fastrack".
- El dispositivo debe activar una llamada de alarma hacia el C.R.V. mediante la utilización del "Botón de Alarma".

Como requerimientos no funcionales se establecen los siguientes:

- El D.R.V. debe tener alimentación eléctrica redundante, constituida por la batería del vehículo (fuente principal) y por un banco de baterías de respaldo (autónomo) en caso de falla de la batería principal, o interrupción voluntaria del circuito eléctrico del vehículo.
- El dispositivo debe mantener un módem "Wavecom Fastrack" dedicado a la unidad receptora de GPS, para permitir la ubicación del vehículo sin interrupciones.
- El Centro de Rastreo Vehicular activa la comunicación con el dispositivo a través de los canales dedicados de audio y data con sus aplicaciones.
- El dispositivo debe permitir la activación de comunicación de audio con el C.R.V. en caso de alarma.

### *1.2 Diseño*

Luego de establecer los requerimientos del Dispositivo de Rastreo Vehicular, se inició la etapa de diseño que estuvo divida en tres fases:

#### *1.2.1 Diseño de Datos*

El D.R.V. debe tener la capacidad para manejar los datos de posición generados por el GPS, así como también interpretar los comandos que envíe el

C.R.V. en caso de intervención de las funciones eléctricas del vehículo. Este dispositivo no requiere almacenar datos referentes a la posición del vehículo, ni el audio capturado por el micrófono de la cabina, ya que estas son funciones del C.R.V. las cuales se manejaran a través de las aplicaciones de software desarrolladas que serán explicadas más adelante. Para la intervención de las funciones eléctricas del vehículo, se requiere transformar los datos recibidos por el módem desde el puerto serial, a una salida en puerto paralelo.

### *1.2.2 Diseño Arquitectónico*

El D.R.V. consta de dos componentes principales:

- El módulo de posicionamiento del vehículo, conformado por un modem "Wavecom Fastrack" que se conecta a la unidad receptora de GPS a través de su puerto serial.
- El módulo de control, conformado por un modem "Wavecom Fastrack", un canal de audio con un micrófono y un botón de activación (Botón de Alarma), y un canal de control cuyo componente principal es un "PIC 16F84" que se comporta como transductor de la señal de control y efectúa la conversión Serie-Paralelo. La integración se hace a través del conector DB-15 del modem.

La comunicación del Dispositivo de Rastreo Vehicular con el Centro de Rastreo Vehicular se lleva a cabo a través de los modems GSM, ubicados en ambos nodos del sistema. Los dispositivos contenidos en el D.R.V. se sincronizan mediante los protocolos anteriormente mencionados en el análisis, para poder transmitir los datos por la red GSM.

### *1.2.3 Diseño Procedimental*

El dispositivo cuenta con dos formas de operación, la primera consiste en el envío continuo de las coordenadas de posicionamiento global del automóvil hacia el C.R.V., una vez activado el enlace para rastreo y la otra forma permite

comunicación de voz en caso de alarma a través del botón de alarma, y la recepción de comandos para intervenir el sistema eléctrico del vehículo.

La operación de envío de coordenadas de posicionamiento global, se activa desde el C.R.V, que mantiene una secuencia de chequeo continua de todos los canales de enlace con los D.R.V. asignados. Esto permite mantener actualizada la posición del vehículo independientemente de su estado. Para ello el modem y el dispositivo de GPS deben estar debidamente configurados para transmitir a una velocidad de 9600 bps.

La segunda forma de operación está vinculada con el otro modem, el cual puede realizar dos funciones: la función audio, que se activa mediante el "Botón de Alarma" conectado al modem y configurado por comandos AT[17] . Esta función de audio también puede ser activada desde el C.R.V. para mantener la recepción en caso de interrupción de la comunicación desde el vehículo. La segunda función permite intervenir el circuito eléctrico del vehículo desde el C.R.V. por el canal de datos, de donde se envía el comando de activación por medio de la aplicación que el circuito del "PIC 16F84" transforma en una señal eléctrica.

### *1.3 Construcción*

La construcción del dispositivo se concretó en dos etapas:

- Módulo de posicionamiento del vehículo: esta fase requirió de la construcción de un cable conector DB-15 Hembra a DB-9 Hembra para interconectar el puerto DB-15 Macho del módem "Wavecom Fastrack" con la unidad receptora de GPS "Garmin 15L" según las indicaciones establecidas en el manual de este último. La unidad receptora se configuró a través del "GARMIN Sensor Configuration

[17] *Apéndice M: Comandos AT.*

Software"[18], mientras que el modem se programó por medio de los comandos AT.

- Módulo de control: el módulo de control requirió la integración de tres componentes independientes unidos al modem por un cable DB-15 Hembra a DB-9 Hembra y RJ-9.
    - Componente de Audio: para este componente se utilizó la salida del cable del conector RJ-9, para conectarse al dispositivo del micrófono[19] ubicado dentro de la cabina del vehículo.
    - Circuito Controlador: utiliza la salida del cable del conector DB-9 Hembra, en él se emplearon componentes de micro-circuitería[20] a fin de poder implantar la lógica propia. El principal componente de este circuito es el microcontrolador "PIC 16F84" de la casa Microchip, el cual fue programado en lenguaje ensamblador para convertir las señales tomadas por la salida del puerto serial a ocho señales de puerto paralelo para controlar funciones eléctricas del vehículo.
    - Botón de Alarma: haciendo uso de los comandos AT, se programó al módem para realizar una llamada de manera automática al producirse la unión de los pines de DTR(Data Terminal Ready) y CTS (Clear To Send) a través de la activación del botón.

Ambos módulos cuentan con una alimentación redundante con la batería del vehículo (fuente principal) y el banco de baterías de respaldo (autónomo) en caso de producirse falla de la batería principal o interrupción del circuito eléctrico del vehículo.

[18] *Apéndice O: Configuración del GPS GARMIN 15L.*
[19] *Apéndice G: Diseños de Dispositivos de los Módulos.*
[20] *Apéndice N: Circuito para Intervenir Funciones Eléctricas.*

### *1.4 Pruebas*

Las pruebas realizadas para el D.R.V. fueron del tipo funcional conocidas como pruebas de "caja negra" o de entrada / salida, las cuales se limitan a la medición de los resultados según los datos de entrada suministrados al componente.

Puesto que el dispositivo cuenta con dos formas de operación, las pruebas se clasificaron en pruebas de módulo de posicionamiento y pruebas de módulo de control. Las pruebas del primer módulo midieron el rendimiento del GPS, la conectividad entre ambos nodos del sistema, la frecuencia en la toma de datos de posicionamiento global en la aplicación, la calidad de conexión y la calidad de señal dada por la antena de la unidad receptora.

Por otra parte las pruebas en el módulo de control se dividieron en tres fases: prueba de audio, en donde se midió la calidad en el audio transmitido a través del dispositivo, las pruebas de circuito controlador con las que se midieron las salidas del puerto paralelo enviadas a través de la aplicación remota para activar funciones eléctricas, y la prueba del botón de alarma, en donde se comprobó la capacidad del módem de realizar la llamada al activar el mecanismo de alarma.

El desarrollo de estas pruebas permitió identificar y corregir los errores en las etapas anteriores y así lograr un dispositivo optimizado.

## 2. DESARROLLO DEL CENTRO DE RASTREO VEHICULAR (C.R.V)

El desarrollo del C.R.V. se dividió en dos partes: el desarrollo del S.P.R. y el desarrollo del S.S.V, las cuales se integran a través de la red de área local (L.A.N).

### *2.1 Desarrollo de la aplicación: Sistema de Procesamiento Remoto (S.P.R.)*

Este sistema fue desarrollado paralelamente al dispositivo de rastreo vehicular (D.R.V.) y comprende el módulo para la conexión y el procesamiento de las coordenadas enviadas por la unidad receptora de GPS hacia el Centro de Rastreo Vehicular.

#### *2.1.1 Iteraciones: Módulo de conexión y rastreo vehicular*

##### *2.1.1.1 Planificación*

El módulo S.P.R. es el encargado de establecer comunicación con la unidad a ser rastreada y procesar la información constantemente enviada por ella en el protocolo NMEA, para su posterior almacenamiento en la base de datos del sistema.

