

SIRIO

Sistema de Localización Operado bajo red Celular



María Isabel Caicedo Castro
Rubén Darío Rincón Giraldo

Universidad del Cauca

Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Departamento de Telecomunicaciones

Línea: Gestión Integrada de Sistemas de Telecomunicaciones

Área de Sistemas de Comunicaciones Móviles e Inalámbricas

Popayán, Febrero 2006

SIRIO

Sistema de Localización Operado bajo red Celular



Trabajo de Grado para optar al Título de Ingeniero en Electrónica y
Telecomunicaciones

María Isabel Caicedo Castro
Rubén Darío Rincón Giraldo

Director: Víctor Manuel Quintero Flórez

Universidad del Cauca

Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Departamento de Telecomunicaciones

Línea: Gestión Integrada de Sistemas de Telecomunicaciones

Área de Sistemas de Comunicaciones Móviles e Inalámbricas

Popayán, Febrero 2006

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION	1
1 MARCO TEÓRICO	3
1.1 SERVICIOS BASADOS EN LOCALIZACIÓN (LBS)	3
1.2 COMPONENTES BÁSICOS DE UN LBS	4
1.2.1 <i>Tecnologías utilizadas para el posicionamiento</i>	6
1.2.1.1 Posicionamiento basado en la red de comunicaciones	6
1.2.1.2 Posicionamiento basado en el dispositivo móvil	7
1.2.2 <i>Tecnologías utilizadas para almacenamiento y procesamiento de datos</i>	9
1.2.2.1 Sistemas de Información Geográfica	10
1.2.2.2 Bases de Datos Geográficas	10
1.2.2.3 Servidores de Mapas de Internet	11
1.2.3 <i>Tecnologías de Acceso a la Información a través Dispositivos Móviles</i>	12
1.2.3.1 WML [10][11][12]	13
1.2.3.2 XHTML MP[13]	14
1.2.3.3 J2ME [49]	14
1.2.4 <i>Tecnologías de Transmisión de Datos</i>	16
1.2.4.1 Servicio General de Paquetes por Radio [10]	16
1.2.4.2 Servicios de Mensajería Corta [10]	18
1.3 APLICACIONES DE LOS SERVICIOS BASADOS EN LOCALIZACIÓN	21
1.3.1 <i>Sistemas de petición de información</i>	21
1.3.2 <i>Sistemas por suscripción</i>	22
1.3.3 <i>Sistemas de rastreo</i>	22
2 SIRIO	24
2.1 DEFINICION	24
2.2 APLICACIONES DE SIRIO	26
2.3 ARQUITECTURA GENERAL DE SIRIO	27
2.3.1 <i>Usuario Móvil (UM)</i>	27

2.3.2	<i>Usuario Remoto (UR)</i>	28
2.3.3	<i>Servidor Central (SC)</i>	28
2.4	FUNCIONES DE LOS MÓDULOS DEL SISTEMA	28
2.4.1	<i>Funciones del Usuario Móvil (UM)</i>	29
2.4.1.1	Funciones automáticas	29
2.4.1.2	Funciones manuales	29
2.4.1.3	Funciones del Servidor Central	31
2.4.1.4	Funciones del Usuario Remoto	33
2.5	VENTAJAS DE SIRIO ANTE SOLUCIONES TRADICIONALES	34
3	DISEÑO DE SIRIO	36
3.1	USUARIO MÓVIL (UM)	36
3.1.1	<i>Componentes</i>	36
3.1.1.1	Equipo de determinación de posición	36
3.1.1.2	Interfaz de Usuario	37
3.1.1.3	Interfaz de red celular	37
3.1.1.4	Controlador	37
3.1.2	<i>Intercambio de Mensajes entre los Módulos del UM</i>	37
3.2	SERVIDOR CENTRAL (SC)	38
3.2.1	<i>Interfaz UM</i>	39
3.2.1.1	Paquete controlUM	39
3.2.1.2	ModeloUM	40
3.2.1.3	Persistencia	40
3.2.1.4	ConexionUM	41
3.2.2	<i>InterfazUR</i>	41
3.2.2.1	ControlUR	41
3.2.2.2	ModeloUR	42
3.2.2.3	PersistenciaUR	42
3.2.3	<i>Servidor de Mapas</i>	43
3.3	USUARIO REMOTO (UR)	43
3.3.1	<i>Vista</i>	43
3.3.2	<i>Modelo</i>	45

3.3.3	<i>Conexión</i>	45
3.3.4	<i>Paquete Control</i>	45
3.3.5	<i>Paquete Mensajería</i>	46
4	IMPLEMENTACION DE SIRIO	47
4.1	USUARIO MÓVIL	47
4.1.1	<i>Bloque Equipo de determinación de Posición.</i>	47
4.1.1.1	Protocolo de comunicación	49
4.1.1.2	Conexión del GPS a un computador para configuración	50
4.1.1.3	Configuración de velocidad de transmisión	52
4.1.1.4	Configuración de intervalo de mensajes	52
4.1.1.5	Configuración de mensajes	52
4.1.1.6	Alimentación del GPS	54
4.1.2	<i>Interfaz de Red Celular</i>	55
4.1.2.1	Protocolo de comunicación	57
4.1.2.2	Sintaxis de los comandos AT en los MODEM Enfora	58
4.1.2.3	Configuración del MODEM	59
4.1.2.4	Conexión a 2 hilos	61
4.1.2.5	Transmisión de datos	61
4.1.2.6	Envío de Mensajes de Texto	65
4.1.2.7	Recepción de Mensajes de Texto	65
4.1.3	<i>Interfaz de Usuario</i>	66
4.1.3.1	Despliegue de Cristal Líquido	66
4.1.3.2	Teclado alfanumérico	69
4.1.3.3	Botones del panel	70
4.1.3.4	Menú	71
4.1.3.5	Señal sonora	72
4.1.4	<i>Controlador</i>	73
4.2	SERVIDOR CENTRAL	77
4.2.1	<i>Interfaz UM</i>	77
4.2.1.1	Paquete conexión	77
4.2.1.2	JSMSEngine	78

4.2.1.3	Funcionamiento general	79
4.2.2	<i>Interfaz UR</i>	80
4.2.2.1	beanConector	80
4.2.2.2	beanAdministrador	81
4.2.2.3	beanUsuario	82
4.2.2.4	beanVehiculo	83
4.2.2.5	beanConductor	84
4.2.2.6	beanPosicion	84
4.2.2.7	controlUR	85
4.2.3	<i>Servidor de Mapas</i>	86
4.2.3.1	Cartografía	86
4.2.3.2	MapServer	87
4.3	USUARIO REMOTO (UR)	89
4.3.1	<i>Paquete Vista</i>	89
4.3.1.1	Validación del Usuario	89
4.3.1.2	Ubicación Actual	90
4.3.1.3	Validación al sistema con J2ME	92
4.3.1.4	Lista vehículos	92
4.3.1.5	ActualizarDatos	94
4.3.1.6	CambiarContraseña	95
4.3.1.7	Menú Inicial	96
4.3.1.8	DatosVehiculos	98
4.3.1.9	UbicaciónActual	99
4.3.1.10	Rastreo	101
4.3.1.11	EnviarMensaje	101
4.3.2	<i>Paquete Conexión</i>	102
4.3.2.1	beanConexion con WebServices	103
4.3.2.2	beanConexion con http	104
4.3.2.3	conexionImagen	105
4.3.3	<i>Paquete Modelo</i>	105
4.3.3.1	BeanUsuario	105

4.3.3.2	BeanVehiculo	106
4.3.4	<i>Paquete Control</i>	107
4.3.4.1	ControlSirio	107
4.4	SOLUCION FINAL	107
5	RESULTADOS, RECOMENDACIONES, LIMITACIONES, TRABAJOS	
	FUTUROS Y CONCLUSIONES	109
5.1	RESULTADOS	109
5.2	RECOMENDACIONES	109
5.3	LIMITACIONES Y TRABAJOS FUTUROS	111
5.4	CONCLUSIONES	112
	SIGLAS	115
	BIBLIOGRAFIA	118

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Posibles Tecnologías para la implementación de LBS	5
Figura 2. Método de Localización TOA	7
Figura 3. Método de Localización TDOA	8
Figura 4. Método de Localización GPS	9
Figura 5. Dispositivo móvil de la Empresa TomTom	23
Figura 6. Estructura general de SIRIO	25
Figura 7. Diagrama de casos de uso general de SIRIO	25
Figura 8. Arquitectura General de SIRIO	27
Figura 9. Diagrama de secuencia para envío de mensajes de emergencia	30
Figura 10. Diagrama de secuencia para solicitud de posición del UM	33
Figura 11. Diagrama de Bloques del UM	36
Figura 12. Señales de Entrada/Salida Equipo de Determinación de Posición - Controlador	37
Figura 13. Señales de entrada salida Interfaz de Usuario - Controlador	38
Figura 14. Señales de entrada salida Interfaz de Red Celular - Controlador	38
Figura 15. Componentes básicos del Servidor Central	39
Figura 16. Diagrama de Paquetes del Usuario Remoto	43
Figura 17. GPS Tyco y Antena WiseWave	47
Figura 18. Diagrama de Pines del Receptor GPS	48
Figura 19. Formato general del protocolo NMEA	50
Figura 20. Conexión del GPS a un computador utilizando un Max 3232	51
Figura 21. Diagrama Circuitual Regulador de Voltaje LM317	55
Figura 22. MODEM Enfora GSM1218 con su antena	56
Figura 23. Conector MODEM Enfora GSM1218 a dos hilos	61
Figura 24. Conversión de voltajes del MODEM Enfora GSM1218 con el MAX 232	62
Figura 25. Interfaz de Usuario	67
Figura 26. LCD NAN YA LMMB3S025C3	67
Figura 27. Teclado alfanumérico	70

Figura 28. Diagrama circuital de los botones	70
Figura 29. Opciones del Menú del Panel de Usuario	71
Figura 30. Circuito utilizado para la señal sonora	72
Figura 31. Microcontrolador 16f877	74
Figura 32. Diagrama circuital completo UM	76
Figura 33. Teléfono celular Siemens c56 y cable de datos	77
Figura 34. Arquitectura de MapServer utilizada para SIRIO	88
Figura 35. Pantallas de Validación del Sistema	92
Figura 36. Pantallas de las pruebas de Lista Vehículos	94
Figura 37. Pantallas obtenidas en las pruebas Actualizar Datos	95
Figura 38. Resultados obtenidos en el Cambio de Contraseña	97
Figura 39. Resultados obtenidos del Menú Inicial	98
Figura 40. Resultados obtenidos de Información del Vehículo	99
Figura 41. Pantallas Resultados Obtenidos en Ubicación Actual	101

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación entre diferentes Tecnologías para Dispositivos Móviles	16
Tabla 2. Comparación entre GPRS y SMS	21
Tabla 3. Clases del Paquete ControlUM	40
Tabla 5. Clases del Paquete ModeloUM	40
Tabla 5. Clases del Paquete ModeloUM	41
Tabla 6. Clases del Paquete Control del SC	42
Tabla 7. Clases del Paquete Modelo del Servidor Central	42
Tabla 8. Clases del paquete Vista	44
Tabla 9. Clases del paquete Modelo	45
Tabla 10. Clases del paquete Conexion	45
Tabla 11. Clases del paquete Mensajería	46
Tabla 12. Características del Receptor GPS Tyco 1029B	48
Tabla 13. Descripción de los pines del Receptor GPS Tyco 1029B	49
Tabla 14. Descripción detallada del mensaje \$GPGGA	54
Tabla 15. Descripción detallada del mensaje \$GPVTG	54
Tabla 16. Características Principales MODEM Enfora GSM1218	57
Tabla 17. Estructura de las operaciones soportadas por comandos AT	58
Tabla 18. Parámetros a ser configurados en el MODEM Enfora GSM 218	60
Tabla 19. Parámetros del Comando de Definición de Contexto PDP	64
Tabla 20. Características del Despliegue de Cristal Líquido	67
Tabla 21. Descripción de pines del módulo LCD	69
Tabla 22. Características microcontrolador 16F877	74
Tabla 23. Clases de la librería jSMSEngine	79
Tabla 24. Parámetros de Validez y Resultado de beanAdministrador	81
Tabla 25. Parámetros de Validez y Resultado del beanUsuario	82
Tabla 26. Parámetros de Validez y Resultado del beanVehiculo	83
Tabla 27. Parámetros de Validez y Resultado del beanUsuario	84
Tabla 28. Parámetros de Validez y Resultado del beanPosición	85

Tabla 29. Parámetros de Validez y Resultado del controlUR	86
Tabla 30. Capas del archivo de configuración de MapServer	89
Tabla 31. Criterios de Evaluación de Validación del Sistema	90
Tabla 32. Criterios de validación para Ubicación Actual	91
Tabla 33. Problemas, soluciones y resultados utilizando WML	91
Tabla 34. Criterios de Evaluación de ListaVehiculos	93
Tabla 35. Parámetros de Validez de Actualización de datos	95
Tabla 36. Parámetros de Validez de Cambio de Contraseña	96
Tabla 37. Parámetros de Validez de Menú Inicial	97
Tabla 38. Parámetros de Validez de DatosVehiculos	99
Tabla 39. Parámetros de Validación y Resultados de Ubicación Actual	101
Tabla 40. Parámetros de Validez para el Envío de Mensajes	102
Tabla 41. Comparación entre HTTP y WebServices	102
Tabla 42. Parámetros de Validez para la Conexión con el SC	103
Tabla 43. Problemas, Soluciones y Resultados con WebServices	104
Tabla 44. Parámetros de Validez y resultados obtenidos en beanUsuario	106
Tabla 45. Parámetros de Validez y resultados obtenidos en beanVehiculos	107
Tabla 46. Tecnologías y protocolos utilizados en la implementación de SIRIO	108

INTRODUCCION

Nos encontramos en una generación de las telecomunicaciones marcada por los servicios que las empresas puedan ofrecer a sus clientes con el objetivo de poder diferenciarse y abarcar cada vez más mercado. La evolución de la telefonía celular ha permitido incorporar cada vez mejores servicios de valor agregado de forma práctica y de fácil acceso para el usuario. Los usuarios por su parte buscan soluciones que hagan sus vidas cada vez más fáciles y seguras. De allí surgen los Servicios Basados en Localización, los cuales utilizan la posición del usuario para suministrarle un conjunto de posibilidades de acuerdo a su necesidad.

Los Servicios Basados en Localización orientados tienen una amplia acogida tanto en el contexto nacional como internacional e inclusive han promovido la expedición de leyes en cuanto a criterios de seguridad.

SIRIO busca reunir un conjunto de tecnologías para ofrecer una solución robusta en el campo de los Servicios Basados en Localización orientado al control de vehículos y que a su vez represente un costo bajo en relación a soluciones del mercado, utilizando en lo posible herramientas de software libre y dispositivos de bajo costo.

SIRIO se enfoca también en el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles como respuesta a la masificación de la telefonía celular en Colombia y el mundo, impulsada por los operadores móviles y fabricantes de dispositivos. Esta solución ha sido posible gracias a la reducción de costos en los equipos celulares, el soporte de características cada vez más avanzadas y la iniciativa por parte de los fabricantes de proveer a los desarrolladores de herramientas libres para la elaboración de aplicaciones.

En este documento se describe el desarrollo e implementación de **SIRIO**. Se comienza por una descripción general de las diversas tecnologías involucradas en la ejecución del

proyecto. Después, se plantea de forma más detallada el problema que **SIRIO** resuelve, luego se explica la arquitectura planteada para llevar a cabo el proyecto, el diseño e implementación de cada una de las partes que conforman el sistema. Por último se mencionan los trabajos futuros relacionados a este proyecto y las conclusiones que se obtuvieron con el desarrollo del trabajo.

1 MARCO TEÓRICO

1.1 SERVICIOS BASADOS EN LOCALIZACIÓN (LBS)

Los Servicios Basados en localización (LBS, Location Based Services) responden a tres preguntas: ¿Dónde estoy?, ¿Qué está a mi alrededor? y ¿Cómo logro llegar allá?. Estos dan a los usuarios un conjunto de servicios que parten de su ubicación geográfica ofreciendo la posibilidad de encontrar personas, máquinas, vehículos, recursos, lugares, sitios de interés y además realizar un registro de su localización [3].

Normalmente este tipo de servicios involucran dispositivos móviles, redes de telecomunicaciones y servidores de aplicaciones en donde se almacena la información. La localización del usuario puede llevarse a cabo en el dispositivo que se conecta a la red de telecomunicaciones o por la misma red utilizando diversas técnicas basadas en el conocimiento del área de acción del usuario en el momento de la petición u otras técnicas que utilizan el cálculo de los tiempos de propagación de la señal a diversos puntos de la red [6].

Dentro de los principios inmersos en los LBS se encuentra la privacidad del usuario, así en cualquier momento que se haga una petición de su ubicación debe existir un permiso por parte de él para la obtención de sus coordenadas geográficas. [6]

Uno de los principales motivos que impulsó el despegue de LBS fue el requisito impuesto por parte de la Comisión Federal de Comunicaciones de los Estados Unidos (FCC, Federal Communications Commission) de que todos los operadores deberían obtener la posición geográfica de aquellos usuarios que llamen al número de emergencia 911 con un rango



menor a 100 metros de error. Aunque la fecha límite en un principio fue Octubre de 2001, esto tomará unos pocos años más hacer que se cumpla al 100%. Posteriormente la Comisión Europea impuso este mandato en Europa y los operadores se vieron obligados a hacer grandes inversiones en la adecuación de sus redes de tal forma que se cumpliera con el requisito, por lo que surgió la necesidad de ofrecer diferentes servicios de valor agregado para distinguirse de los competidores y permitir generar alta rentabilidad. [6]

En esencia, los LBS pueden ser suministrados a través de la integración de redes de telecomunicaciones inalámbricas y tecnologías computacionales con elementos de procesamiento espacial tales como tecnologías de posicionamiento, almacenamiento y procesamiento de datos. [1]

1.2 COMPONENTES BÁSICOS DE UN LBS

Para implementar un LBS es necesario resolver cuatro preguntas fundamentales: ¿Cómo realizar la ubicación?, ¿Cómo almacenar y procesar la información?, ¿De que manera se puede acceder a la información?, ¿Cómo se puede transmitir los datos?. Al tratar de dar respuesta a cada una de las preguntas planteadas, se deducen un conjunto de tecnologías que de acuerdo a su función se han agrupado de la siguiente manera:

- 🌐 *Tecnologías para la posición:* Son las encargadas de calcular con la mayor precisión posible la posición del objeto a ser localizado.
- 🌐 *Tecnologías para el almacenamiento y proceso de información:* Encargadas de recoger los datos geográficos obtenidos con las tecnologías para posicionamiento, almacenar y procesar la información para futuras consultas.
- 🌐 *Tecnologías de acceso a la información:* Permiten visualizar las peticiones realizadas a través de una interfaz agradable y entendible para el usuario.

- 🌐 *Tecnologías de transmisión de datos*: Encargadas de transmitir bidireccionalmente la información generada por el usuario y las tecnologías de almacenamiento y proceso. [2]

En la Figura 1 se indica las posibles tecnologías que conforman cada uno de estos grupos.

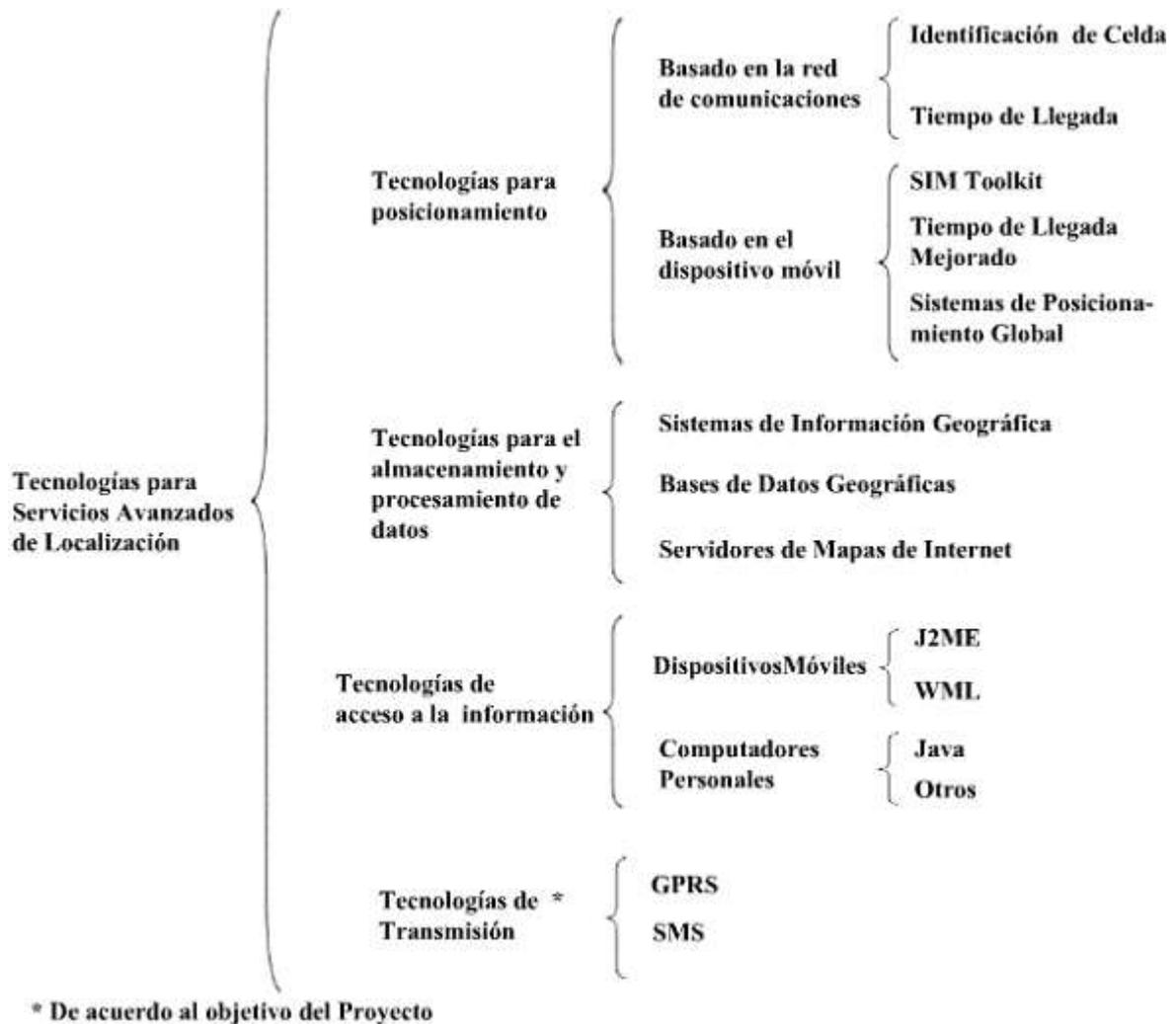


Figura 1. Posibles Tecnologías para la implementación de LBS

1.2.1 Tecnologías utilizadas para el posicionamiento

Determinar la localización de los usuarios móviles es una de las tareas que más retos conlleva en los LBS. Existen varios mecanismos de posicionamiento que pueden ser divididos principalmente en dos categorías.

1.2.1.1 Posicionamiento basado en la red de comunicaciones

En esta categoría, la red en conjunto con un equipo para cálculo de posición, son los encargados de determinar la ubicación del usuario. Entre estas tecnologías se tienen:

- 🌐 *Identificación de celda (cell ID)*: Este mecanismo se basa en la identificación de la celda, dado que en los sistemas móviles las estaciones base difunden su identidad por toda la celda, dato que conocen los terminales móviles. La posición del usuario se obtiene determinando la celda actual en la que se encuentra el usuario [4]. En este caso la red suministra esta información a la aplicación y la precisión varía de acuerdo al tamaño de la celda que puede variar desde 50 m en áreas urbanas hasta 50 km¹ de radio en áreas rurales [5]. Este mecanismo es implementado por aplicaciones que requieren una baja precisión.
- 🌐 *Tiempo de Llegada (TOA, Time Of Arrival)*: Este método se basa en estimar la posición del terminal móvil calculando el tiempo que tarda en llegar la señal a la estación base. Este valor junto a la identidad de la celda presenta un error de 1000 m en entornos rurales. Como se observa en la Figura 2, la precisión está dada por el arco dibujado en color más oscuro. Ésta puede aumentarse desde 40 m hasta 400 m al utilizar las medidas realizadas de al menos tres estaciones bases, en este caso, las medidas son reportadas al servidor de localización quien se encarga de realizar los

¹ La máxima cobertura que puede tener una antena situada a 200 m sobre el nivel del mar está dada por un circunferencia de radio $d \sim (2rh)^{1/2}$, siendo $r \sim 6.400$ Km.

cálculos [4]. El principal error de este método viene determinado porque normalmente no hay línea de vista, sino que la señal llega a la estación base por reflexión en diferentes sitios (multitrayectoria).

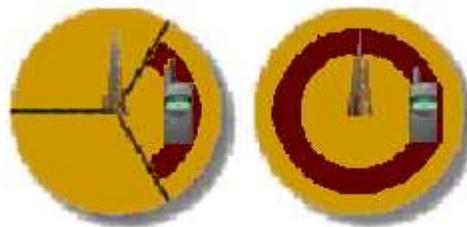


Figura 2. Método de Localización TOA

1.2.1.2 Posicionamiento basado en el dispositivo móvil

Esta categoría hace referencia al dispositivo móvil, ya que éste se encarga de proveer los datos de ubicación del usuario, sin embargo la red puede ser utilizada para asistir en la adquisición de los datos o en realizar estimaciones de posición basada en los datos arrojados por el dispositivo móvil, las principales tecnologías son:

- 🌐 *SIM Toolkit*: El SIM Toolkit es una Interfaz de Programas de Aplicación (API, Application Program Interface) entre el Módulo de Identificación del Suscriptor (SIM, Subscriber Identity Module) en los teléfonos GSM y una aplicación. La posición se obtiene de un registro de la celda actual extraído de la SIM y de allí, la precisión de la ubicación depende del tamaño de la celda. El SIM Toolkit permite la comunicación entre la SIM y un servidor de aplicación de localización (que puede contener algoritmos adicionales para asistir en el posicionamiento móvil).[4]
- 🌐 *Tiempo de Llegada Mejorado (TDOA, Time Difference of Arrival)*: En este método se utilizan dispositivos móviles con características especiales, a diferencia del método de tiempo de llegada, el cálculo de la posición se hace en el dispositivo y no

en los elementos de red. La red por su parte, incorpora nuevos componentes denominados Unidades de Medición de Localización (LMU, Location Measure Units) con fuentes de temporización de alta precisión y dispersas por toda el área geográfica. La posición se calcula en base a las diferencias de tiempo de la señal entre al menos tres estaciones base y el dispositivo móvil y la estación base y las LMU [4]. Esta técnica de localización brinda un rango de error de 50 a 125 m.

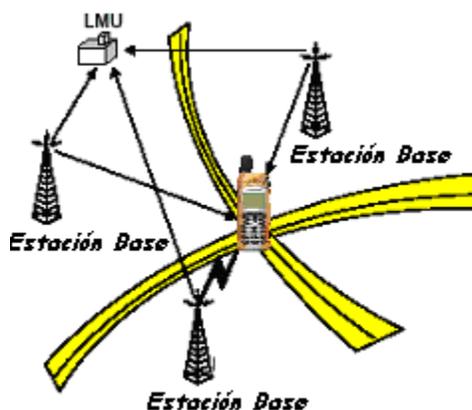


Figura 3. Método de Localización TDOA

- 🌐 *Sistemas de Posicionamiento Global:* El Sistema de Posicionamiento Global (GPS, Global Positioning System) es un sistema de navegación basado en un conjunto de satélites que orbitan la tierra y operado por el Departamento de Defensa (DoD, Department of Defense) de los Estados Unidos. GPS determina posición, tiempo y velocidad y además tiene cobertura mundial durante las 24 horas del día sin cargo alguno para los usuarios. Este sistema ofrece una alta precisión en condiciones de operación favorables (pues se presentan altas pérdidas de acuerdo a las condiciones atmosféricas dado que opera a 1575¹ MHz) y los receptores son pequeños, livianos, económicos y de bajo consumo de potencia. [2]

Sin embargo, GPS tiene serias limitantes debido a la atenuación de la señal de los satélites por obstrucción de edificios. No hay un funcionamiento óptimo en áreas

¹ Frecuencia de la banda L1, para utilización comercial.

urbanas con muchas edificaciones, áreas que a menudo originan la mayor demanda de servicios. Para solucionar este inconveniente, la red de telecomunicaciones asiste al dispositivo móvil con datos provenientes de estaciones especiales. Esto permite al GPS un cálculo de posición más acertado en áreas urbanas donde la señal es muy débil.

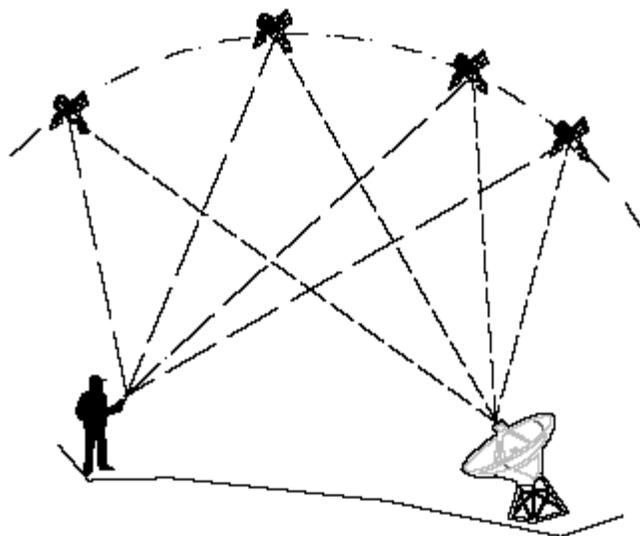


Figura 4. Método de Localización GPS

1.2.2 Tecnologías utilizadas para almacenamiento y procesamiento de datos

Un punto importante a tener en cuenta son las fuentes de datos utilizadas por los servicios. Los datos pueden residir en forma local en un dispositivo móvil y en forma remota a través de un proveedor de servicios. En el primer caso, debido a la limitación de la capacidad de almacenamiento de dichos dispositivos, se utilizan tarjetas de expansión de memoria como pequeñas bases de datos en donde se encuentra la cartografía necesaria de acuerdo a una zona de movilidad del usuario. De esta manera, es necesario actualizar periódicamente la información. Además, el hecho de trabajar desconectado a un proveedor de servicios implica mayor costo de inversión inicial. La ventaja de esta opción es su funcionamiento en áreas donde no hay cobertura de la red celular. [2]



En el segundo caso, el proveedor de servicios es quien suministra los mapas e información necesaria a través de una red de transmisión de datos a cambio de un pago de acuerdo al servicio suministrado, o una tarifa plana. Obviamente, el operador de red estaría más interesado en impulsar éste método de obtención de datos descrito, pues hace uso continuo de su red.

1.2.2.1 Sistemas de Información Geográfica

Un Sistema de Información Geográfica (SIG, Geographical Information System), se refiere a capacidades computacionales para manipular cualquier dato que posea atributos espaciales asociados a él. Un SIG es también utilizado para manejar puntos de interés, tales como localización de estaciones de gasolina, restaurantes, discotecas, etc. Además incluye funciones para soportar las operaciones de adquisición, compilación, almacenamiento, gestión, presentación y análisis de datos. Los datos espaciales en la forma de mapas o imágenes pueden ser almacenados en diferentes formatos de los cuales los más utilizados son: vectorial y raster. [6]

1.2.2.2 Bases de Datos Geográficas

Las bases de datos relacionales convencionales son generalmente utilizadas para almacenar datos espaciales, sin embargo, están diseñadas para realizar transacciones que involucran datos simples como caracteres o datos numéricos. Los datos espaciales son usualmente objetos más complejos que requieren más de una estructura de datos para describirlos.

Las Bases de Datos Geográficas permiten el almacenamiento de datos complejos e incluyen un sistema de gestión que brinda la habilidad para realizar relaciones entre objetos. Estas bases de datos soportan la Estructura de Lenguaje de Peticiones (SQL, Structured Query Language) y además operaciones relacionadas con datos geográficos



como consultas de proximidad o de obtención de puntos de acuerdo a una determinada área geográfica. El factor determinante que suministran las bases de datos geográficas es la posibilidad de obtención de características en tiempo de ejecución. [6]

Como ejemplo de las bases de datos geográficas se pueden mencionar a Microsoft Jet Engine, Oracle y una extensión de PostgreSQL denominada PostGIS que es una solución de software libre que agrega soporte para objetos geográficos al motor de base de datos objeto-relacional PostgreSQL habilitándola de esa forma para ser usada como backend para un GIS. [6]

1.2.2.3 Servidores de Mapas de Internet

Los Servidores de Mapas de Internet son componentes de software que dirigen la creación dinámica de mapas y asocian elementos de cartografía (barra de escala, leyenda, mapa de referencia, etc.) de fuentes de datos espaciales tales como bases de datos espaciales, Lenguaje de Marcación Geográfico (GML, Geography Markup Language) que es un lenguaje basado en el Lenguaje de Marcación Extensivo (XML, eXtensible Markup Language) pero específico para manipulación de datos geográficos, formatos de datos propietarios o datos de tiempo real provenientes de un sistema GPS. Muchas estrategias técnicas para la generación de mapas en la Web pueden ser desarrolladas, pero el escenario básico involucra la extracción de coordenadas de características espaciales de una fuente de datos y convertirlos a una imagen de formato raster (PNG, Portable Network Graphics) o vector (SVG, Scalable Vector Graphics) que es retornada a un navegador Web. Este proceso puede ser implementado con un amplio rango de herramientas de software libre, incluyendo Perl, PHP, Java, Python, etc. La mayoría de servidores de mapas incluyen interfaces de usuario para la interacción con mapas generados en el servidor. [7]

Uno de los Servidores de Mapas con mayor aceptación es MapServer. Este es un ambiente de desarrollo de código abierto para desarrollar aplicaciones Web espaciales construidas



sobre otros sistemas de código abierto y que corre tanto bajo plataformas UNIX/Linux como sobre Windows 95 o superior.

El proyecto MapServer de la Universidad de Minnesota es un servidor de mapas libre con un amplio desarrollo y funcionalidad avanzada. MapServer ofrece una simple Interfaz de Pasarela Común (CGI, Common Gateway Interface) para servir mapas generados de forma dinámica y asociados a elementos cartográficos, incluyendo leyendas, barras de escala y mapas de referencia en Internet.

Las capacidades más importantes de MapServer son [7]:

- Las capas de los mapas temáticos pueden ser generadas desde múltiples fuentes, incluyendo shapefiles de ESRI y bases de datos espaciales (PostGIS, Oracle Spatial, ESRI SDE).
- La simbología es altamente personalizable y soporta el uso de imágenes JPEG o PNG para marcadores de puntos.
- Las características de dibujo pueden ser dependientes de la escala.
- Mapas temáticos pueden ser construidos utilizando expresiones lógicas.
- Elementos cartográficos, incluyendo leyendas y barras de escala son generados automáticamente.

1.2.3 Tecnologías de Acceso a la Información a través Dispositivos Móviles

Los dispositivos móviles como teléfonos celulares, se caracterizan por ser dispositivos pequeños, que cuenta con limitaciones en cuanto a capacidades de almacenamiento, procesamiento, visualización e interacción con el usuario. Dentro de las nuevas tecnologías que incorporan estos dispositivos se encuentran primordialmente el acceso a Internet, que adicionado a la movilidad suministrada por la red celular brinda acceso a todo tipo de



información y conectividad global. Así mismo, da capacidad al usuario de crear sus propias aplicaciones o descargarlas de Internet e instalarlas en su equipo.

En cuanto al acceso y navegación en Internet, se utiliza el Protocolo de Aplicaciones Inalámbricas (WAP, Wireless Application Protocol) que es el encargado de la comunicación y la interpretación de los contenidos. Para la creación de las páginas que se visualizan en los dispositivos, se cuenta con el Lenguaje de Marcación Inalámbrico (WML, Wireless Markup Language), definido en WAP 1.0 y con el Lenguaje Extensible de Marcación de Hipertexto de Perfil Móvil (XHTML MP, eXtensible Hyper Text Markup Language Mobile Profile), definido en WAP 2.0 que es la especificación de servicios móviles más reciente creada por el WAP Forum.

1.2.3.1 WML [10][11][12]

WML es un lenguaje basado en XML y fue desarrollado para especificar contenidos e interfaces de usuario para dispositivos móviles. Las características de WML pueden agruparse en cuatro áreas principales:

- Soporte de texto e imagen y amplia variedad de formatos y comandos.
- Las cards WML se agrupan en desk. Una baraja WML es similar a una página HTML identificada por un Localizador Uniforme de Recursos (URL, Uniform Resource Locator) y es la unidad básica de transmisión de contenidos.
- Soporte para gestión de navegación entre cartas y barajas, e incluye comandos que permiten la navegación o ejecución de scripts.
- Establecer parámetros para todas las barajas de WML utilizando un modelo establecido. Se pueden usar variables en lugar de cadenas y sustituirse en el tiempo de ejecución. Esta forma de establecer parámetros permite que los recursos de la red sean utilizados de forma eficiente.

Toda la información de WML se transmite en formato codificado por la red inalámbrica, por lo que presenta restricción en algunos caracteres.

1.2.3.2 XHTML MP[13]

Es un lenguaje de marcación de WAP 2.0. XHTML MP es un subconjunto de XHTML, el cual es la combinación de HTML y XML. El objetivo de XHTML MP es reunir las dos tecnologías para el Internet móvil y para la Red Mundial (WWW, Word Wide Web). Antes de XHTML MP, los desarrolladores WAP utilizaban WML y WMLScript y creaban sitios WAP, mientras los desarrolladores WEB utilizaban HTML/XHTML y construían sitios Web.

1.2.3.3 J2ME [49]

Es una plataforma para el desarrollo de aplicaciones Java en dispositivos inalámbricos implementada por Sun Microsystem. A diferencia de la Segunda Edición Estándar de Java (J2SE, Java2 Standard Edition), J2ME no es sólo una pieza de software ni una simple especificación, J2ME es una plataforma, una colección de tecnologías y especificaciones diseñadas para los diferentes segmentos del mercado de los dispositivos móviles.

J2ME se divide en configuraciones, perfiles y paquetes opcionales. Las configuraciones son especificaciones que detallan una Máquina Virtual Compacta (KVM, Kilobyte Virtual Machine) que es la base de la plataforma y puede ser implementada en varios sistemas operativos y en gran variedad de hardware y un conjunto base de APIs o librerías que pueden ser utilizadas en cierta clase de dispositivos y son el conjunto de clases y objetos que permiten, mediante la utilización del lenguaje Java, la interacción entre el programador y el computador y entre este y el usuario final.

Actualmente J2ME tiene disponibles dos configuraciones:

-  Connected Limited Device Configuration (CLDC). Para dispositivos pequeños con conexiones de red intermitentes, como teléfonos celulares y PDA.



- Connected Device Configuration (CDC). Diseñada para dispositivos más grandes (en términos de memoria y capacidad de procesamiento) con conexiones de red robustas.

Un perfil trabaja sobre una configuración agregando las APIs específicas para generar un entorno completo de construcción de aplicaciones. Usualmente incluyen APIs para el ciclo de vida de las aplicaciones, interfaz de usuario y almacenamiento persistente.

El Perfil de Dispositivo de Información Móvil (MIDP, Mobile Information Device Profile) es el perfil con mayor desarrollo en la plataforma Java, aunque se está investigando el PDA Profile. MIDP incluye APIs de interfaz de usuario, definición del ciclo de vida de las aplicaciones y algunas para el almacenamiento persistente.

En la Tabla 1 se hace un comparativo entre los lenguajes de programación explicados anteriormente:

Característica	J2ME	XHTML - MP	WML
Ubicación de la Aplicación	Reside en el equipo, por lo tanto depende de los recursos de este.	Se encuentra en el servidor WAP.	Se encuentra en el servidor WAP.
Tamaño de la aplicación	Debe ser pequeña. En los equipos de la Serie 40 no puede exceder a 128 Kbyte.	No tiene restricción en el tamaño de la aplicación, pero si hay limitaciones en el tamaño de cada página.	No tiene restricción en el tamaño de la aplicación, pero si hay limitaciones en el tamaño de cada página.
Acceso a Internet	A través de HTTP y Web Services.	WAP	WAP
Características de la aplicación.	Se pueden implementar funcionalidades que permiten al usuario interacción con la aplicación, tales como cursor, agenda manipulaciones de imágenes.	Integración mínima con cualquier otro tipo de funcionalidad del dispositivo móvil.	No se pueden implementar cursor.
	La implementación de la aplicación depende del equipo en el que se vaya a instalar.	Los recursos que utiliza la aplicación son más generales, lo que permite que no dependa del equipo móvil.	Los recursos son más generales, lo que permite que no dependa del equipo móvil.



Característica de los equipos.	Soportar J2ME, según las características de la aplicación debe además soportar alguno de sus perfiles, WMA (JSR 120), Bluetooth (JSR - 182).	Soportar WAP 2.0. (Son los equipos más costosos que existen actualmente en el mercado.)	Deben soportar el protocolo WAP. Todos los equipos móviles que tengan acceso a Internet, soportan al menos WML.
--------------------------------	--	---	---

Tabla 1. Comparación entre diferentes Tecnologías para Dispositivos Móviles

1.2.4 Tecnologías de Transmisión de Datos

Los protocolos de comunicación móvil no son globalmente interoperables, el Sistema Global para Comunicaciones Móviles (GSM, Global System for Mobile Communications) parece ofrecer soluciones superiores para servicios de valor agregado y de aquí su popularidad en todo el mundo, sin embargo, los servicios basados en las redes de Acceso Múltiple por División de Código (CDMA, Code Division Multiple Acces) también han sido introducidos. Actualmente, las aplicaciones de Servicios Basados en Localización se desarrollan tanto para redes CDMA como GSM, así mismo en las nacientes redes de Tercera Generación (3G, Third Generation) como el Sistema de Telefonía Móvil Universal (UMTS, Universal Mobile Telephone System) que es la evolución de GSM, también conocido como el sistema Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha (WCDMA, Wideband Code Division Multiple Access).

1.2.4.1 Servicio General de Paquetes por Radio [10]

Por medio del Servicio General de Paquetes por Radio (GPRS, General Packet Radio Service), los datos se transmiten por conmutación de paquetes sobre la red GSM. Al sistema GPRS se le conoce también como GSM-IP ya que utiliza la tecnología del Protocolo de



Internet (IP, Internet Protocol) para acceder directamente a los proveedores de servicios de Internet.

Con GPRS se pierde el concepto de facturación por tiempo ya que no se debe establecer un canal dedicado para cada usuario sino que la conexión se realiza en el momento de utilización del canal. La vía de conexión es mucho más utilizada, ya que permite a los usuarios compartir el mismo medio.

La velocidad de conexión, puede llegar a los 171.2 Kbps (velocidad pico) teóricos, en la práctica se puede llegar a los 40 Kbps en promedio, dependiendo de la clase de terminal y de la disponibilidad de los recursos de red.

Las ventajas resumidas de GPRS son:

- Aumento considerable de la velocidad de transmisión que llega a 40 kbps, en función del terminal GPRS utilizado y del estado de la red.
- Modo de conexión permanente (always-on).
- Facturación por volumen de información intercambiada (Kbytes) y no por el tiempo de conexión.
- Mejora de los servicios clásicos de datos: acceso a Internet, WAP, servicios corporativos de acceso a Intranet.
- Disminución del tiempo de establecimiento de conexión (1-2 segundos)

Para la transmisión de datos o acceso a Internet con movilidad, existen dos alternativas:

- Adquirir una tarjeta de Asociación Internacional de Tarjetas de Memoria para Computadores Personales (PCMCIA, Personal Computer Memory Card International Association) GPRS o MODEM GPRS, para computadores portátiles o para las Agendas Digitales Personales (PDA, Personal Digital Assistant) y contratar un plan de transmisión de datos (estos planes son mínimo de un año de duración).



- Utilizar su teléfono celular como MODEM: en este caso se debe contar con un celular GSM con capacidad GPRS y contratar un servicio adicional a un servicio contractual de voz.

GPRS es la forma de acceso a datos más segura, rápida, eficiente y de mejor relación costo-beneficio. De allí que GPRS contribuye significativamente a la meta de acceder a la información independientemente del momento y el lugar.

1.2.4.2 Servicios de Mensajería Corta [10]

Los Servicios de Mensajería Corta (SMS, Short Message Service) no son una característica de conmutación de circuitos. Sin embargo, son transmitidos sobre los canales de señalización de los sistemas por conmutación de circuitos. SMS transmite contenido compuesto por la información de usuario (texto) en paquetes de datos junto con los mensajes de señalización que soporta la red GSM de conmutación de circuitos. El conjunto de mensajes de señalización también controla el enrutamiento y la transmisión de los paquetes SMS como parte de la señalización de la capa de comunicación conocida como la Parte de Aplicación Móvil (MAP, Mobile Application Part). MAP incluye mensajes que sirven como instrucciones para funciones cruciales de GSM tales como gestión de la movilidad, monitoreo de llamada, activación de servicios pro subscriptor, y mucho más.

SMS implica la habilidad de enviar y recibir mensajes de texto hacia y desde un terminal móvil. Por naturaleza, no se requiere un canal disponible en tiempo real para obtener un proceso exitoso. En cambio el terminal, una vez asociado con la red, esta en “always on” y acepta y recibe el mensaje, el cual puede ser temporalmente sostenido en el sistema si el teléfono se encuentra apagado o fuera del área.