Los requerimientos funcionales para este módulo son los siguientes:

1. Permitir la comunicación con el modem GSM a través del puerto serial de la máquina.
2. Realizar una llamada por el canal de datos del modem GSM hacia el vehículo haciendo uso de los comandos AT.
3. Validar y clasificar los datos enviados por la unidad GPS ubicada en el automóvil rastreado en el protocolo NMEA.
4. Almacenar los datos clasificados en la base de datos del sistema.
5. Activar y desactivar el rastreo cuando se desee, por medio de la interfaz.

6. Permitir la seguridad de acceso exclusiva para los administradores del sistema.

Los requerimientos no funcionales son:

1. El desarrollo debe ser bajo el patrón de diseño *Modelo Vista Controlador* (MVC), para facilitar la reusabilidad y el mantenimiento del código.

El resto de los requisitos funcionales fueron capturados a través de la utilización de modelos de casos de usos. En primer lugar se estableció el actor que interactúa con el sistema; éste es el *Administrador* que se encarga de realizar la conexión con el puerto serial y el inicio del rastreo vehicular.

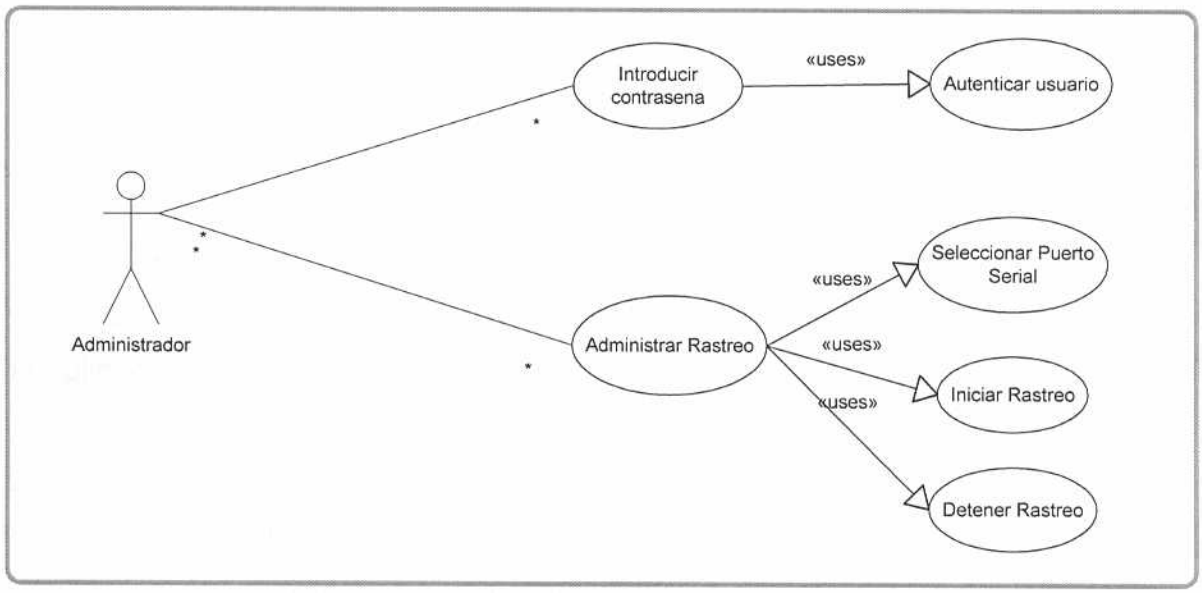


**Fig9. Diagrama de caso de uso del Administrador del módulo S.P.R.**
**Fuente: Elaborado por los autores**

### *2.1.1.2 Análisis de Riesgo*

Al momento del desarrollo de la aplicación, fue necesario analizar todos los escenarios de riesgo que pudieran presentarse al utilizar el medio de transmisión, el manejador de base de datos, el lenguaje de programación y la conexión de área local. La comunicación a través de la red GSM es susceptible

al ruido por lo que se hace necesario la depuración de los datos recibidos desde la unidad rastreada para su posterior almacenamiento.

Por otro lado, era importante establecer facilidad de conexión entre los distintos elementos, es decir, el lenguaje de programación debería ofrecer componentes nativos que permitiera un fácil acceso a los servicios del manejador de base de datos para mejorar los tiempos de respuesta, obtener facilidad de uso, y ahorro de tiempo en el desarrollo de la aplicación.

La evaluación de diversos manejadores y lenguajes de programación permitieron determinar que el Microsoft SQL Server 2005 Express Edition integrado sobre .NET Framework SDK 2.0 era la mejor opción en cuanto a facilidad de uso de sus componentes. La conexión de área local debe permitir una conexión rápida y fácil con el servidor que contiene la base de datos, sin incrementar la carga de procesamiento del PC para evitar un colapso del sistema operativo.

*2.1.1.3 Desarrollo*

La *fase de desarrollo* comprende las etapas de diseño y codificación de la aplicación.

*2.1.1.3.1 Diseño*

El diseño del software es el proceso que permite traducir los requisitos analizados de un sistema en una representación de software, que inicialmente da una visión del mismo y tras posteriores refinamientos se conduce a una representación de diseño muy cercana al código fuente.

La etapa de diseño, previa a la codificación, está divida en cuatro tipos: diseños de datos, arquitectónico, procedimental e interfaz de usuario.

*2.1.1.3.1.1 Diseño de Datos*

Se diseñó un modelo entidad - relación[21] reutilizable para todos los módulos del sistema. Las tablas utilizadas para satisfacer los requerimientos anteriormente definidos fueron las siguientes:

- VEHICULO
- OPERADOR
- POLIZA
- TRANSMISION

*2.1.1.3.1.2 Diseño Arquitectónico*

- *Diseño arquitectónico general de la solución*

La arquitectura general del módulo de conexión y rastreo vehicular se basa en el uso de formularios. Para ingresar a la aplicación es necesario autenticarse en la ventana de inicio de sesión; luego se debe hacer conexión con el puerto serial, y posteriormente se habilita la función de inicio de rastreo del vehículo. Automáticamente el sistema se encarga de conectar con la unidad móvil y procesar los datos recibidos. Si se requiere finalizar el rastreo se elige la opción correspondiente desde la interfaz.

- *Diseño arquitectónico de la aplicación*

El diseño arquitectónico de la aplicación se basa en el patrón de diseño MVC. En esta arquitectura encontramos las *Vistas* divididas en dos grandes componentes, el componente administrativo y el componente de rastreo vehicular, los cuales se comunican con los *Controladores o manejadores* de eventos para dar a conocer alguna petición efectuada por el usuario. Estos controladores a su vez se encargan de canalizar esta petición y enviarla a la lógica de la aplicación que está contenida en los *Modelos*. Por su parte, la lógica de la aplicación debe apoyarse en los componentes de comunicación

[21] *Apéndice C: Diagrama Entidad-Relación.*

serial RS232 y el componente de acceso a la base de datos, para completar la funcionalidad requerida en el sistema.

El patrón MVC debe tener la capacidad de notificar a la Vista que se ha realizado un cambio, y es a través de los mensajes de notificación que el modelo informa a la Vista, que efectivamente una acción originada por el usuario ha generado un cambio.

**Fig10. Modelo MVC. Arquitectura de la aplicación**
**Fuente: Elaborado por los autores.**

### *2.1.1.3.1.3 Diseño Procedimental*

Una vez establecida la estructura del módulo S.P.R se procedió con el diseño procedimental, el cual se basa en los diagramas de casos de usos y en los diagramas de actividades. A continuación se presenta un caso de uso para este módulo:

| **Nombre:** | *Iniciar Rastreo* |
|---|---|
| **Actores:**<br>Administrador | |
| **Descripción:**<br>Permite conectar el Centro de Rastreo Vehicular con el Dispositivo de Rastreo Vehicular, a través de la red GSM, recibir los datos enviados desde la unidad receptora de GPS y almacenarlos en la base de datos del sistema. | |
| **Precondiciones:**<br>1. Inicio de sesión del administrador<br>2. Elegir puerto serial | |
| **Flujo Normal:** | |
| Flujo del Usuario | Flujo del Sistema |
| **Paso 1.** El usuario selecciona del menú principal la opción que permita realizar esta acción. | **Paso 2.** Se inicia la llamada de datos.<br><br>**Paso 3**. Se verifica la conexión con el dispositivo ubicado en el vehículo.<br>**Paso 3.1.** Sino es correcta, ver flujo alterno.<br>**Paso 3.**2. Si es correcta la conexión se muestran los datos recibidos desde la unidad de GPS.<br><br>**Paso 4.** El sistema verifica si los datos cumplen con el protocolo NMEA.<br>**Paso 5.1.** Si no es correcta, ver flujo alterno<br>**Paso 5.2.** Si es correcto se almacena en la base de datos los datos de rastreo clasificados. |
| **Flujo Alterno:**<br>**Paso 3.** Reintenta la llamada hasta tres veces, de no establecer la conexión se muestra un mensaje de no conexión al administrador.<br>**Paso 4.** Se toma la siguiente coordenada que cumpla con el protocolo. | |

**Tabla 4. Especificaciones del caso de usos: Iniciar Rastreo**
**Fuente: Elaborado por los autores**

El diagrama de actividades asociado al caso de uso *Iniciar Rastreo* es el siguiente:

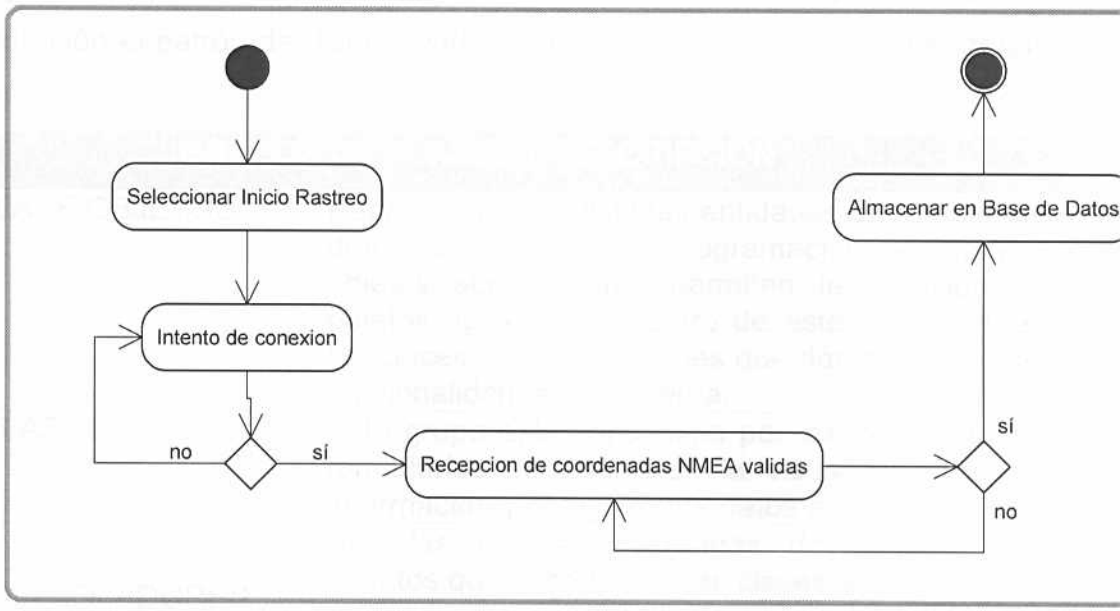


**Fig11. Diagrama de actividades: Ingresar Rastreo**
**Fuente: Elaborado por los autores**

*2.1.1.3.1.4 Diseño de Interfaz*

La finalidad de la interfaz gráfica[22] para el módulo de conexión y rastreo vehicular es mostrar y recolectar los datos referentes al estado de conexión y las coordenadas de rastreo recibidas desde el vehículo. Se elaboró el diseño para este módulo y se obtuvo el siguiente esquema de pantalla[23]:

- La *identificación de la solución* ubicada en la parte superior de la pantalla que indica el nombre del sistema
- El *menú de selección de puerto serial* y número de SIM a conectar.
- El menú de conexión.
- El *área de visualización* en donde se observa los datos recibidos desde la unidad rastreada.

[22] *Apéndice J: Interfaz Gráfica del Módulo de Conexión y Rastreo*
[23] *Apéndice K: Esquema de Pantalla del S.P.R.*

*2.1.1.3.2 Codificación*

Debido a que el lenguaje de programación elegido se basa en el paradigma de programación orientado a objetos (POO), y tomando en consideración el patrón de diseño MVC, se establecieron los siguientes grupos de clases:

| GRUPOS DE CLASES Y DESCRIPCIÓN | |
|---|---|
| CLASE OBJETOS | Representan las distintas entidades de la base de datos, que a nivel de programación orientada a objetos son las que permiten la creación de objetos. Igualmente dentro de este grupo entran las clases de generalidades que dan soporte a las funcionalidades del sistema. |
| CLASES VISTAS | Este grupo esta constituido por las clases de los formularios que permiten la visualización de la información y el ingreso de datos al sistema. |
| CLASE CONTROLADORES | Son las clases encargadas de canalizar los eventos que suceden en las clases Vistas. |
| CLASES MODELOS | Son las clases que desarrollan la lógica de la aplicación . |
| CLASE LIBRERÍAS | Son las clases que contienen códigos reusables. Por ejemplo, las funciones que ejecutan las operaciones contra la base de datos. También encontramos las clases maestras de las Clases Vistas, Controladores y Modelos, de las que heredan las demás creadas. |

**Tabla5. Grupos de clases y su descripción**
**Fuente: Elaborado por los autores**

El diagrama de clases es la base para la implementación del patrón de diseño MVC utilizado para el desarrollo de la aplicación, las clases *ClsVistas, ClsControlador y ClsModelo* se heredan por las clases que dan la funcionalidad del sistema, mientras que la clase *ClsEvento* constituye los objetos que notifican cambios de estado entre las clases vistas-controlador-modelo. Por otra parte, la clase *ClsBD* está conformada por los objetos que permiten la conexión con la base de datos.

*2.1.1.4 Evaluación del Cliente*

La evaluación del módulo de conexión y rastreo vehicular involucra las operaciones del sistema bajo condiciones controladas para evaluar los resultados. Las pruebas pueden exigir intencionalmente al programa y generar errores en las respuestas para determinar si los sucesos ocurren fuera de lo previsto. La prueba de software está orientada a la prevención de errores.

Para evaluar el módulo se tomaron en consideración las llamadas pruebas de *caja negra* y *caja blanca*, o también conocidas como pruebas funcionales y estructurales. El principal objetivo de la prueba de *caja negra* es determinar el nivel de optimización de funcionalidad del sistema, para ello se seleccionó una variedad de datos de pruebas como entradas al sistema, y se evaluaron los resultados obtenidos, los cuales resultaron de manera satisfactoria.

Las pruebas de caja blanca están basadas en la lógica interna de la aplicación; en este tipo de pruebas se analizó el camino de ejecución del módulo verificando la cobertura de sentencias, la cobertura de ramas dadas por condiciones y la cobertura dada por los bucles.

### *2.2 Desarrollo de la aplicación: Sistema de Seguridad para Vehículos (S.S.V)*

El desarrollo de la aplicación se comenzó de manera simultánea con el desarrollo del *dispositivo de rastreo vehicular* (D.R.V.). Esta etapa se dividió en la elaboración de dos grandes módulos:

1. Módulo de Administración.
2. Módulo de Rastreo Vehicular

El primer módulo en desarrollar fue el de *administración* por ser el que menos cambios sufriría al desarrollarse en paralelo con el D.R.V. Cada una de las etapas fue realizada a lo largo de tres iteraciones; en la primera se analizaron y diseñaron los módulos, en la segunda se desarrollaron y en la tercera se revisaron y mejoraron.

#### *2.2.1 Iteraciones: Módulo de administración*

##### *2.2.1.1 Planificación*

Este módulo suministra al administrador del sistema las herramientas necesarias para consultar, actualizar, eliminar o ingresar información contenida en la base de datos correspondiente a los clientes, vehículos, pólizas y operadores del sistema.