Los mensajes SMS son generados por el equipo terminal, dispositivos desde celulares sencillos hasta servidores de aplicaciones especializadas construidos específicamente para la generación y envío de mensajes. Un componente importante del sistema es el Centro de



SMS (SMSC, SMS Center), el cual es un computador que actúa como un módulo de “guarda y envía” (store and forward) y “amplifica” y “enruta”. En otras palabras, el SMSC realiza las siguientes funciones: guarda mensajes hasta que el receptor este listo para recibir los SMS y luego los envía, actuando como un buffer¹ y evita transmitir a un teléfono que tenga la memoria llena; amplifica el mensaje en la sentido que duplica y trata de conectarse con el dispositivo de recepción tantas veces hasta que se expire el número de reintentos predeterminados en un periodo; y finalmente, enruta el SMS desde la fuente.

Los mensajes SMS están especificados en los documentos GSM 03.40 [13] y GSM 03.38 [14], y son de 160 caracteres de largo, siempre que cada carácter sea de 7 bits según el alfabeto *7-bit default alphabet*. Los mensajes enviados con el alfabeto de 8 bits (máximo 140 caracteres) no son observados por los móviles como mensajes de texto y son utilizados para datos de imágenes y sonidos. Los mensajes de 16-bit (máximo 70 caracteres) se utilizan para textos de mensaje Unicode (UCS2), visible por muchos teléfonos.

En la actualidad los mensajes SMS tienen una serie de ventajas de acuerdo a sus características:

- 🌐 *Almacenaje y envió:* Esto significa que en el caso de que el receptor no esté disponible, el mensaje es almacenado, mecanismo que no se encuentra incorporado en GPRS. Además una vez que los mensajes estén preparados y listos para enviar, en caso de presentarse algún problema pasan hacer manejados por el SMSC y no por el usuario.
- 🌐 *Confirmación de entrega:* Esto significa que el usuario sabe que el SMS ha llegado a su destino.
- 🌐 *Penetración en el Mercado Mundial.*

Dentro de las desventajas de SMS se resalta:

¹ Memoria dedicada a almacenar temporalmente la información que debe procesar un dispositivo hardware para que éste pueda hacerlo sin bajar el rendimiento de la transferencia hasta el destino.



- *Tamaño limitado de los mensajes:* El mensaje corto permite enviar hasta 160 caracteres debido a las limitaciones del MAP. Sería preferible un mensaje que tenga varias veces esta magnitud. En GPRS tiene una capacidad de envío mucho mayor. Con los Servicios de Mensajería Multimedia (MMS, Multimedia Messaging Services) se ha superado el límite de los 160 caracteres logrando transmitir hasta 1000 caracteres.
- *Estructura inflexible del mensaje:* La estructura del protocolo SMS basada en la Unidad de Datos de Protocolo (PDU, Protocol Data Unit) es inflexible como está definido en el estándar GSM 03.40. El Esquema de Codificación de Datos (TP-DCS, Data Coding Scheme), la dirección de origen (Origination Address), el Identificador de Protocolo (PI, Protocol Identifier) y otros campos de cabecera están fijos, limitando el número de escenarios posibles. Incluso el uso de algunas características impide que se usen otras. Como solución a esto el 3G incluirá una etiqueta de tamaño variable. Cada parámetro de cabecera, como por ejemplo, el Data Coding Scheme tendrá una etiqueta para indicar qué tipo de información se va a enviar en el campo siguiente con una variable que indica el tamaño de la información que se envía.
- *Almacenaje y Envío:* Todos los mensajes SMS pasan por el SMSC del proveedor. Mucho se ha discutido sobre la posibilidad de enviar mensajes sin pasar por esos centros pero sin éxito hasta la fecha.

En la Tabla 2 se establecen ventajas y desventajas entre GPRS y SMS con respecto a una aplicación en dispositivos móviles.

Características	GPRS	SMS
Costos	Paga sólo la cantidad de información transmitida.	Paga por cada mensaje que se envíe sin importar la longitud.
Longitud Mensaje	No tiene límite.	Máx. 160 Caracteres
Precio	5 Mbyte por \$20000 + IVA	Entre \$180 a \$ 350

Almacenamiento de Información	Si el terminal receptor se encuentra apagado, la red no almacena la información para reenviarla después.	Si el terminal receptor se encuentra apagado, el SMSC almacena el mensaje y lo reenvía n número de veces (n es un número fijado por la red)
Terminal Móvil	Debe soportar GPRS lo que aumenta los costos.	Actualmente la mayoría de dispositivos soportan SMS.
Congestión en la Red	Dado que utiliza sus propios canales para la transmisión de datos, hay más probabilidad de congestión.	Los SMS son enviados a través del canal de señalización de la red GSM por lo que hay menos probabilidad de congestión de la red.

Tabla 2. Comparación entre GPRS y SMS

1.3 APLICACIONES DE LOS SERVICIOS BASADOS EN LOCALIZACIÓN

Existe una amplia gama de aplicaciones en cuanto a servicios basados en localización. Para clasificarlos se tomó como referencia el documento SE.23 de la Asociación GSM (GSM Association) que define básicamente tres escenarios:

1.3.1 *Sistemas de petición de información*

En ellos, el usuario hace una petición específica de información de acuerdo a su ubicación geográfica. Mediante esta petición se suministra el permiso correspondiente para que el sistema conozca su posición. Un ejemplo de este tipo de servicio es un turista que quiere conocer en su dispositivo móvil la ubicación de los sitios de interés más cercanos a su posición. De esta forma, el hace la petición, un servidor toma los datos, los procesa y le envía ya sea en forma gráfica o de texto la ubicación de museos, parques y centros de recreación cercanos a su punto.



1.3.2 Sistemas por suscripción

En ellos el usuario se suscribe a un servicio de tal forma que le sea enviada información relativa a su posición con una cierta regularidad. Un ejemplo de este tipo de servicio es un conductor que recibe diariamente en las horas pico un reporte del tráfico de acuerdo al lugar donde se encuentra. En el momento de la suscripción, el usuario ha suministrado el permiso necesario y el sistema realiza el proceso de obtención de localización y envío de información en forma automática.

1.3.3 Sistemas de rastreo

En ellos el usuario móvil es rastreado continuamente bajo su autorización. Esta es la categoría de servicios más común y es utilizada básicamente para aplicaciones de control de flotillas y seguridad. En este caso, la información no es presentada necesariamente al usuario móvil que está siendo localizado, sino que puede ser presentada a otro dispositivo o terminal como un computador o dispositivo móvil.

Existen varias empresas a nivel mundial que ofrecen este tipo de servicios, entre ellas se tienen a la empresa *TomTom* [9] que distribuye en los Estados Unidos un conjunto de dispositivos que obtienen los datos de forma local y poseen un GPS empotrado, adaptable a carros y motocicletas, capaz de suministrar información de navegación, puntos de interés y rutas al interior de los Estados Unidos. Adicionalmente, el usuario puede solicitar información sobre el tráfico y el estado del tiempo de acuerdo a su posición.



Figura 5. Dispositivo móvil de la Empresa TomTom

De otro lado la empresa Finlandesa *Navicore* [3] ofrece una aplicación que trabaja en dispositivos de gama alta y Teléfonos Inteligentes (SmartPhones). Consiste en una tarjeta de expansión de memoria en donde se encuentran los datos de cartografía y un GPS externo conectado a través de Bluetooth, permitiendo llevar a cabo funciones de navegación y análisis de redes. La actualización de los mapas y la obtención de información de tráfico y estado del tiempo son hechas a través de la red GSM/GPRS.

Otro ejemplo es la empresa sueca *WayFinder*, cuyos proyectos de investigación nacieron al interior de Ericsson. Sus productos se desarrollan también para Teléfonos Inteligentes, igualmente hacen uso de un receptor GPS que se comunica con el dispositivo móvil vía Bluetooth. De esta forma, el dispositivo móvil notifica su posición a un servidor central utilizando la red GSM/GPRS y obtiene de él los datos cartográficos a ser desplegados al usuario.

Este tipo de servicios están disponibles principalmente para Estados Unidos y Europa, en lo que corresponde a Latinoamérica se encuentran únicamente servicios de rastreo para seguimiento de flotillas y seguridad vehicular. En Colombia se pueden nombrar varias empresas que ofrecen esta clase de servicio entre las que se encuentran Avantel SA utilizando tecnología Trunking con su producto AVANTRACK, COMCEL S.A quien ofrece servicio de “Seguimiento de Paquetes” a través de su red celular, la empresa SATRACK con su sistema UBICAD y muchas otras empresas que ofrecen este tipo de aplicaciones.

2 SIRIO

2.1 DEFINICION

SIRIO es un sistema de localización vehicular diseñado especialmente para el control remoto de flotillas a través de un dispositivo móvil o un computador conectado a Internet que hace uso de la infraestructura de telefonía móvil celular existente con el objetivo de obtener una amplia cobertura a nivel nacional. En la Figura 6 puede verse la estructura general del sistema.

Como se muestra en la Figura 6, SIRIO utiliza un dispositivo que se instala al interior de un vehículo y que permite solicitar información sobre sitios de interés cercanos a su ubicación y notificar situaciones de emergencia reportando automáticamente su posición aproximada. El dispositivo posee además interfaces para el envío y recepción de mensajes a teléfonos predefinidos.

SIRIO permite a un usuario a través de un dispositivo móvil o un computador personal, visualizar de forma gráfica el mapa del área cercana a la posición actual de uno o varios vehículos a los que tiene acceso y así mismo el seguimiento de la ruta en un periodo de tiempo predefinido. Adicionalmente el usuario puede solicitar información relacionada a los vehículos e intercambiar mensajes con ellos.

El diagrama de casos de uso con las funciones generales del sistema se muestra en la Figura 7.

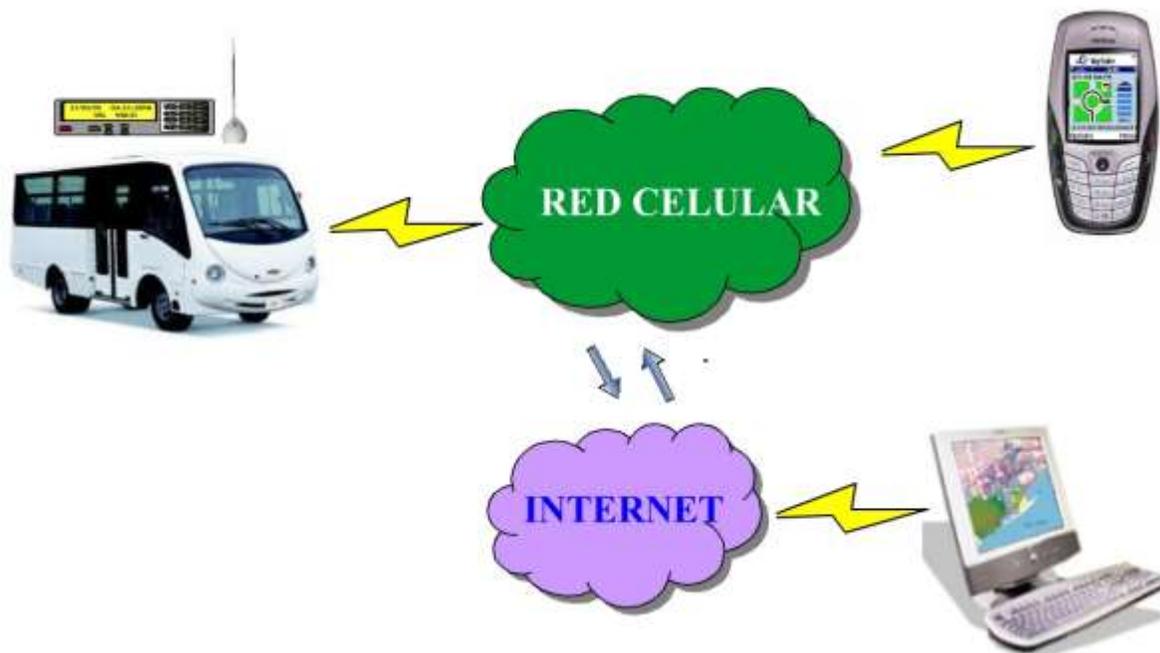


Figura 6. Estructura general de SIRIO

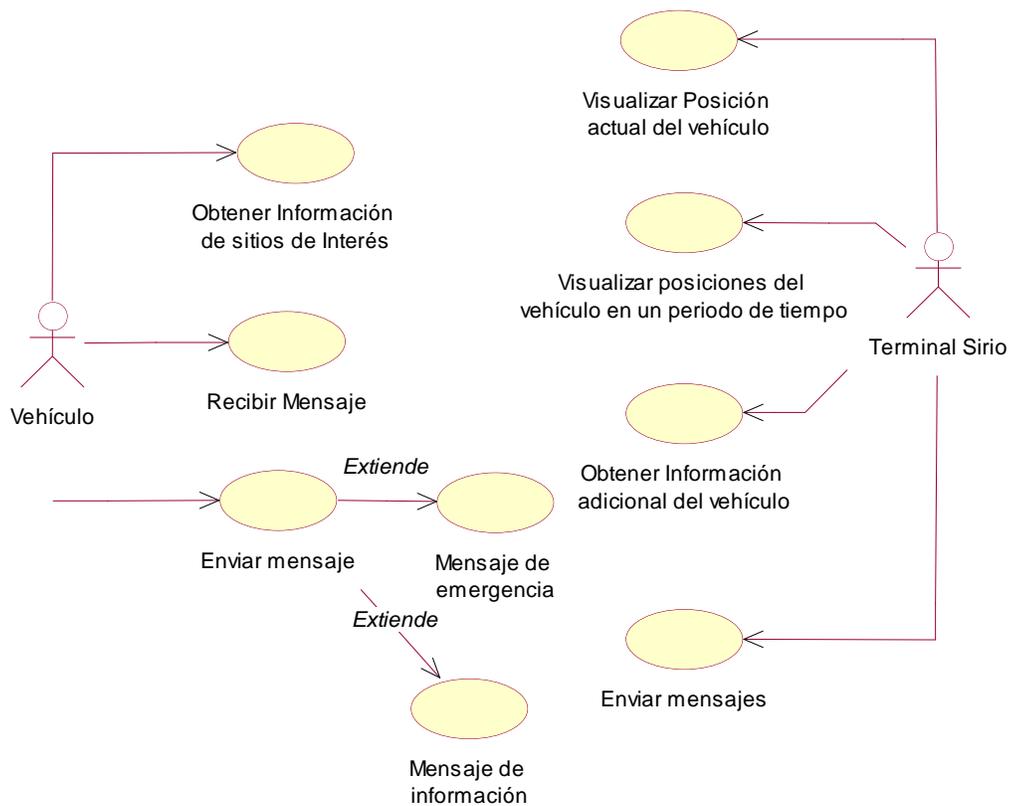


Figura 7. Diagrama de casos de uso general de SIRIO



2.2 APLICACIONES DE SIRIO

Para una empresa de radio taxi permite:

- Llevar un control sobre las rutas de los vehículos, con esta información las empresas pueden realizar estudios de rutas y sectores con mayor tráfico y mejorar la calidad de su servicio.
- Mejorar el servicio de domicilio mediante la comprobación de la ubicación de los taxis antes de asignar una carrera.
- Alerta en situaciones de emergencia y ubicación de talleres y estaciones de gasolina en cualquier sector de la ciudad.

Para una empresa de alquiler de vehículos permite:

- Conocer la posición exacta de sus vehículos.
- A los usuarios permite obtener información sobre los sitios de interés cercanos a su posición, como restaurantes, hoteles, estaciones de gasolina, talleres y sitios de interés.
- Reporte de anomalías o situaciones de emergencia a la empresa para que esta pueda tomar una acción inmediata y mejorar así la calidad de su servicio.

Para una empresa de transporte de valores permite:

- Llevar un control de las rutas.
- Realizar reporte de anomalías.

Para una empresa de transporte de pasajeros permite:

- Llevar control de las rutas.
- Control de velocidad.

2.3 ARQUITECTURA GENERAL DE SIRIO

SIRIO se compone de tres módulos principales los cuales se indican en la Figura 8.



Figura 8. Arquitectura General de SIRIO

2.3.1 Usuario Móvil (UM)

Consiste en el módulo que se ubica en el vehículo a ser localizado. Este módulo es el encargado de obtener las coordenadas de posición y transmitir las a través de la red celular.



Además, posee una interfaz de usuario de tal forma que la persona que está en el interior del vehículo pueda comunicarse con el resto del sistema de una forma fácil y agradable.

2.3.2 Usuario Remoto (UR)

Es el módulo que permite a un usuario obtener una representación simbólica de la ubicación de un conjunto de vehículos. Para esto es utilizado un teléfono celular o un computador. A través de él se puede obtener información geográfica referenciada en un mapa del sector que rodea al vehículo e información adicional sobre éste último.

2.3.3 Servidor Central (SC)

Es el módulo que realiza el procesamiento de la información que se envía tanto del UM al UR y viceversa y suministra una representación de datos que ambos dispositivos pueden entender. Allí también se encuentran almacenados todos los datos geográficos necesarios para la georeferenciación del vehículo y la obtención de los mapas para el UR.

2.4 FUNCIONES DE LOS MÓDULOS DEL SISTEMA

A continuación se enumeran las funciones de acuerdo a cada uno de los módulos que están involucrados en el sistema.

2.4.1 *Funciones del Usuario Móvil (UM)*

El UM tiene un conjunto de funciones que pueden ser separadas en dos tipos, funciones que se realizan de manera automática y funciones que son iniciadas de forma manual por la persona que manipula el panel del vehículo.

2.4.1.1 *Funciones automáticas*

- 🌐 *Envío de posición:* Cuando el SC envía un mensaje de petición de posición (este es un mensaje procesado internamente por el UM y del cual el conductor del vehículo no es notificado), el UM envía de forma automática un mensaje de respuesta con sus datos de posición, hora, fecha, velocidad y precisión.
- 🌐 *Cambio de número de SC y UR:* El módulo del vehículo se comunica con el sistema por medio de la red celular, para esto necesita tener almacenados en memoria no volátil los números telefónicos que corresponden al SC y al UR. Estos pueden ser externamente actualizados con un mensaje especial.
- 🌐 *Recepción de mensajes externos:* Cuando el módulo recibe un mensaje con información útil para la persona que manipula el panel, el mensaje es desplegado en pantalla y el usuario tiene la posibilidad de navegar a través de él de tal forma que pueda visualizarlo completamente. En el momento en que un mensaje de este tipo llega al vehículo, la persona en su interior es avisada de la recepción mediante una señal sonora.

2.4.1.2 *Funciones manuales*

- 🌐 *Envío de mensajes de emergencia al UR:* La interfaz de usuario posee un botón que al ser presionado obliga el envío instantáneo de un mensaje de emergencia al SC

junto con información de posición, allí la información es procesada y se reenvía el mensaje hacia el UR con una representación de la ubicación que éste último pueda entender (calles y carreras). Este proceso tiene prioridad ante cualquier otro que se esté ejecutando en ese momento. Esta función es ilustrada en la Figura 9.

- 🌐 *Envío de mensajes al UR:* Una persona que manipule el panel del UM tiene la opción de ingresar sus propios mensajes de texto por medio de un teclado alfanumérico y enviarlos de forma directa al UR.

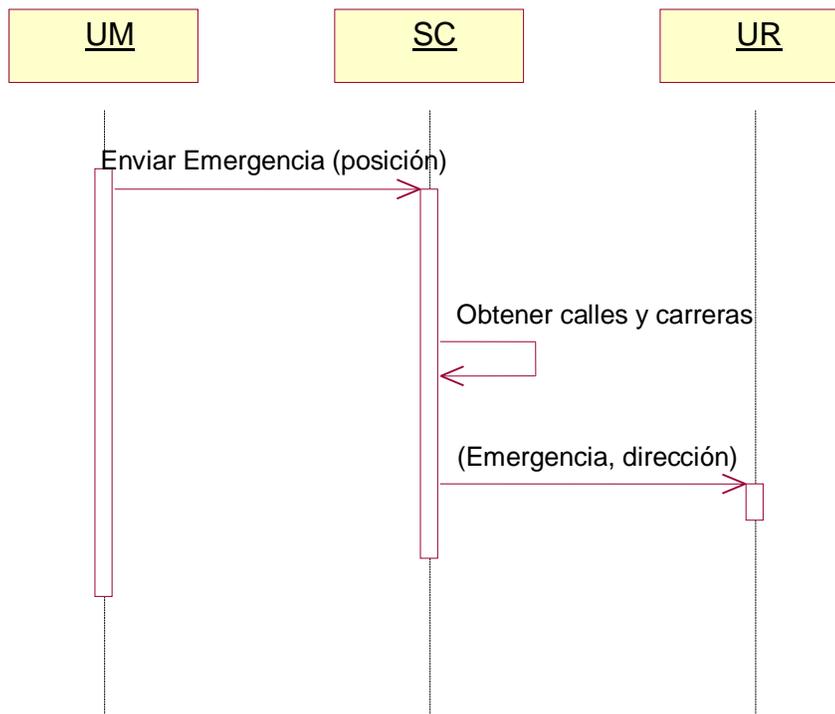


Figura 9. Diagrama de secuencia para envío de mensajes de emergencia

- 🌐 *Petición de información sobre sitios de interés:* La persona que manipula el panel tiene la posibilidad de solicitar información al SC sobre sitios de interés cercanos a



su posición (restaurantes, hoteles, estaciones de gasolina, talleres y otros sitios de interés). Para esto la persona que manipula el panel tiene un conjunto de opciones en un menú fácilmente manipulable en el panel del módulo, lo cual permite enviar un mensaje con la petición y la posición actual del vehículo.

2.4.1.3 Funciones del Servidor Central

El SC, que sirve como mediador entre el UM y el UR, tiene las siguientes funciones:

 *Solicitud de posición al UM:* El SC es el encargado de solicitar al UM un reporte sobre su posición actual, esto lo puede hacer de forma automática de acuerdo a un periodo de tiempo definido o lo puede hacer como respuesta a una petición por parte del UR.

 *Almacenamiento de Información*

- **Información del UM:** El SC almacena de forma persistente todos los datos que corresponden a reportes de la ubicación de cada uno de los UM que estén registrados. Así mismo tiene almacenada información adicional relevante del vehículo que posee el módulo, tales como datos del vehículo, conductor, rutas, etc.
- **Información del UR:** Se refiere a información que permite el acceso de un usuario a los datos de posición del vehículo e información adicional. Así, para que una persona pueda observar la posición de los vehículos desde su dispositivo celular debe validarse primero ante el sistema.
- **Información geográfica:** Es la información que permite georeferenciar al UM en un mapa correspondiente a las proximidades de su ubicación.



Adicionalmente incluye información relacionada a sitios de interés y cualquier dato que involucre características geográficas.