Como requerimientos funcionales se establecieron:

1. Permitir la conexión remota al manejador de base de datos S.P.R por medio de una red de área local.
2. El módulo de administración debe permitir las opciones de consultar, actualizar, eliminar o ingresar información referente a clientes, vehículos y pólizas.
3. Permitir las opciones de consultar, actualizar, eliminar e ingresar información referente a los operadores que interactúen con el sistema.

4. Este módulo debe asignar un nº de póliza asociando un cliente con el vehículo o flota de vehículos (cliente corporativo).
5. Se debe proveer de opciones de seguridad con respecto a los operadores y administradores del sistema, que sólo permita el acceso a aquellos que posean nombre y contraseña válidos.

Los requerimientos no funcionales son:

1. El desarrollo debe ser bajo el patrón de diseño *Modelo Vista Controlador* (MVC) para facilitar la reusabilidad y el mantenimiento del código.

El resto de los requisitos funcionales fueron capturados a través de la utilización de modelos de casos de usos. En primer lugar se estableció el actor que interactúa con el sistema; éste es el *Administrador* que se encarga de gestionar toda la información de los clientes, vehículos, pólizas y operadores del sistema.

**Fig12. Diagrama de caso de uso del Administrador de la módulo S.S.V**
**Fuente: Elaborado por los autores**

### *2.2.1.2 Análisis de Riesgo*

Al momento del desarrollo de la aplicación, fue necesario analizar todos los escenarios de riesgo que pudieran ocurrir al utilizar el manejador de base de datos, el lenguaje de programación, y la conexión de área local. De la misma manera que para el desarrollo del S.P.R., era importante establecer la facilidad de conexión entre el lenguaje de programación y el manejador de base de datos.

Igualmente la opción elegida para el desarrollo fue el manejador Microsoft SQL Server 2005 Express Edition integrado en .NET Framework SDK 2.0, para evitar carga de procesamiento en el CPU y conflictos con el sistema operativo de la máquina.

*2.2.1.3 Desarrollo*

La *fase de desarrollo* está conformada por el diseño y codificación de la aplicación.

*2.2.1.3.1 Diseño*

Tras analizar los requisitos del sistema y habiendo implementado los modelos de información, funcional y de comportamiento se está preparado para abordar el diseño. La etapa de diseño, previa a la codificación, está divida en cuatro tipos: diseños de datos, arquitectónico, procedimental e interfaz de usuario.

*2.2.1.3.1.1 Diseño de Datos*

Las tablas utilizadas dentro del modelo entidad - relación[24] necesarias para satisfacer los requerimientos funcionales del módulo de administración fueron las siguientes:

- CLIENTE
- VEHÍCULO
- POLIZA
- OPERADOR

[24] *Apéndice C: Diagrama Entidad – Relación*

*2.2.1.3.1.2 Diseño Arquitectónico*

- *Diseño arquitectónico general de la solución*

La arquitectura general del módulo de administración está basada en el uso de formularios. Para ingresar clientes, vehículos u operadores se utilizan formularios para introducir la información. Si es requerido mostrar datos de algún tipo de búsqueda, se puede realizar de dos maneras: global o especifica. Si la consulta es global, se muestran todos los datos registrados en la base de datos por medio de un componente de VB.NET llamado DataGridView , si por el contrario la búsqueda es especifica, se expone la información en formularios y una vez consultados de esta manera, permite la opción de actualizar algunos datos o eliminar el registro.

- *Diseño arquitectónico de la aplicación*

Al igual que el módulo de conexión y rastreo vehicular, el diseño arquitectónico de la aplicación se basó en el patrón de diseño MVC.

*2.2.1.3.1.3 Diseño Procedimental*

Tras haber establecido la estructura del módulo de administración (modelo arquitectónico) y de datos (diseño de datos) se procedió con el diseño procedimental, el cual se basa en los diagramas de casos de usos y en los diagramas de actividades, fundamentados en los casos de usos.

| **Nombre:** | *Registrar Póliza* |
|---|---|
| **Actores:**<br>Administrador | |
| **Descripción:**<br>Permite asociar la información de un cliente con un vehículo y almacenarla en la base de datos | |
| **Precondiciones:**<br>3. Inicio de sesión del administrador<br>4. Consultar un cliente<br>5. Consultar un vehículo | |
| **Flujo Normal:** | |
| Flujo del Usuario | Flujo del Sistema |
| **Paso 1.** El usuario selecciona del menú principal la opción que permita realizar esta acción.<br><br>**Paso 3.** El usuario introduce la información solicitada y presiona el botón de "Aceptar" para ingresar la información.<br><br>**Paso 6.** El usuario puede "Aceptar" o "Cancelar" el mensaje de verificación. | **Paso 2.** Se muestra un formulario donde se pide introducir los datos del cliente y luego los datos del vehículo.<br><br>**Paso 4**. Se verifican los datos suministrados. Si existe algún error ver flujo alterno.<br><br>**Paso 5.** El sistema verifica si la información existe o si presenta algún error.<br>**Paso 5.1.** Si no es correcta, ver flujo alterno<br>**Paso 5.2.** Si es correcto se muestra un mensaje de verificación para asegurar que se desea almacenar la información.<br><br>**Paso 7.** Si el usuario respondió.<br>**Paso 7.1.** "Aceptar", se almacena dicha información en la base de datos asignando un nº de póliza que permite asociar el cliente con el vehículo y se muestra un mensaje de conformación.<br>**Paso 7.2.** "Cancelar", se cancela la transacción y se cierra la ventana actual. |
| **Flujo Alterno:**<br>**Paso 4.** Se muestra un mensaje indicando al usuario donde ocurrió el error y el sistema permite volver a introducir la información.<br>**Paso 5.** Se muestra un mensaje al usuario donde se le indica que no existe registro y se le permite volver a buscar la información. | |
| **Poscondiciones:**<br>1. Se muestra un mensaje de confirmación, indicándole al usuario que se ha almacenado la información satisfactoriamente. | |

**Tabla6: Especificaciones del caso de usos: Registrar Póliza**
**Fuente: Elaborado por los autores**

El diagrama de actividades asociado al caso de uso *Registrar Póliza* es el siguiente:

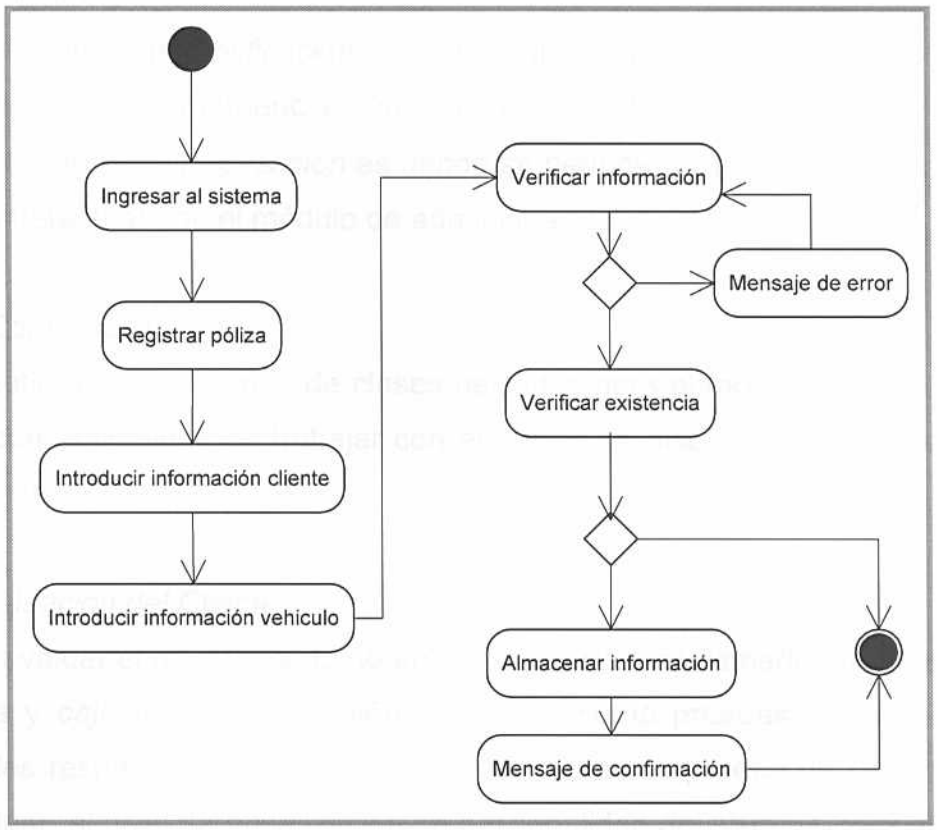


**Fig13. Diagrama de actividades: Ingresar Póliza**
**Fuente: Elaborado por los autores**

*2.2.1.3.1.4 Diseño de la Interfaz de Usuario*

La finalidad de la interfaz gráfica[25] para el módulo de administración es mostrar y recolectar información referente a los clientes, vehículos, pólizas y operadores del sistema. Se elaboró el diseño para este módulo y se obtuvo el siguiente esquema de pantalla[26]:

- La *identificación de la solución* ubicada en la parte superior de la pantalla. Indica el nombre del sistema

[25] *Apéndice E: Interfaz Gráfica del Módulo de Administración.*
[26] *Apéndice F: Esquema de Pantalla del Módulo de Administración.*

- El *área de administración y rastreo* se presentan en menús y campos de búsquedas para acceder a la información, al módulo de rastreo y a reportes.
- El *área de notificación* informa al operador la entrada de una llamada de emergencia o un mensaje de texto (SMS)
- El *área de visualización* es donde se permite al operador del sistema interactuar con el módulo de administración.

*2.2.1.3.2 Codificación*

Se reutilizaron los grupos de clases definidos para el módulo de conexión y rastreo con la finalidad de trabajar con el patrón de diseño MVC establecido anteriormente.

*2.2.1.4 Evaluación del Cliente*

Para evaluar el módulo se tomó en consideración las llamadas pruebas de *caja negra* y *caja blanca*, o también conocidas como pruebas funcionales y estructurales respectivamente. El principal objetivo de la prueba de *caja negra* es determinar el nivel de optimización de funcionalidad del sistema para ello se seleccionó una variedad de datos de pruebas como entradas al sistema, y se evaluaron los resultados obtenidos, los cuales resultaron favorables.

Las pruebas de *caja blanca* están basadas en la lógica interna de la aplicación; en este tipo de prueba se analizó el camino de ejecución del módulo verificando la cobertura de sentencias, la cobertura de ramas dadas por condiciones y la cobertura dada por los bucles.

*2.2.2 Iteraciones: Módulo de Rastreo Vehicular*

*2.2.2.1 Planificación*

Este módulo se encarga de establecer comunicación con un vehículo para iniciar el rastreo. Adicionalmente permite llamar hacia y desde la unidad

móvil habilitando el canal de audio y controlar algunas funciones eléctricas del vehículo.

Para comenzar el rastreo es necesario registrar una denuncia, haciendo una descripción general del hecho. Seguidamente el S.S.V pide conexión con el vehículo, y la wavecom ubicada en el S.P.R se comunica con la wavecom localizada en la unidad móvil. Los datos obtenidos del GPS son almacenados en el servidor S.P.R y consultados por la aplicación S.S.V cada cierto tiempo. Para visualizar las coordenadas consultadas se utilizó un mapa de la zona de Caracas, lo cual se hizo integrando el software MapX[27] como componente al lenguaje de programación.

El audio se establece llamando desde la wavecom ubicada en el S.S.V a la wavecom correspondiente en el vehículo. Esto permite mantener un canal abierto de audio (sólo escucha) con los ocupantes de la cabina; el operador tiene la opción de grabación de las conversaciones en la base de datos[28]. Así mismo, se puede generar una llamada desde la unidad móvil al centro de rastreo por medio del "Botón de Alarma" ubicado dentro de la cabina, lo que permite avisar al centro que se generó una situación de emergencia.

Para controlar remotamente algunas funciones eléctricas del vehículo se envía un comando desde la wavecom del S.S.V. a la wavecom de la unidad móvil activando el circuito controlador[29].

Adicionalmente en este módulo se incluye la emisión de reportes cuya finalidad es mostrar información de cuál fue la trayectoria del vehículo en una fecha determinada, y se complementa con la reproducción del audio.

---

[27] *Software MapX: Software de ubicación que permite situar objetos utilizando capas de un mapa según sus coordenadas.*
[28] *Apéndice G: Diseños de Dispositivos de los Módulos.*
[29] *Apéndice N: Circuito para Intervenir Funciones Eléctricas.*

Los requerimientos funcionales son los siguientes:

- Establecer comunicación con las diferentes wavecom del sistema utilizando el protocolo RS232.
- Comunicarse por medio de una red de área local con el servidor S.P.R
- Consultar al S.P.R datos de posición al momento del rastreo y ubicarlos en el mapa.
- Permitir llamar a la unidad móvil habilitando el canal de audio.
- Recibir llamadas de emergencia activadas mediante el "Botón de Alarma" del vehículo.
- Grabar la transmisión de audio recibida desde la unidad móvil.
- Controlar remotamente algunas funciones eléctricas del vehículo.
- Generar reportes indicando cuál fue la trayectoria de un vehículo en una fecha determinada.
- La reproducción del audio incluido dentro de la fecha seleccionada en el reporte.

Los requerimientos no funcionales fueron establecidos durante el análisis del Módulo de Administración. El resto de los requerimientos funcionales para este módulo se obtienen por medio de los diagramas de casos de usos que tienen como actor al *Operador del Sistema*, él cual se encarga de realizar todas las operaciones de rastreo permitidas en el módulo.