 *Procesamiento de peticiones:* El SC recibe diferentes tipos de peticiones tanto del UR como del UM, después de recibida una petición, esta es procesada y por último conlleva a la ejecución de una acción y al retorno de una respuesta si es necesario. A continuación, se brinda una descripción de las principales peticiones que recibe:

- *Peticiones realizadas por el UM:* El UM puede solicitar información sobre los sitios de interés próximos a su ubicación. Para esto el SC procesa la posición actual del UM y le devuelve una lista de opciones. Otra petición realizada por el UM es el envío de mensajes de emergencia dirigido al UR. Al obtener la posición del UM, el SC la procesa y obtiene un conjunto de coordenadas que el UR entiende, como es la representación de calles y carreras, y por último se envía un mensaje al UR informando la situación de emergencia del vehículo y su posición actual.
- *Peticiones realizadas por el UR:* Básicamente el UR puede realizar muchos tipos de peticiones al servidor, estas pueden ser de validación, de posición de un determinado número de vehículos o por último de información adicional. Ante una petición de validación, el SC debe procesar el nombre de usuario y contraseña, si son correctos envía al UR un listado de vehículos a los que tiene acceso, de lo contrario un mensaje de error. Ante una solicitud de posición de algún vehículo, el SC debe hacer una notificación al UM correspondiente para que envíe sus coordenadas, al obtener una respuesta del UM con la posición, el vehículo se georeferencia y se envía al UR un mapa en donde puede ubicar el vehículo de su interés y los sitios cercanos a él. Este proceso se muestra en la Figura 10. Por último si el UR necesita información adicional como los datos del conductor o la ruta general, el SC busca la información en la base de datos y la retorna de forma inmediata al UR.

- 🌐 **Generación dinámica de mapas:** Cuando el UR solicita la posición de uno o más vehículos, el SC toma los datos recibidos de cada UM y haciendo uso de la información geográfica almacenada en la base de datos, genera un mapa en forma dinámica que se envía al UR quien puede visualizar los vehículos de su interés de forma sencilla.

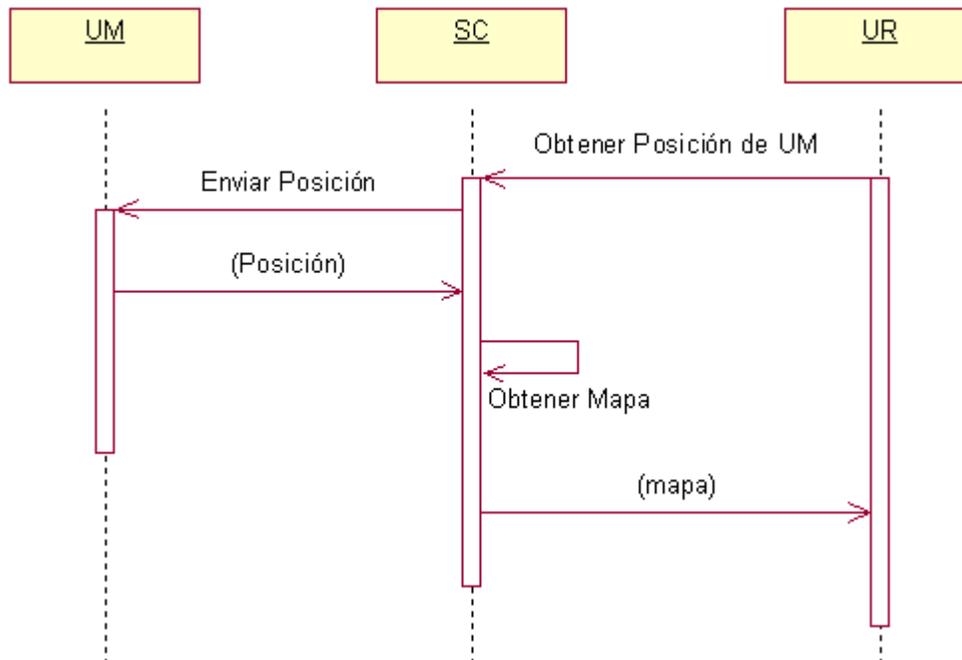


Figura 10. Diagrama de secuencia para solicitud de posición del UM

2.4.1.4 Funciones del Usuario Remoto

- 🌐 **Autenticación:** Garantizar la privacidad del usuario es uno de los principios de los Servicios Basados en Localización, para ello es necesario que cualquier usuario que quiera acceder a información que involucre la ubicación actual de cualquier vehículo se valide con un nombre de usuario y contraseña.



- 🌐 *Actualización de datos de contacto:* Una vez el UR se ha validado, este puede cambiar sus datos ante el sistema, tales como su número celular, correo electrónico y su contraseña.
- 🌐 *Envío de Mensajes a uno o más UM:* El UR tiene la posibilidad de enviar mensajes de forma directa (sin que pasen por el SC) a uno o varios UM. El UM por su parte, es notificado de la llegada de este tipo de mensajes.
- 🌐 *Visualización gráfica de la posición de uno o más UM:* El UR tiene capacidad de despliegue gráfico, lo que le permite a una persona ver de forma práctica la posición actual de uno o varios vehículos. Además el usuario tiene la posibilidad de navegar, utilizando un cursor, al interior del mapa obteniendo información de ciertos puntos de interés y los vehículos que están dentro de él.
- 🌐 *Despliegue de información adicional de un UM:* El UR puede obtener y desplegar información adicional concerniente a los vehículos a los cuales tiene acceso. Esta información puede ser, por ejemplo, datos del conductor, rutas, fechas de vencimiento del seguro, etc.
- 🌐 *Rastreo de un UM en un intervalo de tiempo definido:* El UR puede solicitar al SC información sobre las diferentes posiciones de un UM en un periodo de tiempo determinado. Esta información es retornada al UR de forma gráfica en un mapa.

2.5 VENTAJAS DE SIRIO ANTE SOLUCIONES TRADICIONALES

- 🌐 *Interfaz de Usuario Mejorada:* El módulo instalado en el vehículo posee una interfaz amigable y fácil de utilizar que supera las soluciones actuales del mercado colombiano. Posee un menú fácil de manejar, el reporte de mensajes entrantes es inmediato y acompañado de una señal sonora y el envío de mensajes de texto se



realiza de forma similar a un teléfono celular, método al que muchas personas ya se encuentran acostumbradas. Además el despliegue muestra constantemente información útil a la persona que manipula el panel como hora fecha y velocidad.

- 🌐 *Servicios Avanzados de Localización:* SIRIO integra un servicio aún no explotado en nuestro país que es la descripción de sitios de interés cercanos a la posición del vehículo. Esta información es muy útil especialmente en ciudades grandes ya que permite a un conductor obtener información detallada acerca de lugares y establecimientos de interés en cualquier momento.
- 🌐 *Visualización de la posición de los vehículos utilizando un teléfono celular:* Ninguna de las soluciones comerciales actuales ofrecen aún la posibilidad de hacer monitoreo de los vehículos utilizando el dispositivo celular. SIRIO ofrece esta posibilidad y proporciona una forma fácil de obtener información gráfica y fácilmente entendible.
- 🌐 *Independencia de software propietario:* El software que utiliza SIRIO es libre y en muchos casos abierto, lo que disminuye los costos de puesta en marcha del sistema, sin embargo existen algunas desventajas que vale la pena resaltar como el soporte técnico que no puede ser comparado con el SW licenciado y la continuidad de los proyectos en muchas ocasiones es interrumpida por los creadores.

3 DISEÑO DE SIRIO

3.1 USUARIO MÓVIL (UM)

3.1.1 Componentes

El UM está conformado por cuatro módulos principales como se muestra en la Figura 11.

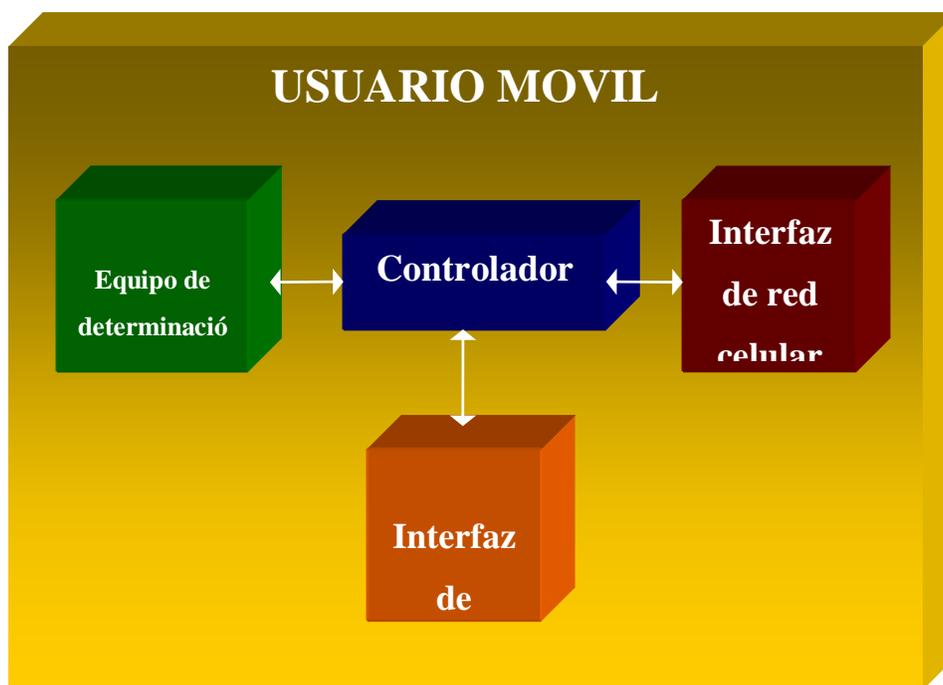


Figura 11. Diagrama de Bloques del UM

3.1.1.1 Equipo de determinación de posición

Se encarga de obtener la posición del vehículo en cualquier momento, además la captura de parámetros adicionales como hora, fecha y velocidad.

3.1.1.2 Interfaz de Usuario

Está compuesta por un conjunto de elementos que le permiten a una persona interactuar con el módulo (Despliegue, teclado y botones), suministra un método gráfico para la presentación de mensajes e información y así mismo interfaces para la entrada de datos y el envío de órdenes por la persona que opera el dispositivo.

3.1.1.3 Interfaz de red celular

Permite al UM comunicarse con el SC o el UR utilizando la infraestructura celular existente.

3.1.1.4 Controlador

Se encarga de coordinar el funcionamiento de los bloques que conforman el módulo. Lleva a cabo la asignación de tareas y recursos, además almacena y procesa información importante para el funcionamiento del UM en general.

3.1.2 Intercambio de Mensajes entre los Módulos del UM

La comunicación entre bloques se realiza exclusivamente a través del controlador, en las Figuras 12, 13 y 14 se muestran los diferentes mensajes que cada bloque intercambia con el este.

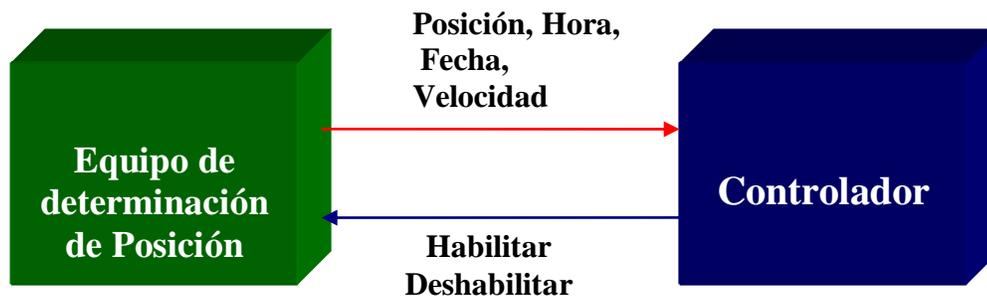


Figura 12. Señales de Entrada/Salida Equipo de Determinación de Posición - Controlador

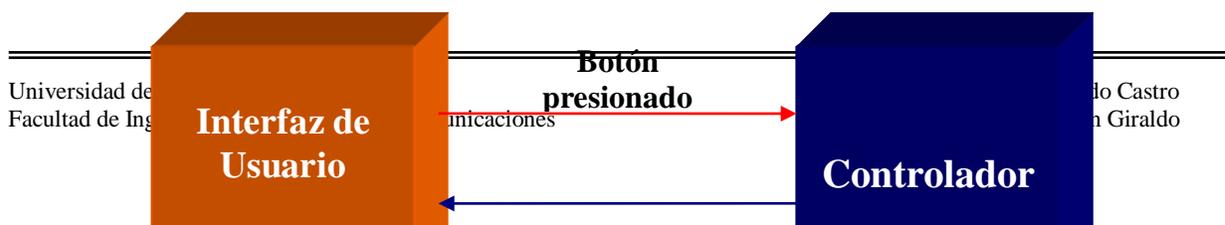


Figura 13. Señales de entrada salida Interfaz de Usuario - Controlador

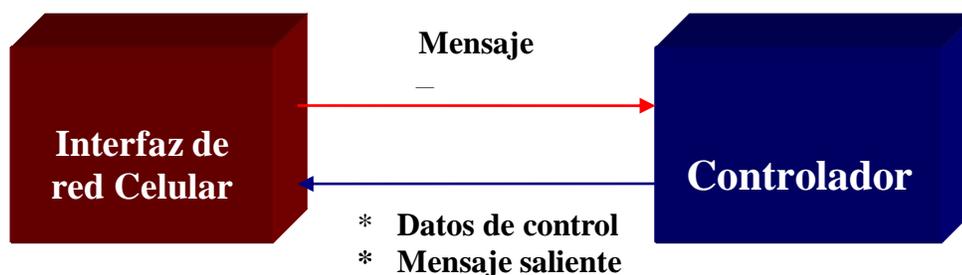


Figura 14. Señales de entrada salida Interfaz de Red Celular - Controlador

3.2 SERVIDOR CENTRAL (SC)

Se han identificado tres componentes que conforman el SC que se muestran en la Figura 15. Estos componentes son la Interfaz UM, la Interfaz UR y el Servidor de Mapas los cuales a su vez se comunican de forma asíncrona con la base de datos del sistema.

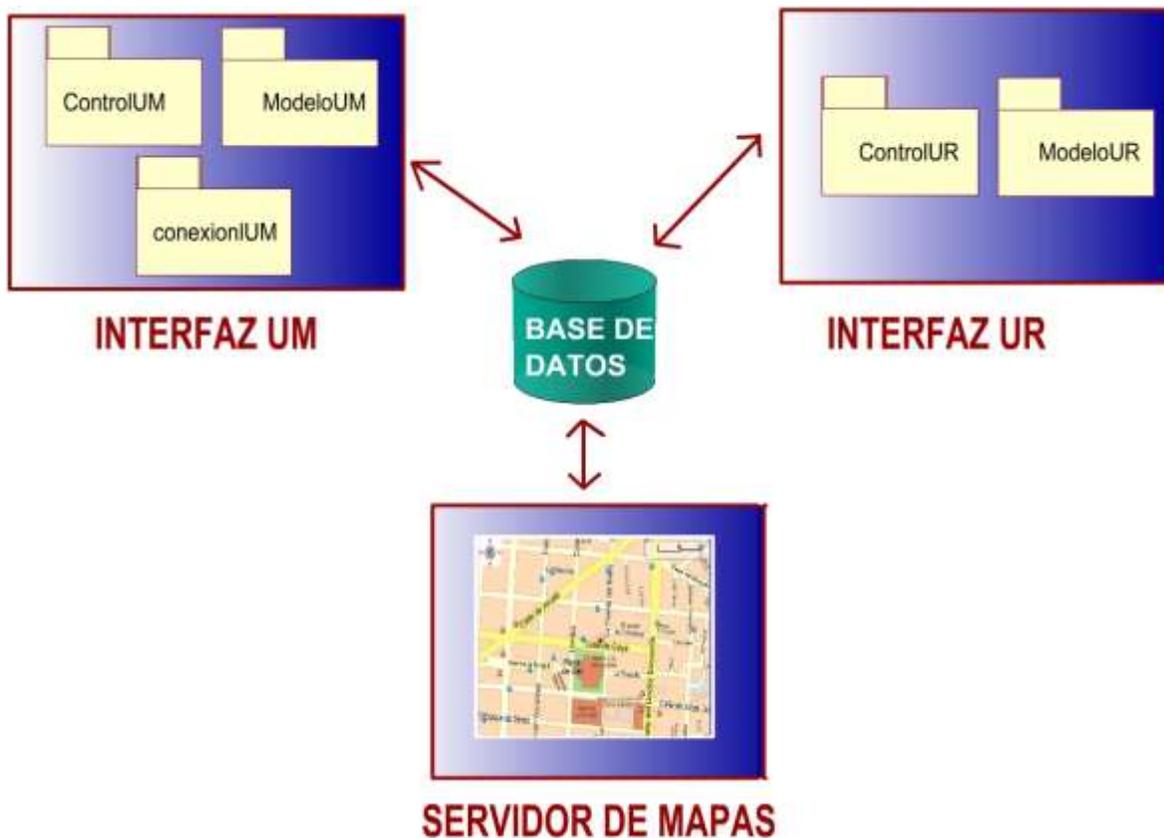


Figura 15: Componentes básicos del Servidor Central

3.2.1 Interfaz UM

Recibe, procesa y da respuesta a todo tipo de peticiones cuyo origen sea el UM. Está compuesto por tres paquetes que son el paquete controlUM, ModeloUM y ConexiónUM.

3.2.1.1 Paquete controlUM

Suministra orden lógico a todas las operaciones que deben ser ejecutadas. Sirve como medio de conexión a diferentes paquetes y suministra órdenes para garantizar que se lleven

a cabo todos los procesos. En la Tabla 3 se indican las clases relacionadas con este paquete y su funcionalidad.

Clase	Funcionalidad
controlUM	✓ Procesar las peticiones recibidas del UM. ✓ Enviar respuesta al UM

Tabla 3. Clases del Paquete ControlUM

3.2.1.2 ModeloUM

Realiza operaciones específicas como organización de los campos de los mensajes tanto entrantes como salientes. En la Tabla 4 se indican las clases relacionadas a este paquete y su funcionalidad.

Clase	Funcionalidad
MsgSirio	Estructura los mensajes para que puedan ser manejados de forma fácil
Mensajero	Se encarga de ejecutar órdenes de lectura y escritura de mensajes

Tabla 4. Clases del Paquete ModeloUM

3.2.1.3 Persistencia

Se encarga de escribir información relacionada a algún tipo de petición del UM en la base de datos, además extraer de ella información de respuesta a las peticiones y pasar la información al controlador para que se ejecute una operación.

Clase	Funcionalidad
beanConector	Implementa todos los métodos necesarios para conexión a la base de datos. Además permite insertar, eliminar, actualizar y buscar datos relacionados con una o varias

	tablas.
ConsultorBD	Realiza todas las consultas y operaciones relacionadas con los mensajes.

Tabla 5. Clases del Paquete ModeloUM

3.2.1.4 ConexionUM

Contiene un conjunto de clases que ejecutan el envío de mensajes hacia el UM bajo la orden del controlador. Así mismo esta clase informa de la llegada de un nuevo mensaje desde el UM para que sea procesado. Se encarga además de dar una estructura adecuada a los mensajes de acuerdo al método que se utilice para su transmisión hacia el UM y así mismo obtener información de los mensajes entrantes y comunicarla de tal forma que los demás componentes puedan entender.

Sus clases dependen de la tecnología que se implemente para la transmisión de datos, por este motivo serán explicadas en el apartado de implementación.

3.2.2 InterfazUR

Está a cargo de la comunicación e intercambio de información entre el UR y el SC. Posee dos paquetes: ControlUR y ModeloUR.

3.2.2.1 ControlUR

Este paquete se encarga de coordinar la comunicación entre el SC y el UR, además del funcionamiento del paquete Modelo. La Tabla 6 muestra las clases que conforman este paquete.

Clase	Funcionalidad
controlRemoto	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Recibir y procesar las peticiones recibidas del UR. ✓ Enviar respuesta al UR.

Tabla 6. Clases del Paquete Control del SC

3.2.2.2 ModeloUR

Almacena toda la información relacionada con los usuarios, vehículos, administradores. Cada clase permite obtener y fijar cada uno de los atributos de dichos objetos.

3.2.2.3 PersistenciaUR

Este paquete se encarga de todos los procesos relacionados con el acceso, sustracción e inserción de información a la base de datos. La información manejada en este paquete pertenece a: los usuarios, vehículos, administradores y los datos geográficos. La Tabla 7 se describe las clases que lo conforman.

Clase	Funcionalidad
beanConector	Implementa todos los métodos necesarios para conexión a la base de datos.
persistenciaAdministrador	Realiza todas las consultas y operaciones relacionadas con los datos de los administradores.
persistenciaUsuario	Realiza todas las consultas y operaciones relacionadas con los datos de los usuarios.
persistenciaVehiculo	Realiza todas las consultas y operaciones relacionadas con los datos de los vehículos.
persistenciaConductor	Realiza todas las consultas y operaciones relacionadas con los datos de los conductores.
persistenciaPosicion	Realiza todas las consultas y operaciones relacionadas con los datos geográficos de posicionamiento.

Tabla 7. Clases del Paquete Modelo del Servidor Central

3.2.3 Servidor de Mapas

Obtiene información de la base de datos, la cual debe permitir hacer consultas de tipo geográfico, para la generación de mapas. Las peticiones se hacen vía Web y el servidor retorna una imagen de acuerdo a los parámetros que contenga la URL.

3.3 USUARIO REMOTO (UR)

El UR se compone de cuatro paquetes: vista, control, modelo y Mensajería como se indica en la Figura 16.

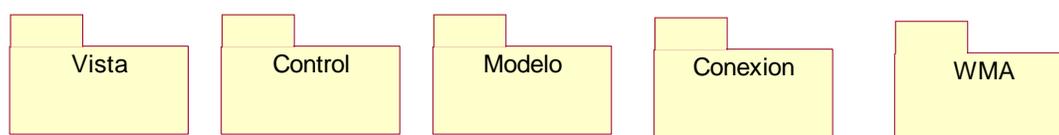


Figura 16. Diagrama de Paquetes del Usuario Remoto

3.3.1 Vista

Contiene todas las clases relacionadas con la interfaz de usuario. Este paquete permite al usuario ingresar los datos necesarios para realizar procesos de validación, consultas y peticiones. También despliega todos los datos que el usuario ha solicitado o con los que podrá interactuar, tales como menú, ayudas. Todas las clases contenidas en este paquete cuentan con comandos que permiten al usuario la navegabilidad dentro de la aplicación. La Tabla 8 muestra las diferentes clases contenidas en este paquete.

CLASE	FUNCIONALIDAD	COMANDOS
Validación	Permite al usuario ingresar los datos de validación (login y contraseña).	<i>Aceptar</i> : Se hace la validación <i>Cancelar</i> : Cancela la Acción
Menú Inicial	Despliega las diferentes opciones que tiene el sistema.	<i>Seleccionar</i> : Va a la vista de la opción seleccionada. <i>Volver</i> : Regresa a la anterior vista
ListaVehiculos	Lista todos los vehículos a los cuales el usuario tiene acceso.	<i>Seleccionar</i> : Permite seleccionar los diferentes vehículos. <i>Opciones</i> : Permite mirar las opciones permitidas según el número de vehículos escogidos <i>Volver</i> : Regresa al Menú Inicial
ActualizarDatos	Despliega la información de contacto del usuario y permite actualizarlos (celular, correo electrónico)	<i>Actualizar</i> : Da inicio al proceso de actualización. <i>Reestablecer</i> : Establece los valores por defecto (los datos que tiene el sistema) <i>Cancelar</i> : Cancela la acción
CambiarContraseña	Permite al usuario cambiar su contraseña de validación.	<i>Cambiar</i> : Da inicio al proceso de actualización. <i>Cancelar</i> : Cancela la acción.
Autores	Habla sobre los autores que desarrollaron a SIRIO.	<i>Ok</i> : Vuelve al Menú Inicial.
MenuPrincipal	Despliega las diferentes opciones relacionadas con los vehículos escogidos en lista vehículos.	<i>Seleccionar</i> : Va a la vista de la opción seleccionada. <i>Volver</i> : Regresa al menú inicial.
DatosVehiculos	Despliega los datos almacenados del vehículo escogido.	<i>Ok</i> : Vuelve a la vista de Menú Principal
LocalizacionActual	Despliega el mapa con la ubicación actual de vehículo.	<i>Información</i> : Despliega información del vehículo señalado. <i>Zoom</i> : Permite hacer un acercamiento sobre la imagen. <i>Cancelar</i> : Cancela la acción. <i>Volver</i> : Permite volver al menú Principal.
Rastreo	Despliega el mapa con el recorrido que ha hecho el vehículo en un intervalo de tiempo	<i>Información</i> : Despliega información del vehículo señalado. <i>Zoom</i> : Permite hacer acercamiento sobre la imagen. <i>Cancelar</i> : Cancela la acción. <i>Volver</i> : Permite volver al menú Primal.
Mensajes	Permite enviar mensajes SMS a los vehículos escogidos	<i>Enviar</i> : Envía el SMS al destino. <i>Cancelar</i> : Cancela la opción.
Ayuda	Despliega la respectiva ayuda.	<i>Ok</i> : Vuelve a la pantalla desde la cual fue invocada esta clase.

Tabla 8. Clases del paquete Vista

3.3.2 Modelo

Se encarga de almacenar las propiedades de diferentes objetos definidos en el UR tales como usuario, vehículo y mensaje. En la Tabla 9 se muestra las diferentes clases que se identifican en este paquete.

CLASES	FUNCIONALIDADES
beanUsuario	Puede llegar a tener todos los datos relacionados con el usuario. (login, contraseña, celular, correo electrónico, empresa).
beanVehiculo	Contiene los datos relacionados con un vehículo (placa, código, modelo, conductor, marca, posición).
beanMensaje	Contiene los datos relacionados con un mensaje SMS, (destinos, mensaje).

Tabla 9. Clases del paquete Modelo

3.3.3 Conexión

Contiene todas las clases encargadas de hacer la conexión con el SC y el Servidor de Mapas. En la Tabla 10 se muestra las diferentes clases que se identifican en este paquete.

CLASES	FUNCIONALIDADES
conexionSirio	Implementa el hilo encargado de hacer la conexión con el Servidor Central, además es quien recibe y procesa las respuestas enviadas por el Servidor.
conexionImagen	Implementa la conexión con el Servidor de Mapas a través del método Get. Recibe y procesa las respuestas relacionadas con la obtención de imágenes.

Tabla 10. Clases del paquete Conexion

3.3.4 Paquete Control

Este paquete se encargada de coordinar el funcionamiento de todos los paquetes. Por medio de este se hace el cambio de vistas y el intercambio de datos.

3.3.5 Paquete Mensajería

Contiene todas las clases encargadas del envío y recepción de mensajes SMS, empaquetamiento y desempaquetamiento de los mismos. En la Tabla 11 se muestra las clases que lo conforman.

CLASES	FUNCIONALIDADES
Cliente	Encargada de escuchar el puerto por los cuales se reciben los mensajes SMS. Notificar al usuario que llegó un nuevo mensaje.
Servidor	Abrir el puerto de Comunicación. Encargado de enviar los mensajes SMS a sus respectivos destinatarios.

Tabla 11. Clases del paquete Mensajería

4 IMPLEMENTACION DE SIRIO

4.1 USUARIO MÓVIL

Ya definidos los bloques que componen el UM a continuación, se hace una descripción detallada de su implementación.

4.1.1 Bloque Equipo de determinación de Posición.

Para la determinación de la posición se utilizó un receptor GPS Tyco 1029B que se muestra en la Figura 17 y que fue adquirido a través de la empresa Richardson Electronics Colombia SA.

El principal criterio de selección que se tomó fue la facilidad de adquisición, puesto que en Internet podían conseguirse receptores GPS con las mismas y mejores características a unos precios similares, pero el proceso de importación acarrea tiempo y costos adicionales. Junto con el dispositivo se adquirió la antena de referencia WiseWave AGA G501 que se muestra igualmente en la Figura 17.



Figura 17. GPS Tyco y Antena WiseWave

En la Tabla 12 se pueden observar las principales características del receptor [29].

CARACTERÍSTICAS	VALOR
Dimensiones	33 X 44 mm
Frecuencia	L1 (1575 MHz)
Voltaje de Operación	3.3 V
Protocolo de comunicación	Serial NMEA
Número máximo de Satélites Visibles	12

Tabla 12. Características del Receptor GPS Tyco 1029B

En la Figura 18 se muestra el diagrama de pines del receptor GPS y en la Tabla 13 se hace una descripción sobre las funciones de cada pin.

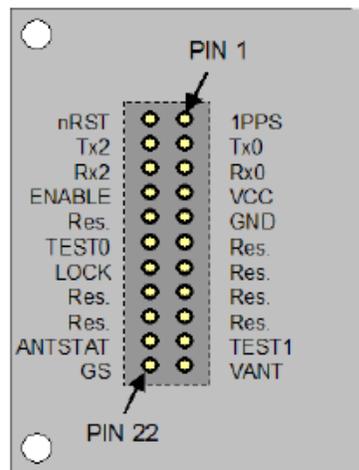


Figura 18. Diagrama de Pines del Receptor GPS

PIN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
1	1PPS	Salida que produce una señal de un pulso por segundo
2	nRST	Entrada de Reset
3	TX0	Salida serial 0 NMEA

4	TX2	Salida serial 2
5	RX0	Entrada serial 0 NMEA
6	RX2	Entrada serial 2
7	VCC	Pin de alimentación 3.3 V
8	ENABLE	Permite habilitar el GPS
9	GND	Tierra
10	Reserved	Pin reservado
11	Reserved	Pin reservado
12	TEST0	Reservado para propósitos de prueba
13	Reserved	Pin reservado
14	Lock	Señal que se fija cuando el receptor se inicializa
15	Reserved	Pin Reservado
16	Reserved	Pin Reservado
17	Reserved	Pin Reservado
18	Reserved	Pin Reservado
19	TEST1	Reservado para propósitos de pruebas
20	ANTSTAT	Cuando está en alto indica una correcta alimentación de la antena
21	VANT	Alimentación externa de Antena Max 5V
22	GS	Selector de Ganancia del Amplificador de Bajo Ruido. Conectado a 0 produce una ganancia de 14dB Conectado a VCC produce una ganancia de 4dB

Tabla 13. Descripción de los pines del Receptor GPS Tyco 1029B

4.1.1.1 Protocolo de comunicación

Para la comunicación con otros dispositivos, el GPS utiliza el código NMEA que es un estándar para el intercambio de datos digitales entre diferentes productos electrónicos utilizados en el campo marítimo y creado a principios de los años ochenta por la

Asociación Nacional de Electrónica Marítima (NMEA, National Marine Electronics Association). La información es transmitida por un dispositivo utilizando sentencias con un máximo de 80 caracteres.

El formato general del protocolo se indica en la Figura 19.



Figura 19. Formato general del protocolo NMEA

El código utilizado por el sistema GPS es “GP”, el campo CR hace referencia a un código de retorno de carro que corresponde al carácter 0x0D del Código Estándar Americano para el Intercambio de Información (American Standard Code for Information Interchange, ASCII). y el campo LF a un código de cambio de línea que equivale a (0x0A).

4.1.1.2 Conexión del GPS a un computador para configuración

La configuración del GPS se puede realizar a través de un computador utilizando la herramienta *Hyperterminal* disponible en Windows XP. Esta permite conectar cualquier dispositivo a través del puerto serial del computador. Sólo hay necesidad de hacer una sola vez la configuración del GPS y almacenarlos los cambios en memoria no volátil. Por este motivo es más práctico hacer la configuración directamente desde el computador.

En la Figura 20 se muestra el circuito que se puede utilizar para la conexión entre un computador y el receptor GPS. Esta configuración utiliza un conector DB9 hembra conectado al puerto serial y el protocolo RS232. El conector se encuentra en configuración de no MODEM (Null MODEM), es decir, se hacen puentes entre algunas líneas de transmisión y recepción del conector para que el computador crea que se está conectando

con un MODEM y puedan utilizarse únicamente las líneas de tx y rx. Las líneas verdes y azules en el conector DB9 en la Figura 20 indican los pines que deben ser puenteados.

La conversión de niveles de voltaje se realiza con el integrado Max 3232 que convierte los niveles del estándar RS232 (15 a -15 voltios) a señales de 0 y 3 voltios. Una vez se ha hecho la conversión de voltajes, las líneas se conectan al GPS.

Después de terminar las conexiones hardware necesarias se inició la herramienta *Hyperterminal* y se configuró el puerto serial de la siguiente forma:

- 9600 baudios, 8 bits de datos, sin paridad, 1 bit de parada, sin control de flujo.
Corresponde a la configuración por defecto del GPS.

En este momento queda establecida la comunicación con el dispositivo y se puede proceder a su configuración.

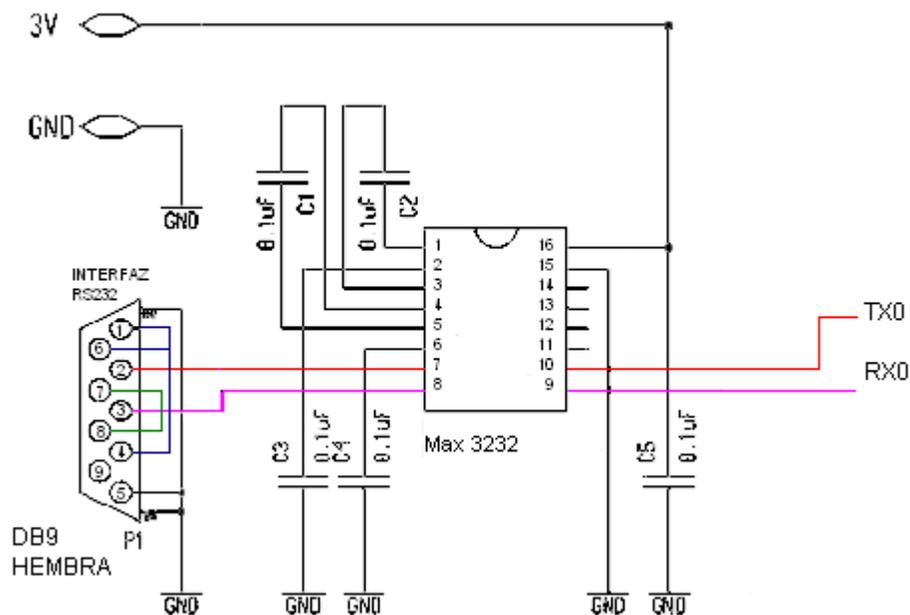


Figura 20. Conexión del GPS a un computador utilizando un Max 3232



4.1.1.3 Configuración de velocidad de transmisión

La configuración serial por defecto del receptor GPS es 9600 bps, 8 bits de datos, sin paridad, 1 bit de parada, sin control de flujo.

Esta configuración puede ser cambiada utilizando el comando

\$PTYCBRATE,nn

en donde nn es la nueva velocidad en bits por segundo que puede tener los valores de 4800, 9600, 19200 o 38400.

Para que este comando tenga efecto, debe ser seguido del comando • *\$PTYCSUPWR*. Después de esto, se debe reiniciar el GPS y este trabajará ahora de acuerdo a la nueva velocidad.

4.1.1.4 Configuración de intervalo de mensajes

Por defecto el GPS envía un conjunto de mensajes con una frecuencia de un segundo. El intervalo de tiempo puede ser configurado utilizando el comando

\$PTYCNMEAI,<nmea_interval>

en donde <nmea_interval> es el valor en segundos entre mensajes y puede ir de uno a treinta. De igual forma para guardar la configuración se debe enviar el comando *\$PTYCSUPWR*

4.1.1.5 Configuración de mensajes

Al iniciar el GPS este envía un conjunto de mensajes por defecto. Lo primero que se debe hacer es deshabilitar todos estos mensajes y activar únicamente los que interesan. Para deshabilitar todos los mensajes se utilizan el comando



\$PTYCOFF

Los mensajes que son útiles para el sistema, son aquellos que involucran la posición y velocidad del vehículo. Estos dos mensajes son •\$GPGGA y •\$GPVTG

En las Tablas 12 y 13 se hace a través de un ejemplo, una descripción detallada de cada uno de los mensajes.

Para activar estos mensajes se deben enviar los comandos:

\$GPGGA ,1

\$GPVTG ,1

Y por último se debe guardar la configuración con el comando \$PTYCSUPWR

Esto hará que el GPS emita los dos mensajes con una periodicidad definida entre 1 a 30 segundos a través del puerto serial TX0.

EJEMPLO \$GPGGA,152145.000,4805.8193,N,01132.2317,E,1,04,2.5,607.75,M,47.6,M,,*67		
(1)	\$GPGGA	Identificador de mensaje
(2)	152145.000	Tiempo universal (15h 21m 45.000s)
(3)	4805.8193	Latitud (48grados 05.8193min)
(4)	N	Norte (o S para sur)
(5)	01132.2317	Longitud (011grados 32.2317min)
(6)	E	Este (o W para oeste)
(7)	1	GPS dato válido (o 0 para no disponible)
(8)	04	Cuatro satélites en vista (min 00, max 12)
(9)	2.5	Dilución horizontal de precision ¹
(10)	0607.75	Altitud de la antena sobre el nivel del mar
(11)	M	Unidad de altitud de la antena: metros

¹ Un indicador de la calidad de una posición GPS.

(12)	47.6	Separación geoidal ¹
(13)	M	Unidad de la separación geoidal: metros
(14)	<vacío>	Campo usado para GPS diferencial
(15)	<vacío>	Campo usado para GPS diferencial
(16)	*67	Checksum

Tabla 14. Descripción detallada del mensaje \$GPGGA

Ejemplo \$GPVTG,169.3,T,,M,0.3,N,0.5,K*6B		
(1)	\$GPVTG	Identificador de mensaje
(2)	169.3	Grados trazados en el seguimiento
(3)	T	Verdadero
(4)	<vacío>	No soportado
(5)	M	Magnético (No soportado)
(6)	0.3	Velocidad en nudos
(7)	N	Indicador de nudos
(8)	0.5	Velocidad en kilómetros por hora
(9)	K	Indicador de kilómetros
(10)	*6B	Checksum

Tabla 15. Descripción detallada del mensaje \$GPVTG

4.1.1.6 Alimentación del GPS

Debido a que el voltaje de alimentación del GPS es de 3.3 V y que este tiene que interactuar con un conjunto de dispositivos que por lo general funcionan con niveles de voltaje TTL se debe realizar una conversión para poder reducir el voltaje al valor adecuado para el GPS.

¹ Diferencia entre el elipsoide terrestre WGS-84 y el nivel del mar intermedio

Para esta tarea se utilizó el regulador de voltaje LM317 cuyo diagrama se muestra en la Figura 21.

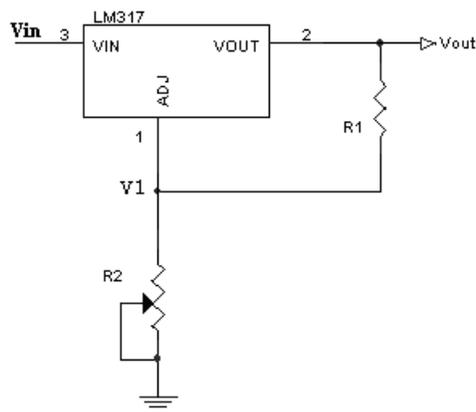


Figura 21. Diagrama Circuital Regulador de Voltaje LM317

La fórmula para calcular los valores de las resistencias es:

$$R2 = (Vout - 1,25) * (R1/1,25)$$

Con base a la fórmula y haciendo mediciones con el voltímetro se obtuvieron los siguientes valores para un voltaje de salida de 3.1V:

$$R1 = 240\Omega$$

$$R2 = 590\Omega$$

El voltaje de salida es independiente del voltaje de entrada siempre y cuando se cumpla que $Vout < Vin < 30V$

4.1.2 Interfaz de Red Celular

La interfaz celular la constituye un MODEM ENFORA GSM 1218 habilitado en la banda del operador nacional celular COMCEL. Al igual que el GPS, el parámetro más importante para determinar con qué MODEM se trabajaría fue su facilidad de adquisición. En Internet

pueden encontrarse varios modelos y tecnologías con diferentes precios y de diferentes empresas entre las que sobresalen Wavecom y RoundSolutions a un precio promedio de US\$ 300. Sin embargo, la empresa COMCEL subsidia los MODEM Enfora a través de un plan de datos mensual de 5Mbytes y a un precio asequible. El dispositivo se muestra en la Figura 22.

El MODEM implementa toda la funcionalidad de la tecnología GSM/GPRS y puede ser accedido y controlado a través de un puerto serial con interfaz RS232. Posee además una ranura para insertar una tarjeta SIM de 3V, una entrada y salida de audio para conectar un micrófono y parlante. A través del puerto serial, el MODEM recibe órdenes y notifica todo tipo de eventos utilizando el protocolo de comandos AT. El MODEM tiene soporte para mensajes de texto en dos formatos que son ASCII y Unidad de Datos de Protocolo (PDU, Protocol Data Unit).



Figura 22. MODEM Enfora GSM1218 con su antena

A través del desarrollo también se pudo observar que la empresa Enfora provee un valioso soporte al cliente de muy alta eficiencia. A medida que se presentaron inconvenientes el grupo de soporte técnico estuvo presente a través del correo electrónico para brindar soluciones a los problemas.

Las características principales del MODEM se muestran en la Tabla 16.

CARACTERÍSTICA	TIPO/VALOR
Interfaz de Comunicación	RS232
Largo x ancho x alto	5.6 x 5.6 x 2.1 cm
Frecuencia de trabajo	850/900/1800/1900 MHz
Potencia de transmisión	Clase 4 2W a 850/900 MHz 1W a 1800/1900 MHz
Clase GPRS	B
GSM SMS	Texto, PDU
Protocolo de Interfaz	AT
Voltaje de operación	5- 9 V

Tabla 16. Características Principales MODEM Enfora GSM1218

4.1.2.1 Protocolo de comunicación

El MODEM utiliza para la comunicación los comandos AT que son instrucciones codificadas que conforman un lenguaje de comunicación. Los comandos AT se denominan así por la abreviatura de *atención*

Aunque la finalidad principal de los comandos AT es la comunicación con MODEMS, la telefonía móvil GSM también ha adoptado como estándar este lenguaje para poder comunicarse con sus terminales. De esta forma, todos los teléfonos móviles GSM poseen un juego de comandos AT específico que sirve de interfaz para configurar y proporcionar instrucciones a los terminales. Este juego de instrucciones puede encontrarse en la documentación técnica de los terminales GSM y permite acciones tales como realizar llamadas de datos o de voz, leer y escribir en la agenda de contactos y enviar mensajes SMS, además de muchas otras opciones de configuración del terminal.

La implementación de los comandos AT corre a cuenta del dispositivo GSM y no depende del canal de comunicación a través del cual estos comandos sean enviados, ya sea cable



serie, canal Infrarrojo, Bluetooth, etc. De esta forma, es posible distinguir distintos teléfonos móviles del mercado que permiten la ejecución total o parcial del juego de comandos AT.

4.1.2.2 Sintaxis de los comandos AT en los MODEM Enfora

El prefijo “AT” es requerido para ingresar cualquier comando. Todos los comandos requieren una indicación de retorno de carro para su creación. Todas las respuestas encapsulan un caracter de retorno de carro (CR) y nueva línea (LF).

En la Tabla 17 se muestra la estructura de las diferentes operaciones que pueden ser realizadas con los comandos AT. Las XXX en la Tabla 17 indican que puede ser cualquier tipo de comando.

TIPO DE OPERACIÓN	EJEMPLO	DESCRIPCIÓN
Solicitud de parámetros	AT+XXXX=?	Retorna el conjunto de valores de los parámetros que el comando puede tener.
Leer Comando	AT+XXXX?	Retorna el valor actual de los parámetros del comando.
Escribir comando	AT+XXXX=<valor>,<valor>	Establece los valores de los parámetros del comando
Ejecutar comando	AT+XXXX	Ejecuta el comando especificado

Tabla 17. Estructura de las operaciones soportadas por comandos AT

Al ejecutarse cualquiera de las anteriores operaciones con éxito, el MODEM retornará un mensaje de confirmación, de lo contrario enviará un mensaje de error.

4.1.2.3 Configuración del MODEM

Antes de ser integrado al sistema, el MODEM debe ser configurado con unos parámetros iniciales que son descritos más adelante. La comunicación con éste dispositivo puede hacerse utilizando el *Hyperterminal* de Windows XP. Para la conexión con el computador se necesita un cable serial de 9 pines.

Los parámetros de configuración del *Hyperterminal* son velocidad de transmisión de datos de 115200 bps, 8 bits de datos, sin paridad, 1 bit de parada y sin control de flujo.

Los parámetros que se configuran en el MODEM son:

-  Deshabilitar el Número de Identificación Personal (PIN, Personal Identification Number)
-  Registro automático con la red
-  Notificación de SMS entrante sin almacenamiento.

El registro automático de red permite que el MODEM se registre con la red GSM en el momento en que el dispositivo se encienda. Para que esto sea posible, es necesario que el número PIN se encuentre deshabilitado. El último parámetro indica la forma en que son manejados los mensajes entrantes, en este caso el MODEM recibe un mensaje de texto, lo notifica y lo transmite inmediatamente al equipo al que se encuentre conectado sin que sea almacenado en la tarjeta SIM.

En la Tabla 18 se indican los parámetros del MODEM a ser configurados en el respectivo orden que deben ser introducidos.



PASO	ACCIÓN	COMANDO
1	Deshabilitar PIN	AT+CLCK="SC",0,"<número PIN>"
2	Habilitar registro automático de red	AT\$AREG=1
3	Habilitar notificación de SMS entrante sin almacenamiento	AT+CNMI=1,2,0,0,0
4	Guardar Cambios	AT&W

Tabla 18. Parámetros a ser configurados en el MODEM Enfora GSM 218

La velocidad de transmisión y recepción de datos por defecto del MODEM (115200 bps) es una tasa muy elevada sobre todo cuando se necesita utilizar algún tipo de controlador, por esta razón después de configurar los parámetros citados anteriormente, se debe disminuir la velocidad de comunicación del dispositivo.

Para esta tarea se utiliza el comando

AT+IPR=<velocidad>

La velocidad de comunicación puede ser de 75, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 7200,9600, 14400, 19200, 28800, 38400, 57600 y 115200 bps.