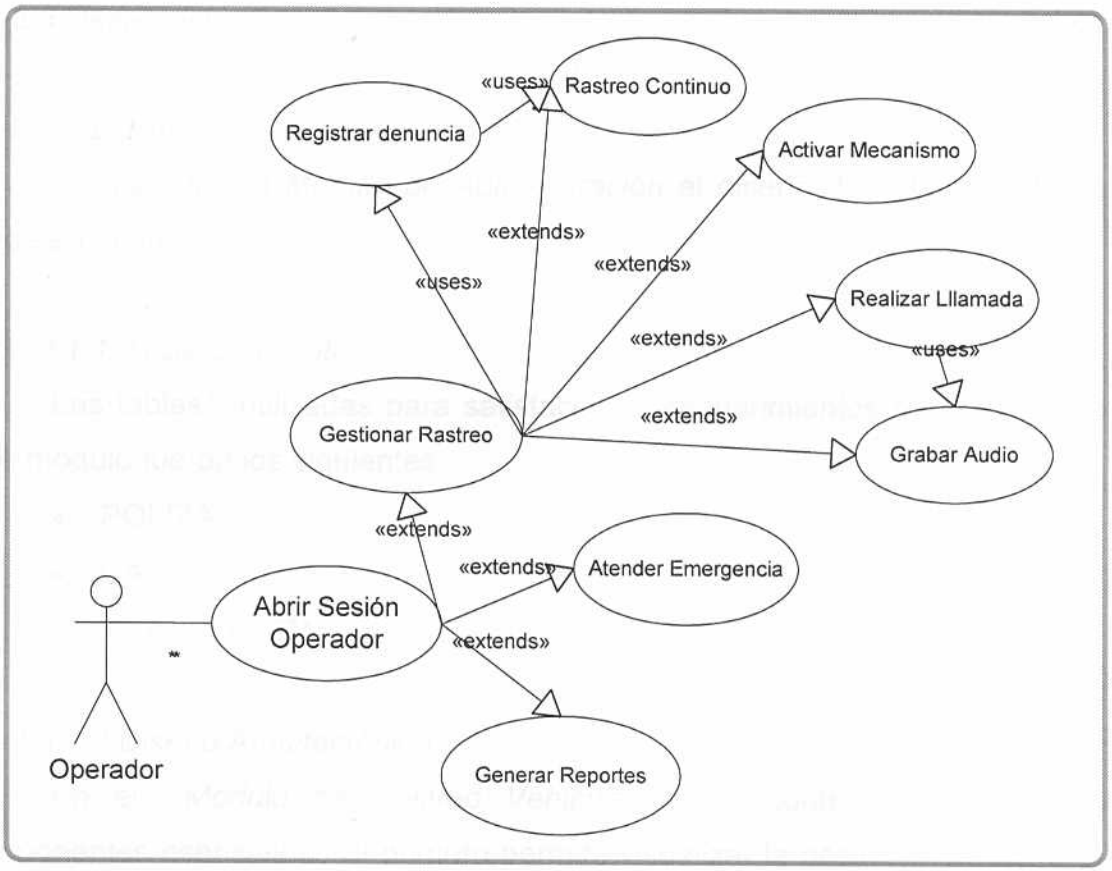


**Fig14. Diagrama de casos de usos del Operador del sistema**
**Fuente: Elaborado por los autores**

*2.2.2.2 Análisis de Riesgos*

Algunos de los escenarios de riesgo de este módulo son compartidos con el *Módulo de Administración*. Por otra parte, se identificó como riesgo la falla de conexión entre las wavecom al momento de establecer comunicación. Para este caso se evaluaron dos soluciones. Una consiste en esperar un tiempo definido y volver a realizar la conexión considerando que la wavecom de la unidad móvil no tuviera suficiente señal para establecer la comunicación, y la otra en donde el operador debe llamar al conductor del vehículo por vía telefónica o radio, e infórmale de la situación con la finalidad de revisar el equipo instalado en la unidad.

*2.2.2.3 Desarrollo*

*2.2.2.3.1 Diseño*

Al igual que el *Módulo de Administración* el diseño de este módulo se divide en cuatro fases:

*2.2.2.3.1.1 Diseño de Datos*

Las tablas[30] utilizadas para satisfacer los requerimientos funcionales de este módulo fueron los siguientes:

- POLIZA
- CASO
- TRANSMISION

*2.2.2.3.1.2 Diseño Arquitectónico*

En el *Módulo de Rastreo Vehicular* está conformado por tres componentes esenciales: el primero permite visualizar la posición del vehículo a través de la integración del software MapX, el segundo tiene como finalidad grabar el audio al momento de establecer comunicación con los ocupantes de la cabina, y el tercer componente es la conexión entre las wavecom con el sistema utilizando el protocolo RS232, que para este módulo, permite recibir y realizar llamadas, además de enviar comandos para activar el circuito controlador.

*2.2.2.3.1.3 Diseño Procedimental*

En esta fase de ejecutaron dos actividades, la primera fue la especificación de los casos de usos identificados para este módulo[31] y la segunda actividad representada por los diagramas de actividades[32] fundamentados en los casos de usos.

---

[30] *Apéndice C: Diagrama Entidad – Relación*
[31] *Apéndice A: Diagrama de Casos de Usos para el Módulo de Rastreo Vehicular*
[32] *Apéndice B: Diagramas de Actividades para el Módulo de Rastreo Vehicular*

*2.2.2.3.1.4 Diseño de la Interfaz de Usuario*

La interfaz gráfica de *Módulo de Rastreo Vehicular*[33] cumple con la función de suministrar información al operador. Se elaboró un diseño para este módulo y se obtuvo el siguiente esquema de pantalla[34]:

- La *Identificación de la solución* ubicada en la parte superior de la pantalla, que indica el nombre del sistema
- En la parte inferior se muestran dos pestañas que contienen las opciones de *Registrar Denuncia* o *Rastreo Continuo*.
- Dentro de la pestañan de *Rastreo Continuo,* se encuentra el *Panel de control* ubicado en la parte superior de la pantalla, permite realizar las opciones de:
  1. *Conectar* o *Desconectar*, establece o cierra la comunicación con la wavecom de la unidad móvil
  2. *Estado,* informa al operador si ocurre una falla en la conexión en el momento del rastreo.
  3. Operaciones que permiten manejar el mapa
  4. *Audio*, permite llamar a la unidad móvil, grabar el audio y colgar la llamada
  5. *Control,* activa el circuito controlador
  6. *Cerrar,* cierra la ventana del módulo y se retorna a la principal
  7. *Ayuda*
- El *Área de información* se encuentra del lado derecho de la pantalla y su finalidad es de informar al operador los datos de la póliza, cliente y vehículo.
- El *Área de Visualización* es donde se encuentra ubicado el mapa
- El *Panel Inferior* se activa al momento de rastreo, su propósito es indicar la fecha, hora GMT, longitud y latitud del vehículo.

[33] *Apéndice H: Interfaz Gráfica del Módulo Rastreo Vehicular*
[34] *Apéndice I: Esquema de pantalla para el Módulo de Rastreo Vehicular*

Para los reportes se diseñó una interfaz gráfica[35] diferente a la del rastreo, que se esquematizó de la siguiente manera:

- *Panel de Control,* se ubica en la parte superior de la pantalla y realiza las siguiente opciones:
    1. *Fecha,* se elige una fecha en donde existan datos de transmisión relacionados a un nº de póliza.
    2. *Comenzar y Terminar*, se empieza a mostrar la trayectoria
    3. *Audio,* para la fecha elegida se selecciona un archivo de audio y se reproduce.
    4. *Refrescar,* muestra nuevamente la trayectoria la trayectoria.
    5. *Buscar,* se le permite al operador encontrar un punto dependiendo de la latitud y longitud suministrada.
    6. Opciones que permiten manejar el mapa.
    7. *Cerrar.*
    8. *Ayuda.*
- *Área de Visualización,* es donde se encuentra el mapa.
- *Datos de Posición,* a medida que se va mostrando la trayectoria, constituida por una serie de puntos identificados, se muestran en un DataGridView más datos de estos, como la hora, latitud, longitud, velocidad y precisión.
- *Panel de Información,* se encuentra en la parte inferior de la pantalla y se muestra información seleccionada acerca del cliente, vehículo y póliza.

*2.2.2.3.2 Codificación*

Para el desarrollo de este módulo se añadieron las clases necesarias que permitieron cumplir con los requerimientos identificados en la etapa de *Planificación*; sin embargo, estas clases estuvieron siempre dentro de la clasificación descrita en la tabla 5.

[35] *Apéndice I: Esquema de pantalla para el Módulo de Rastreo Vehicular.*

En esta etapa se codificaron las rutinas que permiten enviar y recibir datos desde el puerto serial de la computadora, así como la manipulación de la información obtenida para que tuviera un significado válido.

La estrategia utilizada para establecer conexión entre la wavecom y la aplicación, se realiza a través del uso de eventos que se sincronizan entres sí. Los pasos seguidos en esta estrategia son:

1. Se crea un objeto de comunicación serial el cual habilita eventos sobre el puerto serial de la computadora.
2. El objeto de comunicación serial envía comandos AT[36] a través del puerto serial hacia el módem wavecom y permanece en un ciclo de espera (Timer) hasta que sucede un evento de recepción.
3. Una vez que se obtiene respuesta se inicia una estrategia para el análisis de datos.

La estrategia de análisis de datos se realiza en los siguientes casos:

1. Al existir falla en la comunicación entre el módulo y la wavecom de la unidad móvil.
2. Cuando se quiere activar el circuito controlador, para lo que se realiza la llamada y se espera la respuesta indicando *conexión*, una vez establecida se envía un comando.

*2.2.2.4 Evaluación del Cliente*

Este módulo fue evaluado mediante pruebas de *caja negra* y *caja blanca*. De esta manera se obtuvo un módulo de rastreo que cumple con la funcionalidad establecida.

[36] *Apéndice M: Comandos AT.*

## 3. INTEGRACIÓN DE LOS COMPONENTES: *C.R.V – D.R.V*

### *3.1 Iteraciones: Integración de los componentes*

#### *3.1.1 Planificación*

Al finalizar el desarrollo del software y del hardware, se procedió con la integración de ambos componentes incluyendo todos los equipos que los conforman.

#### *3.1.2 Análisis de Riesgos*

Es un riesgo asegurar que el sistema funcione correctamente al integrar sus componentes y que cumpla con todos aspectos de calidad. Además, el tiempo que tarda el sistema en dar respuesta comparado con el tiempo óptimo es también un factor de alto riesgo, ya que perjudica el acoplamiento de todos los equipos dentro del sistema, debido a que unos dependen de la respuestas de otros para su funcionamiento.