En el caso de **SIRIO**, la velocidad elegida fue de 9600 bps ya que la interfaz serial es compartida por el MODEM y el GPS y a esta velocidad se encontró empíricamente que el error era mínimo. Cuando se utilizó una velocidad menor, las probabilidades de que se encontraran los mensajes de los dos dispositivos eran mayores y a una velocidad mayor, se perdía el sincronismo con el controlador.

Después de ejecutar este comando, es necesario reconfigurar los parámetros del *Hyperterminal* para poder guardar los cambios, de lo contrario la velocidad se reestablecerá a 115200 al reiniciar el MODEM.

Una vez reestablecida la comunicación del programa *Hyperterminal* con el MODEM se ejecuta el comando AT&W para guardar los cambios.

4.1.2.4 Conexión a 2 hilos

Para poder utilizar el MODEM con una configuración a dos hilos decir (Tx y Rx) y eliminar las otras líneas de la interfaz RS232 se debe utilizar un conector dB9 macho en configuración de no MODEM. El diagrama de conexión del conector es mostrado en la Figura 23.

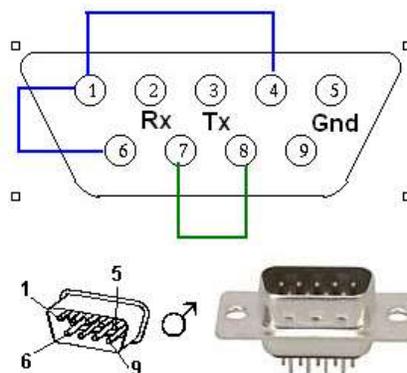


Figura 23. Conector MODEM Enfora GSM1218 a dos hilos

Ahora se debe realizar una conversión de voltajes para tener un circuito compatible con niveles TTL. Esta conversión se realiza utilizando un circuito integrado MAX 232. El diagrama de conexión se muestra en la Figura 24.

4.1.2.5 Transmisión de datos

En primera instancia para transmisión de datos se utilizó GPRS. Para esto fue necesario configurar el MODEM para permitir la navegación con GPRS. El MODEM Enfora permite dos tipos de configuración: automática y manual.

Para la configuración automática se deben seguir los siguientes pasos:

- 🌐 Deshabilitar el registro automático a la red GSM por medio del comando

AT&AREG = 0

Si el MODEM responde Ok, es porque se ha aceptado el cambio, de lo contrario toca ingresar el comando de nuevo o analizar porque puede estar causando el error.

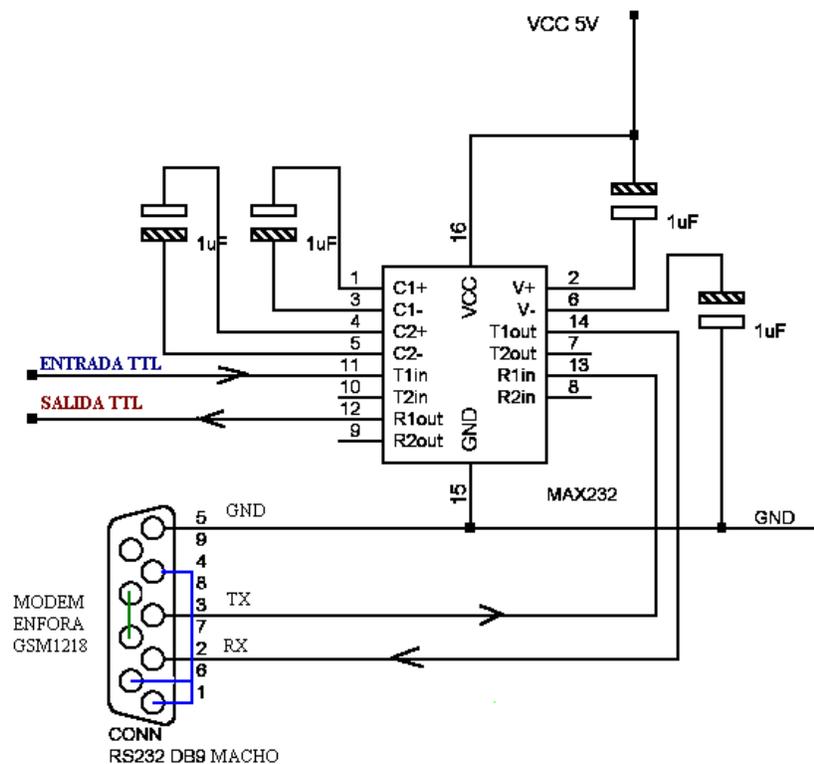


Figura 24. Conversión de voltajes del MODEM Enfora GSM1218 con el MAX 232

- 🌐 Registrarse a la red a través del comando:

AT + CFUN = 1

AT + COPS = 0



Para saber si el MODEM está registrado, ambos comandos deben retornar OK.

- Se establece que la conexión se realice de forma automática.

AT % CGATT = 1

El parámetro 1 indica conexión automática o 0 conexión manual.

Para el siguiente paso, es necesario saber si la red celular a la cual se desea conectar es una red transparente para la cual se puede hacer la conexión a través del *Hyperterminal*, si la red es no transparente es necesario implementar el Protocolo Punto a Punto (PPP, Point to Point Protocol) dado que estas redes requieren de validación para establecer la conexión.

Dado que no se conocía el tipo de red de COMCEL, se trató en primera instancia de establecer la conexión como una red transparente. Por lo que se configuró el MODEM de la siguiente manera:

- Se define el contexto PDP

AT + CGDCONT = 1, "IP", "wap.comcel.com.co", "", 0,0

En la Tabla 19 se explica el valor de cada parámetro de este comando.

Parámetro	Descripción	Posibles Valores
cid	Parámetro numérico el cual especifica la definición de un contexto PDP en particular.	Valor mínimo 1. (El MODEM sólo soporta 1)
PDP ¹ _type	Parámetro el cual especifica el tipo de PDP	X25, IP, OSPIH ² , PPP
APN ³	Es un nombre lógico que es usado para seleccionar el GGSN ¹ o la red de paquete de datos externa.	APN del operador al que necesite conectarse.

¹ Portable Document Format, Formato de Documento Portable

² Internet Hosted Octet Stream Protocol

³ Nombre de Punto de Acceso, Access Point Name



PDP_address	Identifica al Terminal Móvil (MT, Mobile Terminal) en el espacio de dirección aplicable a PDP.	Null: El valor es establecido por el DTE de forma dinámica.
d_comp	Valor numérico que controla la compresión de datos PDP	0 - Desactivado 1 - Activado
h_comp	Valor numérico que controla la compresión de la cabecera PDP	0 - Desactivado 1 - Activado

Tabla 19. Parámetros del Comando de Definición de Contexto PDP

$$\mathbf{AT + CGACT = 1,1}$$

Donde el primer parámetro representa el estado (0 para desactivado, 1 para activado) y el segundo parámetro representa el valor numérico de la activación PDP.

Con éste último comando el MODEM respondió con un mensaje de error. Con la ayuda del soporte técnico de Enfora, se concluyó que la red GPRS de COMCEL era una red no transparente y por lo tanto necesitaba de una contraseña para la validación e implementación del protocolo PPP.

Una vez se consiguió la contraseña de validación a la red, se configuró PPP en el computador para el sistema operativo de Windows XP y se logró que el MODEM navegara a través de GPRS.

Dado que el MODEM es manejado desde un microcontrolador es necesario que este último implemente el PPP puesto que no existe otra forma posible de establecer la conexión con la red. Para lograr la transmisión de datos con GPRS se presentaron dos alternativas: buscar un microcontrolador que diera soporte a este protocolo, lo cual implicaba gastos adicionales, o realizar un estudio profundo del PPP para implementarlo en un microcontrolador, lo que desviaba al proyecto de su objetivo principal.

¹ Nodo de Pasarela de Soporte para GPRS, Gateway Gprs Support Node



Dado que ninguna de las alternativas planteadas anteriormente fue viable, se optó por cambiar el modo de transmisión de datos a SMS.

4.1.2.6 Envío de Mensajes de Texto

Los mensajes SMS pueden ser enviados por un terminal móvil de dos formas, la primera es utilizando caracteres, que es el método tradicional, y la segunda utilizando el formato PDU. La segunda opción requiere de un alto conocimiento del formato de las tramas y las especificaciones de mensajería GSM 07.05, mientras que la primera es más comercial.

El MODEM se encuentra por defecto configurado en el modo texto. Para el envío de mensajes se utiliza el comando AT+CMGS de la siguiente forma:

- AT+CMGS="<destino>"<CR>
- Cuando el MODEM está listo envía de vuelta el caracter ">"
- En ese momento se introduce el mensaje seguido por el caracter ASCII 0x26 que en un computador corresponde a **Ctrl Z**

4.1.2.7 Recepción de Mensajes de Texto

En el momento en el que un mensaje de texto es recibido por el MODEM, este es notificado de la siguiente manera a través de la interfaz serial:

+CMT: "1101","05/12/15,17:22:39-20"<CR><LF> Mensaje

Como se ve, el comando de respuesta +CMT indica que un nuevo mensaje ha llegado, este viene seguido de información adicional como hora y fecha del envío y por último el texto



del mensaje. Este método no almacena el mensaje en el MODEM, esto implica que cuando la notificación no es tomada por el dispositivo que esté manipulando el MODEM, el mensaje se pierde.¹

4.1.3 Interfaz de Usuario

La interfaz de usuario está compuesta por un conjunto de botones que permiten ejecutar órdenes por parte del usuario, por un teclado para que éste pueda ingresar mensajes de texto y una pantalla de cristal líquido para el despliegue gráfico de mensajes. En la Figura 25 se muestra un bosquejo del panel que está ubicado en el vehículo que contiene todos los elementos de la interfaz.

4.1.3.1 Despliegue de Cristal Líquido

Para la visualización de mensajes y del menú principal, se utilizó un Despliegue de Cristal Líquido (LCD, Liquid Cristal Display) de referencia LMMB3S025C3 de la empresa NAN YA Plastics Corp. El despliegue se muestra en la Figura 26 y las características de este dispositivo se muestran en la Tabla 20.

¹ Para mayor información del envío y recepción de mensajes consultar el documento “*SMS Configuration and Use*” disponible en http://www.enfora.com/support_downloads.asp



Figura 25. Interfaz de Usuario

CARACTERISTICA	VALOR
Tamaño (ancho x alto)	118 x 36 mm
Número de caracteres	24
Número de líneas	2
Luz de fondo	Diodo emisor de luz
Voltaje de polarización	5V

Tabla 20. Características del Despliegue de Cristal Líquido

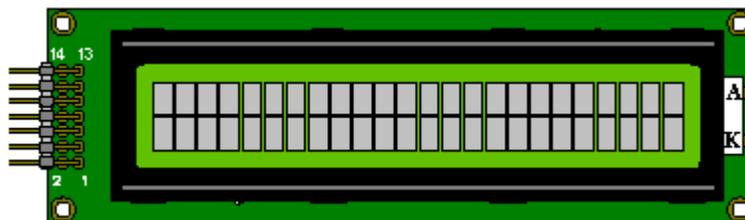


Figura 26. LCD NAN YA LMMB3S025C3

Los pines de conexión del LCD han sido estandarizados por lo cual en la mayoría de ellos son exactamente iguales.

- El Pin numero 1 y 2 están destinados para conectar los 5 Voltios que requiere el modulo para su funcionamiento y el Pin numero 3 es utilizado para ajustar el contraste de la pantalla; es decir colocar los caracteres mas oscuros o mas claros para mejor visualización.
- El Pin numero 4: denominado "RS" indica al LCD si el dato presente en el bus de datos (pines 7-14) es un dato de control o un carácter.
- El Pin numero 5: denominado "R/W" se utiliza para indicarle al LCD que el bus de datos se está utilizando para leer o escribir.
- El Pin numero 6: denominado "E" se utiliza para habilitar el módulo LCD.
- Los Pines desde el numero 7 hasta el numero 14 representan 8 líneas que se utilizan para colocar el dato que representa una instrucción para el modulo LCD o un carácter alfa numérico. El Bus de datos es de 8 bits de longitud y el bit menos significativo esta representado por el Pin numero 7, el Pin más significativo esta representado por el Pin numero 14
- Los Pines A y K están destinados para suministrar la corriente a la luz de fondo.

En la Tabla 21 se indica de forma más detallada la organización y función de los pines del LCD.

Pin N-.	Símbolo	Entrada/Salida	Función
1	VSS	-	0 Vlts. Tierra (GND).
2	VCC	-	+ 5 Vlts. DC.
3	Vee = Vc	-	Ajuste del Contraste.
4	RS	Entrada	0= Escribir en el modulo LCD. 1= Leer del modulo LCD
5	R/W	Entrada	0= Entrada de una Instrucción. 1= Entrada de un dato.
6	E	Entrada	Habilitación del modulo LCD
7	DB0	Entrada/salida	BUS DE DATO LINEA 1 (LSB).

8	DB1	Entrada/salida	BUS DE DATO LINEA 2
9	DB2	Entrada/salida	BUS DE DATO LINEA 3
10	DB3	Entrada/salida	BUS DE DATO LINEA 4
11	DB4	Entrada/salida	BUS DE DATO LINEA 5
12	DB5	Entrada/salida	BUS DE DATO LINEA 6
13	DB6	Entrada/salida	BUS DE DATO LINEA 7
14	DB7	Entrada/salida	BUS DE DATO LINEA 8 (MSB).
15	A	-	LED (+) Back Light
16	K	-	LED (-) Back Light.

Tabla 21. Descripción de pines del módulo LCD

Todo modulo LCD debe inicializarse, esta inicialización indica como debe operar la pantalla. La inicialización representan las instrucciones que deben ser ejecutadas por el modulo LCD antes de su funcionamiento normal. Es muy importante tener en cuenta los tiempos entre una instrucción y otra tanto en la inicialización del dispositivo como en la escritura de datos.¹

4.1.3.2 Teclado alfanumérico

En este caso se utilizó un teclado alfanumérico de tipo telefónico que se indica en la Figura 27. Este teclado es de tipo matricial, es decir, se encuentra conformado por un conjunto de contactos que se unen en el momento de presionar una tecla y permiten el paso de cualquier señal. En la Figura 27 podemos ver como se encuentran conformados los contactos del teclado con el que se trabajó.

¹ Consulte ANEXO A para ver información detallada sobre inicialización y tiempos de respuesta del dispositivo.

4.1.3.3 Botones del panel

Como se puede ver en la Figura 25, el panel se conforma también por un conjunto de botones que le permiten al usuario dar instrucciones al módulo. El esquema circuital general de los botones se muestra en la Figura 28 en donde se puede ver que al presionar el botón se genera un 1 lógico en el punto A puesto que la mayoría de la tensión cae sobre la resistencia R2.

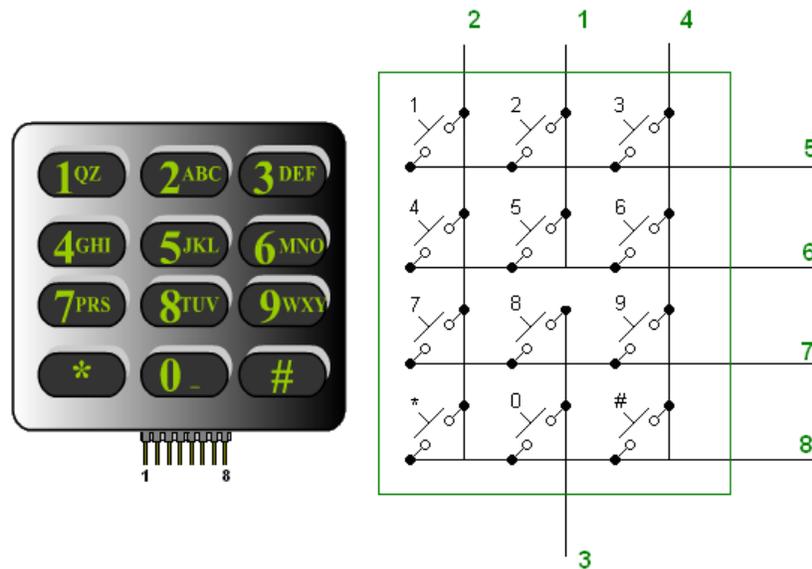


Figura 27. Teclado alfanumérico

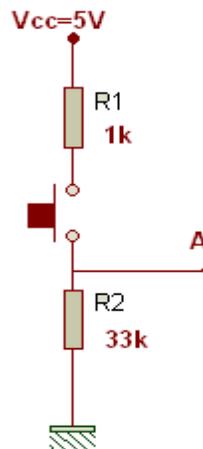


Figura 28. Diagrama circuital de los botones

Las funciones de los botones son:

- 🌐 *Emergencia:* Cuando el usuario presiona este botón, se envía de forma automática un mensaje al SC con la posición del vehículo indicando que se ha presentado una situación de emergencia.
- 🌐 *Menú:* Al presionar el botón es desplegado al usuario el menú principal con un conjunto de opciones que se muestran en la Figura 29 y son descritas en el apartado 1.1.3.4
- 🌐 *Arriba / Abajo:* Estos botones permiten al usuario navegar en el menú.
- 🌐 *OK:* Con este botón, el usuario puede ingresar al ítem de un menú o ejecutar una acción.
- 🌐 *Cancel:* Cancela una acción y lleva al despliegue a su estado por defecto.

4.1.3.4 Menú

El menú brinda al usuario un conjunto de opciones como puede verse en la Figura 29.

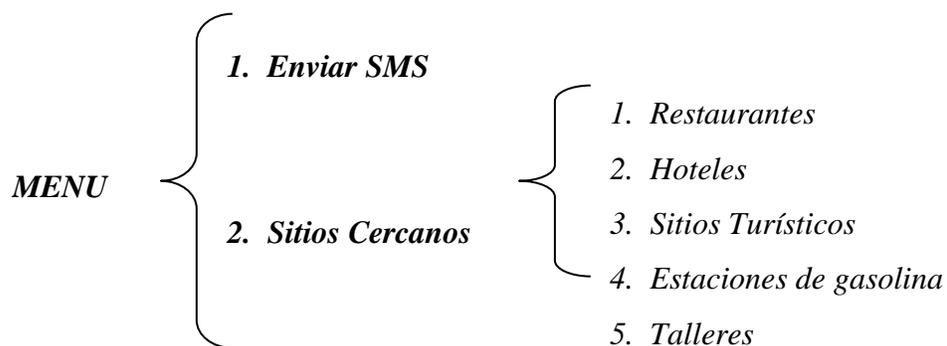


Figura 29. Opciones del Menú del Panel de Usuario

Estas opciones son:

- 🌐 *Enviar SMS:* Al presionar el botón OK cuando se tiene seleccionado el ítem 1 (Enviar SMS) se despliega al usuario una pantalla en blanco y le da la posibilidad de que introduzca sus propios mensajes de texto que serán enviados a un número predefinido.¹
- 🌐 *Sitios cercanos:* De igual forma si selecciona el ítem 2 (Sitios cercanos) se desplegará al usuario un submenú con un conjunto de opciones mostradas en la Figura 29. Cuando el usuario presiona el botón OK sobre alguna de las opciones, se envía un mensaje de forma automática al SC pidiendo información sobre el tipo de sitio de interés escogido. Esta información se desplegará en el momento en el que llegue un mensaje de respuesta.

4.1.3.5 Señal sonora

La señal sonora indica que ha llegado un mensaje de texto con información útil para el usuario. En el momento en que el mensaje llega es desplegado y la señal sonora se activa por algo menos de un segundo. El circuito utilizado se muestra en la Figura 30.

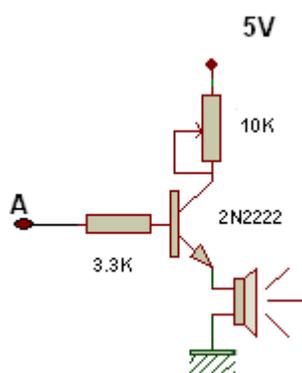


Figura 30. Circuito utilizado para la señal sonora

¹ Para mayor información sobre el uso del Menú consulte el Anexo C (Manual de Usuario y guía de instalación).

Cuando se pone un 1 lógico en el punto A, el transistor pasa a su estado de saturación y circula una corriente por el parlante que es controlada por el potenciómetro de 10K y que genera la señal sonora.

4.1.4 Controlador

El controlador juega un papel de considerable importancia en el funcionamiento del sistema ya que es el encargado de proporcionar orden en las distintas operaciones y funciones que se lleven a cabo.

El controlador escogido fue un microcontrolador, para su selección se tomaron en cuenta los siguientes factores:

-  Número de puertos
-  Memoria no volátil
-  Protocolos de comunicación
-  Herramientas de desarrollo y simulación
-  Precio
-  Facilidad de adquisición

Es imprescindible que el microcontrolador tenga la capacidad de almacenar información de forma no volátil, puesto que los números del SC y UR deben ser almacenados y actualizados en cualquier momento. En cuanto a los protocolos de comunicación, es necesario que el microcontrolador implemente el protocolo de transmisión serial, así mismo es muy importante que las herramientas de desarrollo y simulación sean de fácil acceso y de bajo costo.

El microcontrolador que más se adecua a las condiciones indicadas anteriormente es el PIC 16F877 (Figura 31) de la empresa Microchip. Sus características fundamentales se muestran en la Tabla 22.

Características	Tipo/Valor
Número de pines	40
Puertos de Entrada/Salida	3 de 8 bits, 1 de 5 bits y 1 de 3bits
Memoria No volátil	EEPROM 256 bytes
Comunicación Serial	MSSP ¹ , USART ²
Memoria de programación	8000 instrucciones
Memoria de datos	368 bytes
Voltaje de polarización	De 2 a 5.5 V

Tabla 22. Características microcontrolador 16F877



Figura 31. Microcontrolador 16f877

La conexión tanto con el GPS como con el MODEM se realiza utilizando el módulo USART del microcontrolador de forma asíncrona. Puesto que el microcontrolador posee únicamente un puerto serial, se utilizó un circuito con base a compuertas que deshabilita la señal del GPS cada vez que el MODEM se intenta comunicar con el microcontrolador.

¹ Puerto Sincrónico Serial Maestro (MSSP, Master Synchronous Serial Port),

² Transmisor Receptor Universal Direccional Sincrónico Asíncrono (USART, Addressable Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter)



En la Figura 32 se muestra un diagrama completo del UM, los detalles de la implementación del controlador pueden consultarse en el Anexo A “Implementación detallada del UM”.