#### *3.1.3 Desarrollo*

##### *3.1.3.1Diseño de Interfaz de Usuario*

El diseño de la interfaz fue explicado en el *Módulo de Administración* y en el *Módulo de Rastreo Vehicular*

##### *3.1.3.2 Codificación*

En cuanto al código únicamente se efectuaron ajustes con la finalidad de mejorar algunos aspectos del sistema.

#### *3.1.4 Evaluación del Cliente*

Las pruebas aplicadas fueron de carácter funcional o de *caja negra*. Se comprobó, una vez más, que cada módulo por separado cumpliera sus funciones y luego de forma integral que todo el sistema cumpliera con todos los requerimientos planteados a lo largo de todo el proceso de desarrollo del sistema.

# CAPITULO V: RESULTADOS

Una vez efectuados los procesos de levantamiento de información, análisis, desarrollo y evaluación del sistema, y cumpliendo con los pasos del *modelo incremental* compuesto por el *modelo en cascada dinámico*, para la construcción del hardware y el *modelo en espiral* para el desarrollo de la aplicación, se puede demostrar mediante los resultados obtenidos que se alcanzaron los objetivos planteados inicialmente.

Los resultados obtenidos en el desarrollo del sistema de seguridad fueron:

- Se afianzaron los conocimientos relacionados con la información teórica acerca del funcionamiento de la Red GSM para la transmisión de datos, cumpliendo con el objetivo específico planteado en el capítulo I que dice "*Investigar acerca de la red GSM para la transmisión de datos*".
- Se alcanzó el objetivo especifico "*Estudiar acerca de los modems wavecom Fastrack, protocolo de transmisión y comandos AT para su programación*", mediante el estudio de las características de dichos modems, su acoplamiento a la red GSM y seleccionando comandos AT específicos para su programación.
- Se utilizó la unidad receptora (OME) de GPS, de bajo voltaje, marca GARMÍN modelo 15L como dispositivo para el rastreo vehicular por sus características técnicas, que permiten integrarlo con la interfaz serial del modem wavecom fastrack, y adicionalmente se eligió un micrófono estándar para integrarlo al módem a través de esa misma interfaz. Se estudió el protocolo NMEA versión 0183, que permite al GPS comunicarse con la aplicación SPR (PC) vía módem wavecom mediante el protocolo RS232. Este resultado permitió cumplir con el objetivo especifico *"Investigar sobre el funcionamiento de los equipos de posicionamiento global GPS, audio, video y su protocolo de transmisión de datos"*.

- Se seleccionaron los comandos AT específicos que permiten programar el modem wavecom con la finalidad de recibir información del GPS, habilitar el canal de audio, y enviar la data al centro de control. Se seleccionó la sentencia adecuada de protocolo NMEA para la configuración que cumple con los requisitos del sistema exigidos por la aplicación (S.S.V), logrando recolectar la información del rastreo vehicular. Estos resultados se corresponden con el objetivo específico planteado en el primer capítulo "*Configurar el modem wavecom para recibir información del GPS, audio bidireccional y enviar la información a una aplicación remota mediante la transmisión inalámbrica*".
- Se cumplió con el objetivo específico *"Estudiar sobre el Software de localización MapX"*, analizando sus principales características y su integración con el lenguaje de programación como un componente.
- Se diseñó y se construyó un circuito electrónico cuyo componente principal es un microcontrolador PIC 16F84, que funciona como transductor de una señal de comando y convertidor de señal de puerto serial a puerto paralelo para intervenir funciones eléctricas del vehículo, dando respuesta a los objetivos específicos "*Programar un microcontrolador PIC que permita actuar sobre el sistema eléctrico del vehículo*" y "*Demostrar la posibilidad de apagar el vehículo y/o intervenir otros sistemas eléctricos del vehículo desde el centro de control*".
- Se diseñó e implementó un botón de alarma, mediante la integración al circuito electrónico del PIC y conexión directa con la wavecom de audio de un interruptor pulsante normalmente abierto, el cual permite habilitar desde la unidad móvil el canal de voz, estableciendo una llamada automática generada por un cambio de estado en el DTR de la wavecom y haciendo uso de los comandos AT, se almacenó en la tarjeta SIM el número de teléfono del centro de control en la primera posición, con la finalidad que la llamada a efectuarse utilice dicho número. Éste resultado cumple con el objetivo especifico "*Diseñar e implementar un "botón de alarma" que permita activar desde el vehículo el canal de audio hacia el centro de control*".

- Se efectuó la integración de una unidad receptora de GPS marca GARMIN modelo 15L con un modem wavecom fastrack, los cuales componen el canal de datos; así mismo se efectuó la integración de un microcontrolador PIC 16F84 y un botón de alarma con un modem wavecom fastrack, los cuales conforman el canal de control de funciones eléctricas del vehículo y audio. El diseño e implementación de estos canales constituyen el Dispositivo de Rastreo Vehicular D.R.V, el cual permite trasmitir las coordenadas de posición geográfica, transmitir el audio habilitando el canal de voz de la wavecom, activar una llamada de emergencia e interpretar un comando enviado desde la aplicación para intervenir funciones eléctricas del vehículo.
- Se diseñó e implementó el Sistema de Procesamiento Remoto (S.P.R.), que es una aplicación que se encarga de capturar, procesar y almacenar los datos de posición provenientes del D.R.V. en la base de datos. La S.P.R. posee un canal de entrada de datos de posición a través de un modem wavecom fastrack conectado vía puerto serial con protocolo de comunicación RS232; así mismo está interconectado con la aplicación S.S.V (Sistema de Seguridad para Vehículos) por medio de una red de área local para la gestión de la base de datos, dando respuesta al objetivo específico "*Capturar en tiempo real información de posicionamiento global para el rastreo de la unidad vehicular*" y respuesta parcial al objetivo específico *"Almacenar la información del vehículo, su propietario, los datos de ubicación y audio obtenidos en el rastreo vehicular relacionados al tiempo del suceso".*
- Se diseñó e implementó el Sistema de Seguridad Vehicular (S.S.V.), que es una aplicación que se encarga de gestionar información de clientes, vehículos, pólizas y operadores, además de atender emergencias, activar la función de rastreo, seguir la trayectoria en tiempo real del vehículo en el mapa integrado, capturar el audio e intervenir funciones eléctricas del vehículo desde su interfaz gráfica. La S.S.V. posee un canal de audio y un canal de control a través de un modem wavecom fastrack conectado vía puerto serial con protocolo de comunicación RS232; así mismo está

interconectado con la aplicación S.P.R. por medio de una red de área local, dando respuesta a los objetivos específicos planteados *"Recibir y transmitir en tiempo real audio que permita el monitoreo de los ocupantes de la cabina del vehículo"* , *"Ubicar el automóvil a través de las distintas capas de los mapas digitales del software MapX con la información obtenida del GPS"* y *respuesta parcial al objetivo específico "Almacenar la información del vehículo, su propietario, los datos de ubicación y audio obtenidos en el rastreo vehicular relacionados al tiempo del suceso"*.

- Se diseñó e implementó el Centro de Rastreo Vehicular (C.R.V), conformado por una red de área local que interconecta una estación servidor, que contiene la base de datos y la aplicación S.P.R. , con la aplicación (S.S.V.) y un equipo para la transmisión de audio que se acopla a la entrada de la tarjeta de sonido; ambas aplicaciones poseen un módem wavecom conectado a sus respectivos puertos seriales y utilizan el protocolo RS232 para comunicarse.
- La integración del C.R.V. con el D.R.V. dio como resultado un sistema de seguridad para vehículos automotores basado en la transmisión inalámbrica de datos de posicionamiento global y audio bidireccional sobre la plataforma GSM, que permite el rastreo y ubicación desde un centro de control, cumpliendo así con el objetivo general del Trabajo Especial de Grado.

Adicionalmente se consiguieron los siguientes resultados:

- Se diseñó e implementó un módulo de reportes que le permite al operador consultar la trayectoria de un vehículo solicitado, seleccionando una fecha específica y reproducir archivos de audio registrados para esa fecha.
- Se le permite a los propietarios de las unidades móviles enviar mensajes de texto (SMS) al C.R.V, solicitando la ubicación de su vehículo. La aplicación consulta en la base de datos la última posición registrada y envía un mensaje de respuesta a la solicitud.