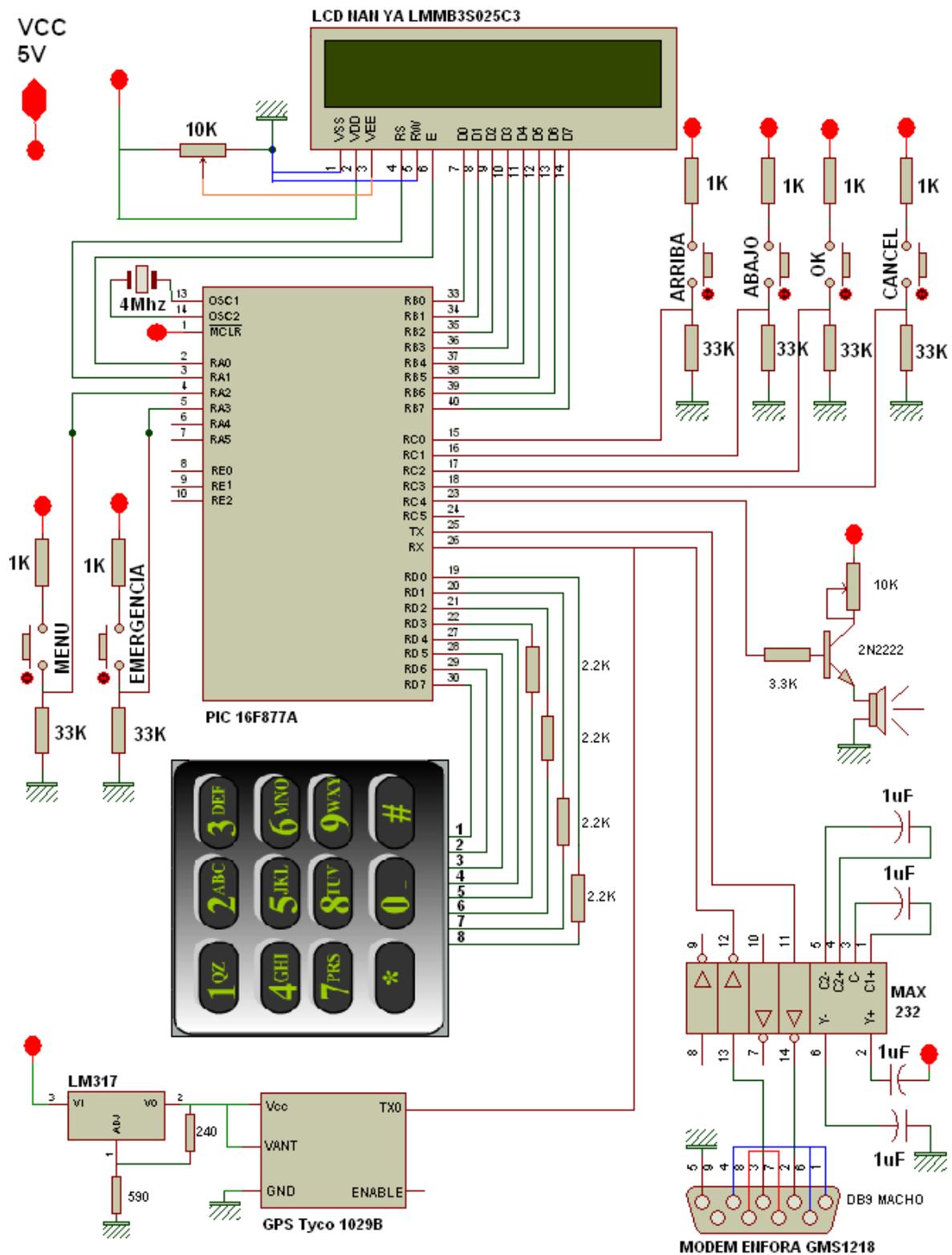


Figura 32. Diagrama circuital completo UM

4.2 SERVIDOR CENTRAL

4.2.1 Interfaz UM

Partiendo del diseño establecido en el capítulo anterior a continuación se explica de forma más detallada cada uno de los paquetes que conforman éste módulo.

4.2.1.1 Paquete conexión

Al trabajar con SMS, es necesario manipular un hardware que permite enviar y recibir mensajes de manera sencilla. Existen varias opciones con respecto al hardware, la más conveniente es colocar un MODEM GSM para que este sea controlado por el puerto serial, pero esto acarrea altos costos teniendo en cuenta que ya se adquirió un MODEM para el UM. Otra posibilidad es utilizar un teléfono celular y controlarlo con el puerto serial. Algunos teléfonos convencionales pueden ser manipulados de la misma forma que un MODEM utilizando comandos AT a través de su puerto de comunicación serial. El teléfono escogido para tal propósito fue el Siemens C56 que además de ser económico se consigue fácilmente y de igual forma su cable de datos serial. El dispositivo y el cable de datos se muestran en la Figura 33.



Figura 33. Teléfono celular Siemens c56 y cable de datos



La desventaja de los teléfonos celulares con respecto a los MODEM es que a través de comandos AT únicamente manejan el formato PDU. Sin embargo, en Internet pueden encontrarse algunas librerías de java que hacen la conversión y que además son de licencia abierta una de ellas es la librería *jSMSEngine*.

4.2.1.2 *JSMSEngine*

Es un API de Java que permite el envío y recepción de SMS desde un computador personal, utilizando un teléfono celular GSM como MODEM¹. Las características de este paquete son:

- Código abierto por lo tanto puede ser copiado y modificado
- Soporte para envío y recepción de mensajes en formato ASCII
- Información del dispositivo, modelo, versión del software
- Suministra estadísticas de mensajes entrantes / salientes.
- Soporte para NOKIA, Siemens y Sony Ericsson

Para la comunicación con el celular éste API utiliza el Java Communications API², una librería que provee comunicación a través del puerto serial. La configuración de esta librería se describe a fondo en el Anexo B “Implementación detallada del UR y SC”.

Las clases del paquete *jSMSEngine* y su función principal aparecen en la Tabla 23.

¹ Las librerías están disponibles en <http://jsmsengine.sourceforge.net/>

² Disponible en <http://java.sun.com/products/javacomm/index.jsp>.

CLASE	FUNCIÓN
CATCommands	Contiene una lista de comandos AT de acuerdo al fabricante del dispositivo celular.
CdeviceInfo	Almacena los valores de las diferentes características del dispositivo móvil como fabricante, versión del software, modelo, estado actual de la batería, entre otros.
CGSMAAlphabets	Contiene las rutinas de conversión hacia y desde el alfabeto estándar de 7 bits de GSM utilizado en el formato PDU. Cada carácter ASCII debe ser convertido al alfabeto de 7 bits antes de ser enviado por el dispositivo. La conversión inversa es realizada a la llegada de un mensaje.
CIncomingMessage	Esta clase representa un SMS entrante al dispositivo móvil. Además contiene indicadores sobre el estado del mensaje.
CMessage	Encapsula las características básicas de un mensaje SMS.
COutgoingMessage	Representa un mensaje saliente
CSerialDriver	Maneja la operación del Puerto serial. Contiene todas las funciones de bajo nivel que manipulan el COMM API y es responsable de la comunicación con el dispositivo GSM.
CService	Provee la funcionalidad del jSMSEngine a los desarrolladores. Es responsable de la inicialización de la comunicación con el dispositivo GSM, envío y recepción de mensajes.

Tabla 23. Clases de la librería jSMSEngine

4.2.1.3 Funcionamiento general

Al inicializarse el control, se inicializa también la conexión con la base de datos y la comunicación con el puerto serial obteniéndose las características del dispositivo conectado. Una vez inicializado se realiza una rutina que involucra los siguientes pasos:

-  Se busca en la tabla “posicion_pendientes” si existen mensajes de petición de posición para ser enviados.
-  Si existen se envía respuesta a los respectivos destinos y se borran las peticiones de la base de datos.
-  Se busca en la tabla de la base de datos “savanzados_pendientes” si existen mensajes con respuesta a UMs sobre servicios avanzados de localización.



- Si existen se borran de la base de datos y se envían a su respectivo destino.
- Se lee la memoria del celular para saber si se recibieron mensajes de los UMs.
- Si existen mensajes se separan de acuerdo a su categoría (posición, servicios avanzados, emergencia).
- Se borran los mensajes del celular.
- Se ingresa cada mensaje en su respectiva tabla en la base de datos (“posición_recibidos”, “svavanzados_recibidos”, “emergencia_recibidos”).
- Se inicia nuevamente el ciclo.

En el diagrama de secuencia, el envío de mensajes por parte de la clase CService y el ingreso de datos a la base de datos general del sistema por parte de la clase ConsultorBD se muestran a alto nivel, pues en realidad involucran otras clases en el desarrollo de sus operaciones.

4.2.2 Interfaz UR

4.2.2.1 beanConector

La clase beanConector es la encargada de establecer la conexión y la comunicación con la base de datos. Adicionalmente, permite adicionar, sustraer, actualizar y eliminar información de la misma. En esta clase se establece los parámetros necesarios para establecer y manejar la Conectividad Java con una Base de Datos (JDBC, Java Data Base Connectivity)¹. Esta clase fue implementada por el Departamento de Telemática y está a disposición de los estudiantes.

¹ JDBC es un API que permite la ejecución de operaciones sobre bases de datos desde el lenguaje de programación Java independientemente del sistema de operación donde se ejecute o de la base de datos a la cual se accede utilizando el dialecto SQL del modelo de base de datos que se utilice.

4.2.2.2 beanAdministrador

La clase beanAdministrador es la encargada de realizar las operaciones relacionadas con los datos del administrador. Por medio de esta clase se agrega y se elimina un administrador, se actualizan y se agregan los datos del mismo. Todas las consultas se realizan por el login del administrador. En la Tabla 24 se establecen los parámetros de validez y los diferentes resultados.

Parámetro de Validez	Resultados Obtenidos	Cumple Si/No
Manipular la tabla de ADMINISTRADOR de la base de datos.	Ingresa un administrador en la tabla ADMINISTRADOR	Si
	Elimina a un administrador de la tabla ADMINSTRADOR.	Si
	Permite ingresar, actualizar y eliminar datos relacionados con el administrador, en el campo correspondiente.	Si
No debe permitir que ingresen dos usuarios con el mismo login.	El login del administrador es el número de la cédula. Antes de ingresar un nuevo administrador se verifica que no exista un usuario registrado con el mismo login, en caso contrario se reporta al usuario que ya se encuentra registrado.	Si
Realizar manejo de excepciones.	Al momento de lanzarse una excepción se hace el tratamiento necesario y se despliega el error al usuario de forma entendible.	Si
Implementar todos los métodos relacionados con los datos del administrador.	Todas las operaciones relacionadas con los datos del administrador se encuentran implementadas en esta clase.	Si

Tabla 24. Parámetros de Valides y Resultado de beanAdministrador

4.2.2.3 beanUsuario

La clase beanUsuario es la encargada de identificar el tipo de usuario que ingresa al sistema a través de su validación. Adicionalmente se implementan todos los métodos relacionados con los datos del usuario tales como agregar y eliminar un usuario, actualizar y agregar sus datos. Todas las consultas se realizan por el login del usuario. Los datos que se almacenan del usuario son: nombre, empresa, número de cédula (login), contraseña, número celular y correo electrónico. En la Tabla 25 se establecen los parámetros de validez y los resultados obtenidos.

Parámetro de Validez	Resultados Obtenidos	Cumple Si/No
Diferenciar el tipo de usuario.	A través del lógin y de la contraseña ingresada, detecta si es un usuario, un administrador, o no se encuentra registrado.	Si
Manipular la tabla de USUARIO de la base de datos.	Ingresa un usuario en la tabla USUARIO	Si
	Elimina a un usuario de la tabla USUARIO.	Si
	Permite ingresar, actualizar y eliminar datos relacionados con el usuario, en el campo correspondiente.	Si
No debe permitir que ingresen dos usuarios con el mismo login.	Antes de ingresar un nuevo usuario se verifica que no exista un usuario registrado con el mismo login, en caso contrario se reporta al usuario que ya se encuentra registrado.	Si
Realizar manejo de excepciones.	Cuando ocurre un error se toma se da el reporte al usuario.	Si

Tabla 25. Parámetros de Validez y Resultado del beanUsuario

4.2.2.4 beanVehiculo

La clase beanVehiculo es la encargada de implementar todos los métodos relacionados con los datos del vehículo tales como agregar y eliminar un vehículo, actualizar y agregar sus datos. Las funciones anteriormente descritas sólo las puede manejar el administrador, el usuario sólo puede visualizar los datos pero no modificarlos. Los datos que se almacenan del vehículo son: placa, código interno de empresa, modelo, marca, conductor actual y los usuarios que tienen acceso a esta información. Las consultas se realizan por el número de la placa del vehículo, por lo que no se permite el ingreso de dos vehículos con el mismo número de placa. En la Tabla 26 se establecen los parámetros de validez y los resultados obtenidos.

Parámetro de Validez	Resultados Obtenidos	Cumple Si/No
Manipular la tabla de VEHICULOS de la base de datos.	Ingresa un vehículo en la tabla VEHICULOS	Si
	Elimina a un vehículo de la tabla VEHICULOS.	Si
	Permite ingresar, actualizar y eliminar datos relacionados con el vehículo, en el campo correspondiente.	Si
No permitir el ingreso de dos vehículos con el mismo número de placa.	Antes de ingresar un vehículo se verifica que no se encuentre registrado el número de la placa, en caso contrario, se reporta al usuario que el vehículo se encuentra registrado.	Si
Realizar manejo de excepciones.	Al momento de lanzarse una excepción se hace el tratamiento necesario y se despliega el error al usuario de forma entendible.	Si

Tabla 26. Parámetros de Validez y Resultado del beanVehiculo

4.2.2.5 *beanConductor*

La clase *beanConductor* implementa todos los métodos relacionados con los datos del conductor tales como agregar y eliminar un conductor, actualizar y agregar sus datos. El administrador es el único que tiene acceso a estas funciones, el usuario sólo puede visualizar los datos. Los datos que se almacenan del conductor son: nombre, cédula, dirección, teléfono de contacto, cumpleaños, tipo de sangre, empresa prestadora de servicio de salud a la que se encuentra afiliado y la placa del vehículo que conduce. En la Tabla 27 se establecen los parámetros de validez y los resultados obtenidos.

Parámetro de Validez	Resultados Obtenidos	Cumple Si/No
Manipular la tabla de CONDUCTOR de la base de datos.	Ingresa un conductor en la tabla CONDUCTOR.	Si
	Elimina a un conductor de la tabla CONDUCTOR.	Si
	Permite ingresar, actualizar y eliminar datos relacionados con el conductor, en el campo correspondiente.	Si
No debe permitir la asociación de un conductor a varios vehículos.	Cuando se ingresa un conductor se verifica que no esté asociado a otro vehículo, en caso contrario se reporta al usuario que el conductor se encuentra registrado.	Si
Realizar manejo de excepciones.	Al momento de lanzarse una excepción se hace el tratamiento necesario y se despliega el error al usuario de forma entendible.	Si

Tabla 27. Parámetros de Validez y Resultado del *beanUsuario*

4.2.2.6 *beanPosicion*

Esta clase es la encargada de recibir todas las peticiones de posicionamiento que solicita el Usuario Remoto. Para esto, primero se almacena cada petición en la tabla *posicionPendientes*. Al cabo de 10 segundos, se consulta en la tabla *posicionRecibidos* la



información solicitada, si aun no ha llegado la respuesta, se reintenta la búsqueda durante un número de veces predeterminado (por defecto 3). En caso de no obtener respuesta, se reporta el error, en caso contrario, se obtiene el dato más reciente que encuentre de la posición de los vehículos. En la Tabla 28 se establecen los parámetros de validez y los resultados obtenidos.

Parámetro de Validez	Resultados Obtenidos	Cumple Si/No
Insertar las peticiones de posición en la tabla posicionPendientes.	Se inserta en la tabla posicionPendientes todas las peticiones recibidas del Usuario Remoto.	Si
Consultar una ubicación válida en la tabla posicionRecibida.	Busca en la tabla posicionRecibida si existe información de posición del vehículo solicitado.	Si
	Analiza si el dato encontrado en la tabla posicionRecibida corresponde a una fecha posterior a la solicitada	Si
	Si no encuentra la información que necesita, reintenta la búsqueda por un número predefinido de veces.	Si

Tabla 28. Parámetros de Validez y Resultado del beanPosición

4.2.2.7 controlUR

Esta clase implementa un Servlet que procesa las peticiones de modo POST que realiza el UR y envía la respectiva respuesta, permitiendo la comunicación con este. Además controla el funcionamiento de las clases anteriormente mencionadas. En esta clase se inicializa la conexión a la base de datos. En la Tabla 29, se establecen los parámetros de validez de esta clase.

Parámetro de Validez	Resultados Obtenidos	Cumple Si/No
Procesar las peticiones realizadas con el modo POST.	Reconoce el tipo la petición y realizar el respectivo proceso.	Si
La respuesta es enviada al destinatario correcto.	Al realizar una consulta, se analiza correctamente y envía la respuesta al usuario que realizó la petición.	Si

Tabla 29. Parámetros de Validez y Resultado del controlUR

La validación de todas las clases relacionadas con la Interfaz UR se encuentran relacionadas con los resultados obtenidos en la implementación del Usuario Remoto.

4.2.3 Servidor de Mapas

4.2.3.1 Cartografía

La cartografía facilitada por el Grupo de Estudios Ambientales de la Universidad del Cauca (GEA) contiene únicamente las líneas que conforman las cuadras de la ciudad de Popayán que a su vez se encuentran georeferenciadas en coordenadas planas del tipo Transverse Mercator (proyección geográfica utilizada en Colombia para el manejo de mapas). Esta cartografía se encuentra en el formato “shapefile”, que es un conjunto de archivos que describen diferentes tipos de atributos geográficos creado por la compañía ESRI.

Puesto que la proyección de las coordenadas del GPS adquirido es geográfica (grados, minutos y segundos), fue necesario realizar una conversión de coordenadas para que fueran compatibles con la cartografía. El primer paso fue encontrar en Internet una librería de Java que permitiera hacer la transformación de coordenadas sin necesidad de entrar a detalles técnicos sobre proyecciones. Aunque se encontró algunas librerías, no trabajaban con el tipo de proyección utilizado en Colombia.



Ya que el realizar una propia librería para el cambio de coordenadas se encontraba fuera del objetivo de éste proyecto, se optó por una segunda opción que fue hacer el cambio de proyección a la cartografía existente. De esta forma, el mapa de Popayán que se encontraba en coordenadas planas, se llevó a coordenadas geográficas utilizando una herramienta del software ArcView 8.3 denominada ArcToolBox.

Después de ajustar las proyecciones, se adicionaron indicadores de calles y carreras al mapa de Popayán. Para esto se tuvo que trazar línea por línea cada calle y carrera de la ciudad e incluir el nombre de cada una como atributo. Esto se llevó a cabo utilizando una herramienta del software ArcView 8.3 denominada ArcGis. Posteriormente se realizó un procedimiento similar para incluir los puntos de interés de la ciudad de Popayán a la cartografía.

Por último, a partir de los archivos “.shp” se obtuvo un conjunto de datos geográficos que son almacenados en PostGis. Para eso se debe tener instalado PostGresSQL con la extensión PostGis y utilizar el comando *shp2pgsql*. De esta forma se pueden realizar consultas espaciales relacionadas a los datos geográficos como por ejemplo elementos dentro de un área determinada.

4.2.3.2 MapServer

El software utilizado como servidor de mapas es MapServer¹ y la arquitectura que se implementó se muestra en la Figura 34.

El paquete utilizado es una versión compilada para Windows que incluye el servidor Web y las funcionalidades de MapServer. Este software se denomina “ms4w-2.2.1” [46] y brinda soporte a algunas herramientas de edición como lo son “chamaleon” [46] y “maplab” [46].

¹ Para mayor información sobre MapServer ver apartado 1.2.2.3

Adicionalmente, este paquete utiliza Apache como servidor y trabaja por defecto sobre el puerto 80.¹

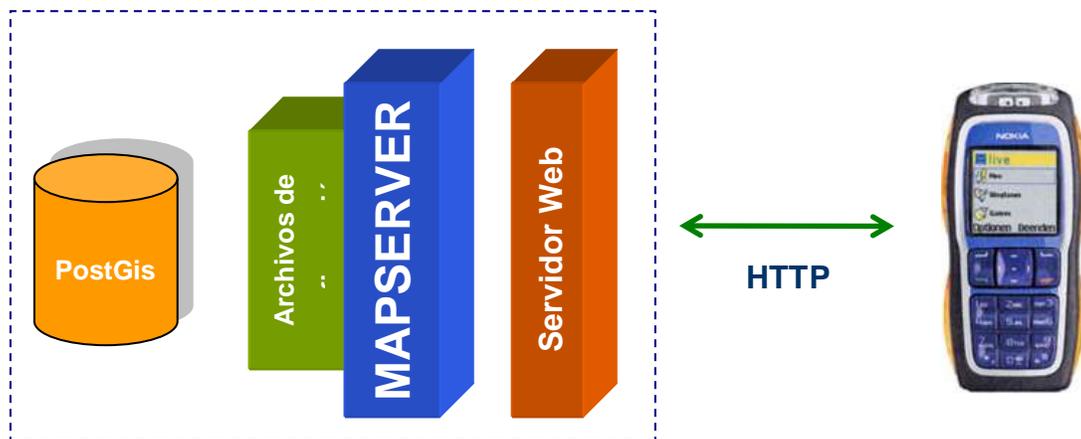


Figura 34. Arquitectura de MapServer utilizada para SIRIO

Cualquier consulta realizada es procesada de acuerdo a los archivos de configuración, los cuales tienen como extensión “.map” y son conocidos como los *mapfiles*. De acuerdo a los parámetros establecidos en ellos se obtiene el resultado que puede ser una imagen que contenga un mapa, un conjunto de leyendas o bien un conjunto de datos.

En el mapfile se configuró la extensión máxima de los datos², que para el caso particular es toda la extensión de la zona urbana de Popayán; el origen de los datos, que para la aplicación es una base de datos espacial (PostGis); el formato de las imágenes producidas, para este caso “.PNG”; y el tamaño de las imágenes, 170x170 píxeles .

Los mapas se forman de acuerdo a un conjunto de capas, en la URL que se haga la petición debe indicarse cuales se desean activar en el momento de producirse la imagen. Estas capas se deben encontrar definidas en el archivo “.map”, las capas utilizadas por **SIRIO** se muestran en la Tabla 30.

¹ Puede encontrarse mucha documentación sobre MapServer en <http://mapserver.gis.umn.edu/>

² La extensión son las coordenadas X y Y de los cuatro puntos que unidos forman un cuadro que contiene al mapa.

CAPA	INFORMACIÓN
pop_urbano	Contiene todos los bloques de la ciudad de popayán, es un diagrama completo de la ciudad.
vias	Contiene la información de las calles y carreras de la ciudad
sitios_interes	Incluye información sobre diversos sitios de interés de la ciudad

Tabla 30. Capas del archivo de configuración de MapServer

Adicionalmente, en la URL se puede establecer la extensión de la imagen que se quiere obtener, de esta forma se puede ampliar y disminuir el nivel de detalle de una imagen determinada. Otro parámetro que se puede adicionar en la URL es el zoom (acercamiento/alejamiento), esta operación se hace con respecto a un punto determinado y la extensión del mapa a obtener, ambos deben estar presentes en la URL.