# CONCLUSIONES

Tomando en consideración los resultados obtenidos durante el desarrollo del presente Trabajo Especial de Grado, se concluye lo siguiente:

1. La investigación teórica de la plataforma GSM de telefonía móvil realizada, permitió determinar que sus características de transmisión, seguridad y capacidad de adaptabilidad con dispositivos de comunicaciones (modem wavecom fastrack), manejo de datos (GPS GARMIN 15L) y microcontroladores (PIC16F84), son adecuadas para desarrollar sistemas inalámbricos de monitoreo, con el fin de implementar aplicaciones dedicadas a sistemas integrales de seguridad para vehículos personales o comerciales.

2. Las funcionalidades de rastreo, audio y control del sistema de seguridad vehicular implementado, permiten poner a la disposición del mercado, una nueva opción entre los dispositivos de seguridad existentes, ofreciendo una oportunidad a los usuarios de proteger sus vehículos o flotas, no sólo permitiendo la interrupción del acto delictivo, sino también la identificación de los autores materiales del hecho.

3. La metodología de desarrollo empleada demostró ser adecuada, ya que permitió ejecutar en paralelo, el diseño e implementación del hardware y del software e integrarlos posteriormente de manera sistemática.

4. El lenguaje de programación *Visual Basic 2005* que utiliza el *Microsoft .Net Framework 2.0* resultó ventajoso y versátil al momento de construir soluciones que involucran la implementación de patrones de diseño MVC y manejo de hardware con gran simplicidad. Así mismo,

la compatibilidad natural que ofrece el lenguaje con el manejador de base de datos, se tradujo en la estabilidad, reducción del tiempo de desarrollo y respuesta de la aplicación. Por otra parte, los lenguajes ensamblador y comandos AT de bajo nivel empleados, permitieron la programación efectiva del hardware utilizado para concretar con éxito la funcionalidad del sistema.

5. La implementación del patrón de diseño MVC permitió desacoplar la vista del modelo, lo que facilitó el desarrollo independiente de las distintas funcionalidades, además de permitir la reusabilidad. Al mismo tiempo, simplificó el mantenimiento del código y aumentó la capacidad de escalabilidad del programa.

6. El desarrollo de este Trabajo Especial de Grado, permitió aplicar y afianzar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, así mismo ofreció la oportunidad de interactuar con otros campos de la ingeniería tales como electrónica y telecomunicaciones.

# RECOMENDACIONES

En virtud de los resultados obtenidos y las conclusiones propuestas, se tiene que el presente sistema de seguridad vehicular puede ser optimizado mediante la incorporación de nuevas funcionalidades, razón por la cual se recomienda lo siguiente:

1. Añadir la funcionalidad de transmisión de video al D.R.V. para complementar la captura del audio de la cabina del vehículo, y así contar con mayor información para la identificación de los autores del hecho delictivo.

2. Para el desarrollo del sistema con fines comerciales, será necesario incluir una tarjeta *Digiboard* en la estación que contiene la aplicación S.P.R., con el fin de realizar rastreos simultáneos de distintas unidades y aumentar la capacidad del número de vehículos que pueda manejar una estación de este tipo.

3. Incluir la opción de rastreo de rutas preestablecidas o zonas asignadas, en donde se posibilite el control de cumplimiento de rutas asignadas, lo cual resulta útil para flotas de vehículos de clientes corporativos.

4. Incluir la opción de mensajes de autenticación generados por el C.R.V. al momento de capturar el inicio de movimiento del vehículo protegido.

# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

## Libros

[1] Balena, F.(2002). *Visual Basic .Net Programación Avanzada con Microsoft*. España: McGraw Hill.

[2] Andersson, C.(2001). *GPRS and 3G Wireless Aplications The Ultimete Guide of Maximizing Mobile Internet Technology*. Estados Unidos de América: Wiley Computer Publishing.

[3] Angulo,J., Romero, S. y Angulo, I. (2000). NECESIDADES Y APORTACIONES DE LOS NUEVOS PICS. En *Microcontroladores PIC16F874X Diseño Práctico de Aplicaciones Segunda Parte*. (pp.11-18). España: McGraw Hill.

## Documentos Electrónicos

[4] *El funcionamiento del GPS: un repaso a los principales componentes, tipos de receptores y métodos*,[en línea]. Disponible en: http://recursos.gabrielortiz.com/index.asp?Info=039 [2006, 7de julio].

[5] Garmin Intenational, Inc. (2006, febrero), *GPS 15H&15L TECHNICAL SPECIFICATIONS*,[en línea]. Olathe,KS: Garmin Ltd. Disponible en: http://www.garmin.com/manuals/237_TechnicalSpecifications.pdf [2006, 1 de julio].

[6] (2005), *Formato de sentencia NMEA 0183*, [en línea]. Disponible en: http://www.rtm.es/nmea.htm [ 2006, julio 12].

[7] *NMEA*,[en línea]. Disponible en: http://www.marimsys.com/paginas/nmea_codigo.htm [2006, 1 de julio].

[8] Wikipedia Foundation. (2006, 27 de junio), *Latitud*, [en línea]. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Latitud [2006, 1 de julio].

[9] Wikipedia Foundation. (2006, 27 de junio), *Longitud*, [en línea]. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Longitud [2006, 1 de julio].

[10] Wikipedia Foundation. (2006, 7 de junio), *Altitud*, [en línea]. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Altitud [2006, 1 de julio].

[11] Garmin Intenational, Inc. (2006), *GPS 15H&15L*,[en línea]. Disponible en: http://www.garmin.com/products/gps15h/ [2006, 1 de julio].

[13] *Soluciones GSM*, [en línea]. Disponible en: http://www.multiradio.com/Soluciones/wavecom.asp [2006, 1 de julio].

[14] WAVECOM (2002, septiembre). *Fastrack M1200 series User Guide*,[en línea]. Disponible en: http://www.wavecom.com/media/files/support/modem/M1203/Fastrack%20M1200%20Series%20User%20Guide-002.pdf [2006, 2 de julio].

[15] WAVECOM (2001, noviembre). AT Commands Interface Guide ,[en línea]. Disponible en: http://www.wavecom.com/media/files/support/modem/M1203/WM_SW_OAT_IFS_001_001.pdf [2006, 2 de julio].

[16] *Conversor Serie – Paralelo con PICmicro,* [en línea]. Disponible en: http://www.wavecom.com/media/files/support/modem/M1203/WM_SW_OAT_IFS_001_001.pdf [2006, 2 de septiembre].

[17] D' Aoust, Mark (2002, diciembre), *Coordinate User Interface Development with VB.NET and the MVC Pattern,* [en línea]. Disponible en: http://www.devx.com/dotnet/Article/10186 [2006, 2 de julio].

[18] de la Cruz, Felipe(2004). *Introducción al GPS*,[en línea]. Disponible en: http://www.mailxmail.com/curso/informatica/gps/capitulo1.htm [2006, 7 de julio].

[19] Gutovnik, Pedro (1999), *Como funciona el GPS, en cinco pasos lógicos,* [en línea]. Disponible en: http://www.elgps.com/documentos/comofuncionagps/comofuncionagps.html [2006, 7 de julio].

[20] *Definiciones GPS*(2005, 17 de abril),[en línea]. Disponible en: http://www.argo.es/~jcea/artic/gps-definiciones.htm [2006, 7 de julio].

[21] Casañas, R. *ESTUDIO Y SIMULACIÓN CON MATLAB DE LA INTERFAZ DE RADIO DE GSM,* [en línea]. Granada:Universidad de Granada. Disponible en: http://ceres.ugr.es/~alumnos/c_avila/gsm0.htm [2006, 7 de julio].

**Trabajo de grado**

[22] Ribeiro, M. Y Sánchez, L. (2006). DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO INALÁMBRICO BASADO EN UN MODEM WAVECOM CON TECNOLOGÍA GSM PARA PREVENCIÓN, DETECCIÓN Y MANEJO DE FALLAS EN VEHÍCULOS AUTOMOTORES. Trabajo de Grado, Ingeniería en Informática, Universisdad Católica Andrés Bello, Caracas.