4.3 USUARIO REMOTO (UR)

En el UR se identifican dos tipos de usuarios según el modo de acceso. La aplicación del dispositivo móvil puede ser desarrollada con J2ME, WML y XHTML como se explicó en el capítulo 1 (1.2.3). En primera instancia dadas las ventajas ilustradas en la Tabla 1, este módulo se implementó con WML.

4.3.1 Paquete Vista

4.3.1.1 Validación del Usuario

Necesita como datos de entrada el login y contraseña de usuario. El login es la cédula del usuario por lo que sólo acepta caracteres numéricos, es de una longitud máxima de 8 caracteres. Contraseña acepta cualquier carácter, diferencia entre mayúsculas y minúsculas y una longitud máxima de 20 caracteres. Se realiza la restricción respectiva en los datos de

entrada. En la Tabla 31, se establecen los parámetros de validez para esta y los respectivos resultados.

Parámetro de Validez	Resultados Esperados	Cumple Si/No
No aceptar entradas en blanco.	Mostrar un mensaje indicando que un campo se encuentra en blanco.	Si
Restricción de datos de entrada	El login sólo acepta números y la contraseña acepta cualquier entrada.	Si
Enviar los datos de validación e identificar el tipo de usuario.	De acuerdo a los datos de entrada despliega el menú de usuario o el menú de administrador	Si
Validar los datos	Si se ingresan datos que no identifican a ningún usuario, se despliega un mensaje indicando que el usuario no se encuentra registrado.	Si
Identificación mayúscula y minúscula.	Al ingresar la clave de acceso válida pero con diferencias en el uso de mayúsculas y/o minúsculas, no se acepta la validación	Si
Identificar un error en la conexión.	Mostrar un mensaje indicando que se ha presentado un error en la conexión.	Si

Tabla 31. Criterios de Evaluación de Validación del Sistema

4.3.1.2 Ubicación Actual

Dado que lo más crítico de la aplicación es el despliegue del mapa, lo siguiente que se implementó fue el despliegue del mapa que hace parte de la ubicación actual de vehículo.

Esta clase es la encargada de desplegar la ubicación actual del vehículo con respecto al mapa digital de Popayán. La imagen debe desplegarse con claridad de tal forma que el usuario puede identificar con facilidad la ubicación del vehículo. En la Tabla 32, se establecen los parámetros de validez y los respectivos resultados esperados.

Parámetros de Validez	Resultado Esperados	Cumple Si/No
Claridad en el mapa desplegado.	Mapa digital de Popayán desplegado con tal resolución que se alcance a diferenciar con claridad las calles y carreras cercanas a la posición del vehículo.	No
Mapa desplegado con un vehículo observado con claridad.	Mostrar con claridad la ubicación de un vehículo.	No
Mapa desplegado con varios vehículos observado con claridad.	Mostrar con claridad la ubicación de varios vehículos.	No

Tabla 32. Criterios de validación para Ubicación Actual

En la Tabla 33 se muestra los problemas que se presentaron en la implementación de la ubicación actual del vehículo, las soluciones planteadas y sus respectivos resultados.

Problema	Solución	Resultados
Falta visibilidad del Mapa.	Variar el tamaño de mapa en el archivo *.map (tipo de archivo del MapServer).	Sin importar el tamaño del mapa, siempre se acomodó al tamaño del ancho de la pantalla, ocasionando mayor distorsión en los mapas de mayor tamaño. Al largo de la imagen no se presenta el problema ya que se habilita la barra de navegación.
	Disminuir la extensión del mapa (el área del mapa a mostrar) en el archivo *.map	Para un solo vehículo funciona, pero cuando son varios vehículos no se logra visualizar bien las características de mapa (calles y carreras).
	Hacer la aplicación en J2ME, el cual permite desplegar una imagen al tamaño que se necesite e implementar un cursor que permita navegar sobre ella.	Se empieza la migración a J2ME.

Tabla 33. Problemas, soluciones y resultados utilizando WML

Para la implementación del programa en J2ME se conservó la estructura planteada con el anterior modelo.

4.3.1.3 Validación al sistema con J2ME

Se obtuvieron los mismos resultados establecidos en la Tabla 31. Aparte se estableció crear al beanUsuario cuando el usuario realice la validación, con los datos del login y contraseña de usuario. En la Figura 35 se muestran algunas pantallas obtenidas en las pruebas.



Figura 35. Pantallas de Validación del Sistema

4.3.1.4 Lista vehículos

La lista desplegada corresponde a todos los vehículos a los cuales el usuario tiene acceso. No se debe ingresar de nuevamente los datos de validación. Se despliega el código asignado por la empresa al vehículo en una lista tipo selección múltiple. Se debe almacenar la información de los vehículos seleccionados para tener referencia en nuevas peticiones. En la Tabla 34, se establecen los parámetros de validez para implementación de esta clase y los resultados obtenidos.

Parámetros de Validez	Pruebas/ Resultado Esperados	Cumple Si/No
Desplegar únicamente los vehículos a los que el usuario tiene acceso.	Al seleccionar la opción listado de vehículos, se despliega únicamente los códigos de los vehículos a los cuales tiene permiso.	Si
Dar la opción de seleccionar y deseleccionar a los vehículos.	Con la tecla del centro de navegación el usuario puede seleccionar y/o deseleccionar un vehículo. La interfaz le indica que vehículos están seleccionados.	Si
Dar opción de seleccionar todo.	Después de listar todos los vehículos se encuentra la opción <i>Seleccionar Todo</i> el cual marca todas las opciones cuando se escoge esta opción.	Si
Crear un beanVehiculo por cada vehículo seleccionado	Cuando el usuario da aceptar después de haber seleccionado los vehículos de interés, se crea un <i>bean Vehículo</i> con la placa y el código respectivo. Además se lo añade a un vector denominado <i>vehículos</i> .	Si
Detectar cuantos vehículos ha seleccionado.	Una vez el usuario ha seleccionado aceptar se cuenta cuantos vehículos ha seleccionado y se guarda en una variable denominada <i>numVehiculos</i> .	Si
Mostrar ayuda al usuario.	En el menú de opciones el usuario cuenta con una ayuda que le indica que hace la opción de listar vehículos.	Si
Permitir al usuario navegabilidad.	El usuario cuenta con todos los comandos establecidos en la Tabla 7, en los cuales puede navegar utilizando las teclas de navegación del celular.	Si

Tabla 34. Criterios de Evaluación de ListaVehiculos

En la Figura 36, se muestran las pantallas obtenidas en las pruebas.



Figura 36. Pantallas de las pruebas de Lista Vehículos

4.3.1.5 ActualizarDatos

Permite al usuario cambiar sus datos de contacto (número celular y correo electrónico). Debe desplegar los datos que se encuentran almacenados en el sistema. Los datos de almacenamiento deben ser validos, el número celular sólo caracteres numéricos y el correo electrónico de la forma `nombre@dominio.com`, además no debe permitir espacios en blanco y hacer la conexión solo cuando se realicen cambios. En la Tabla 35, se establecen los parámetros de validez para la actualización de datos y los respectivos resultados.

Parámetros de Validez	Resultado Esperados	Cumple Si/No
Desplegar los datos almacenados	Despliega los datos almacenados en el sistema, correspondientes al celular y al correo electrónico en la pantalla	Si
Restricción de los datos de entrada	En el campo celular sólo permite la entrada de caracteres numéricos.	Si
	En el campo del correo electrónico solo debe permitir datos de la forma <code>nombre@dominio.com</code>	Si
No permitir entradas en blanco	Cuando actualiza los datos dejando uno o los dos campos en blanco, se muestra una alerta indicando error.	Si
Hacer la actualización de los datos solo cuando se hayan realizado cambios.	Se presiona el botón de actualizar. Se analiza si se realizaron cambios en los dos campos. Si no hay cambios no	Si

	se realiza la actualización y vuelve al menú inicial.	
Brindar la herramienta de ayuda al usuario	Despliega la herramienta de ayuda y explica las funcionalidades de esta opción.	Si
Dar información sobre el proceso	Despliega un indicador de avance (gauge) cuando se está conectando con el servidor, una alerta indicando que se ha realizado la actualización o si se ha presentado un error.	Si
Permitir al usuario la navegabilidad.	El usuario cuenta con todos los comandos establecidos en la Tabla 7, sobre los cuales se puede navegar utilizando las teclas de navegación del celular.	Si

Tabla 35. Parámetros de Validez de Actualización de datos

En la Figura 37, se muestran las pantallas obtenidas en las pruebas.



Figura 37. Pantallas obtenidas en las pruebas Actualizar Datos

4.3.1.6 CambiarContraseña

Permite cambiar la contraseña de validación al usuario. Debe aceptar una extensión máxima de 20 caracteres de cualquier tipo. Se debe realizar una validación del nuevo dato que se está ingresando, sin permitir los campos en blanco. Es necesario dar informe sobre el estado de la operación y dar la opción de cancelar la acción. En la Tabla 36 se establecen

los parámetros de validez para el cambio de contraseña del usuario y los respectivos resultados.

Parámetro de Validez	Resultados Esperados	Cumple Si/No
No aceptar entradas en blanco.	Mostrar un mensaje indicando que un campo se encuentra en blanco.	Si
Verificar si la nueva contraseña ingresada por el usuario es la deseada.	El usuario debe confirmar la contraseña ingresada	Si
	Muestra una alerta indicando error si el campo de confirmación está vacío	Si
Comparar que los datos ingresados en ambos campos son iguales.	Antes de enviar los datos se debe comparar que la nueva contraseña y su confirmación son iguales. En caso contrario despliega una Alerta indicando al usuario un error.	Si
Mostar ayuda al usuario	En el menú tiene un comando de ayuda el cual indica la funcionalidad de esta pantalla.	Si
Dar notificación sobre el proceso.	Despliega una alerta indicando que la actualización fue exitosa, si no se hizo la actualización, o si se ha presentado un error en la conexión.	Si

Tabla 36. Parámetros de Validez de Cambio de Contraseña

En la Figura 38 se muestran las pantallas de los resultados obtenidos en las pruebas.

4.3.1.7 Menú Inicial

Despliega las opciones a las cuales tiene acceso el usuario. Debe indicar que opción se encuentra seleccionada, además permite navegar a través del menú por medio de las teclas de navegación y los números 6 (derecha), 4 (izquierda), 2 (arriba) y 8 (abajo). Ofrece ayuda de acuerdo a la opción que se seleccione. En la Tabla 37, se establecen los parámetros de validez del menú inicial y los respectivos resultados. En la Figura 39 se muestran las pantallas de los resultados obtenidos en las pruebas.

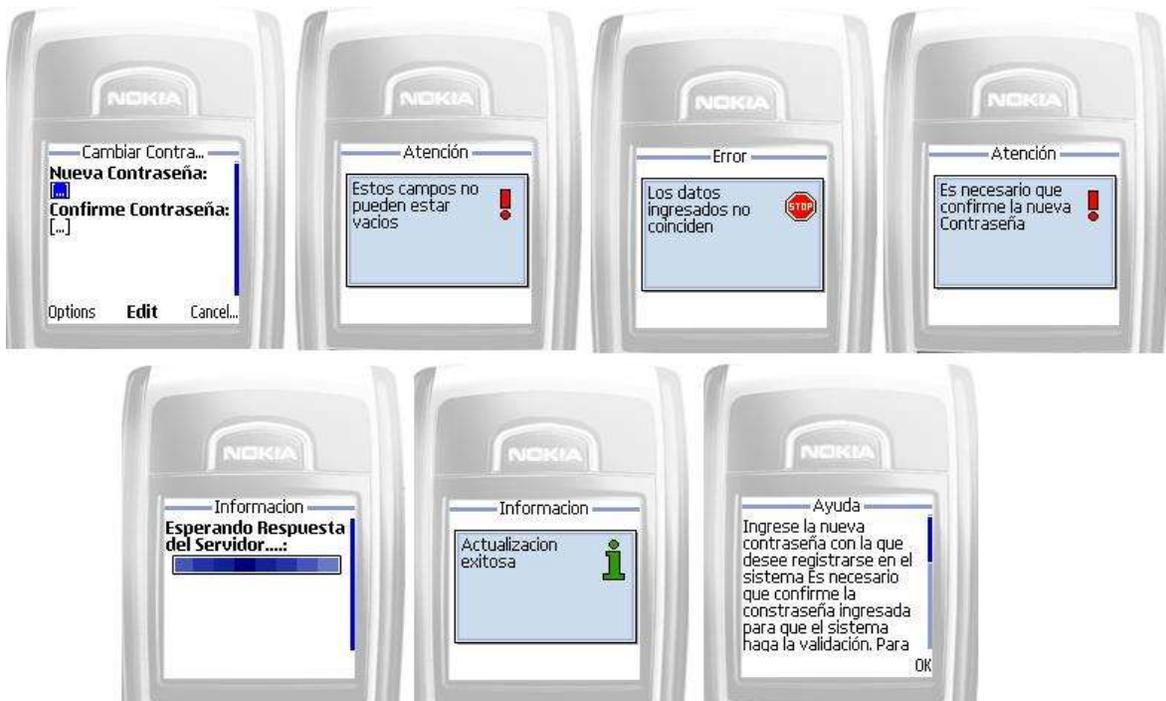


Figura 38. Resultados obtenidos en el Cambio de Contraseña

Parámetro de Validez	Resultados Esperados	Cumple Si/No
Mostrar de forma clara las opciones del menú.	Una interfaz agradable en donde el usuario puede distinguir cuales son las opciones del menú	Si
Mostrar que opción tiene seleccionada el usuario.	La opción seleccionada se resalta con un cuadro de color azul claro.	Si
	Al seleccionar una opción se despliega el respectivo titulo en la parte superior de la pantalla.	Si
Ofrecer ayuda al usuario de acuerdo a la opción seleccionada.	Por cada opción existe el comando de ayuda el cual orienta al usuario sobre la funcionalidad respectiva.	Si
Acceder a la pantalla adecuada según la opción escogida.	Al seleccionar las respectivas opciones se obtiene: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Act. Datos - > Despliega la vista ActualizacionDatos ✓ Vehículos - > Despliega la vista listaVehiculos. ✓ Constraseña -> Despliega la vista cambiarContraseña. ✓ Autores -> Despliega la vista Autores. 	Si

Tabla 37. Parámetros de Validez de Menú Inicial



Figura 39. Resultados obtenidos del Menú Inicial

4.3.1.8 Datos Vehículos

Muestra información acerca del vehículo que se encuentra almacenada en el servidor, tal como la marca, modelo, placa, código y nombre del conductor. Además da la opción de visualizar los datos personales del conductor. Estos datos no se pueden editar desde esta aplicación. Al momento de solicitar la información, esta se almacena de manera temporal en el *beanVehiculo* correspondiente, así cuando el usuario solicita de nuevo la información, no es necesario establecer nuevamente una conexión. Hay que resaltar que esta opción solo se habilita cuando el usuario ha seleccionado únicamente un vehículo. En la Tabla 38, se establecen los parámetros de validez para la obtención de datos del vehículo y los respectivos resultados.

Parámetros de Validez	Pruebas/ Resultado Esperados	Cumple Si/No
Habilitar la opción sólo cuando el usuario seleccione un vehículo.	Cuando se selecciona varios vehículos no aparece esta opción visible para el usuario.	Si

	Cuando se selecciona un vehículo, la opción se hace visible al usuario	Si
Desplegar la información correspondiente al vehículo seleccionado.	Se despliega la marca, modelo, placa, código y el nombre del conductor del vehículo seleccionado.	Si
Hacer conexión sólo cuando sea necesario	Al hacer por primera vez la consulta, se hace conexión con el servidor.	Si
	Al repetir la consulta se despliega la información sin necesidad de hacer la conexión con el servidor.	Si
Ofrecer la ayuda necesaria.	El usuario cuenta con el comando de ayuda que explica la funcionalidad.	Si
Permitir la navegabilidad al usuario.	El usuario cuenta con todos los comandos establecidos en la tabla 7.	Si

Tabla 38. Parámetros de Validez de Datos Vehiculos

En la Figura 40, se muestran las pantallas de los resultados obtenidos.

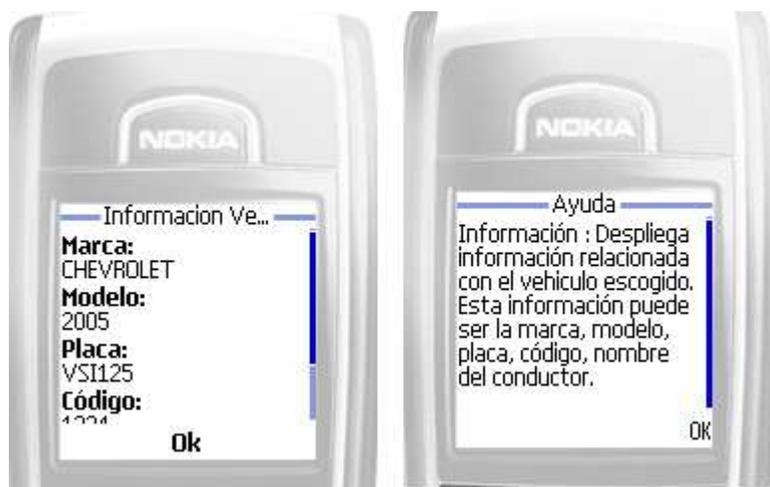


Figura 40. Resultados obtenidos de Información del Vehículo

4.3.1.9 UbicaciónActual

A través de un símbolo muestra la ubicación actual del vehículo dentro de un mapa que indica el área cercana. Se despliega una imagen de 170 x 170 píxeles y cuenta con un cursor que permite la navegación dentro del mapa utilizando el teclado de navegación o los



números 8 (abajo), 2 (arriba), 6 (derecha) y 4 (izquierda). Cuando el cursor pasa sobre algún vehículo el usuario puede ver información relacionada al vehículo y además puede enviarle un mensaje de texto. El usuario cuenta con la opción de acercar o alejar (zoom) lo que le permite maximizar y/o minimizar la imagen. Al borde de la pantalla se visualizan las flechas que le indican al usuario en que dirección puede moverse con respecto a la imagen desplegada

En la Tabla 39, se establecen los parámetros de validez para la ubicación actual y los respectivos resultados.

Parámetros de Validez	Pruebas/ Resultado Esperados	Cumple Si/No
Desplegar el mapa de la zona con claridad.	Se despliega una imagen de 170 x 170 píxeles que corresponde al área cercana de la ubicación de los vehículos.	Si
	La imagen cuenta con etiquetas de calles, carreras y algunos puntos conocidos para que el usuario pueda identificar fácilmente el sitio.	Si
Permitir al usuario navegabilidad sobre la imagen de manera fácil.	Se despliega una imagen de mayor tamaño que la pantalla y por medio de un cursor el usuario puede desplazarse por toda la pantalla.	Si
	Se despliega unas flechas en los bordes de la pantalla para indicarle al usuario en que dirección se puede desplazar.	Si
	La manipulación del cursor se hace de forma sencilla utilizando las teclas de navegación o las teclas numéricas.	Si
Permitir la manipulación de la imagen	La imagen tiene opción de hacer acercamiento o alejamiento (zoom) para maximizar o minimizar su tamaño.	Si
Mostrar a través de un símbolo la posición del vehículo.	Se despliega un símbolo en forma de vehículo de gran visibilidad dentro del mapa indicando la posición.	Si
	Al desplegar la imagen, el cursor se ubica sobre uno de los vehículos.	Si
	Cada vehículo se encuentra identificado por el código (o si se prefiere la placa) correspondiente.	Si

Dar la opción al usuario de ver información acerca del vehículo señalado.	Cuando el cursor pasa sobre un vehículo este cambia de color al igual que el comando de opciones para anunciar al usuario que puede hacer alguna manipulación sobre el.	Si
	Al pasar sobre el vehículo cambian las opciones del comando menú.	Si

Tabla 39. Parámetros de Validación y Resultados de Ubicación Actual

En la Figura 41 se muestran las pantallas obtenidas en las diferentes pruebas.



Figura 41. Pantallas Resultados Obtenidos en Ubicación Actual

4.3.1.10 Rastreo

La funcionalidad y el comportamiento son similares a ubicacionActual, por lo tanto se establecieron los mismos parámetros de validez ilustrados en la Tabla 39. La única diferencia es que esta opción es válida para un solo vehículo, además a través de la imagen por medio de símbolos se indica cada posición del vehículo en una hora determinada.

4.3.1.11 EnviarMensaje

Permite al usuario enviar mensajes de texto a todos los vehículos escogidos de la lista de vehículos. Por lo tanto se despliega una caja de texto para escribir el mensaje y al dar la



opción de enviar el sistema confirma los números a los cuales va a enviar el mensaje y además informa el estado del proceso. En la Tabla 40 se muestra los parámetros de validez para el envío de mensajes.

Parámetro de Validez	Resultados Esperados	Cumple Si/No
Permitir al usuario escribir el mensaje.	Se le despliega una pantalla en donde puede escribir un mensaje máximo de 160 caracteres.	Si
Enviar el mensaje a uno o varios destinos.	La opción se encuentra habilitada independientemente del número de vehículos que seleccione el usuario.	Si
Confirmación de los destinos	Al dar enviar mensaje, el sistema confirma los destinos a los cuales va a ser enviado.	Si
Dar reporte sobre el proceso	El sistema reporta todos los posibles estados del mensaje	Si

Tabla 40. Parámetros de Validez para el Envío de Mensajes

4.3.2 Paquete Conexión

Dado que la aplicación del UR se implementó en J2ME, la comunicación con el SC se puede establecer de dos formas: HTTP y WebServices. En la Tabla 41 se muestra las comparaciones entre el desempeño de HTTP y WebServices en un aplicación para dispositivos móviles.

Características	HTTP	WebServices
Tiempo de Conexión	Rápido.	Es más lento ya que pasa los objetos que obtiene del servidor a través de HTTP al dispositivo móvil.
Información que permite transmitir.	Cadenas con restricción de algunos caracteres y Bytes. No permite la transmisión de objetos.	Transmite todo tipo de información incluyendo objetos.
Interoperabilidad Software	Baja dado que depende del tipo de tecnología que se este utilizando.	Alta ya que es independiente de propiedades o de las plataformas sobre las que se instalen.
Soporte en Celulares	Todos los dispositivos móviles deben soportar este protocolo.	Soportan sólo dispositivos más avanzados, aunque en algunos dispositivos es posible pasar las librerías que necesita WebServices.

Tabla 41. Comparación entre HTTP y WebServices



En primera instancia se determinó implementar la conexión con WebServices, puesto que ofrecía mayor desempeño y robustez a la aplicación.

4.3.2.1 beanConexion con WebServices

Esta clase es la encargada de realizar la conexión al SC. Una vez establecida la conexión, realiza las peticiones y recibe las respuestas para procesarlas y enviarlas a la clase que la necesite. Como se mencionó en la Tabla 39, al utilizar WebServices, los objetos del servidor, se manejan como objetos internos, los cuales se encuentran y se manejan únicamente en esta clase. En la Tabla 42 se ilustran los parámetros de validez y los resultados obtenidos.

Parámetro de Validez	Resultados Obtenidos	Cumple Si/No
Establecer conexión con el Servidor Central	Cuando el emulador ¹ trató de conectarse se lanza una excepción “rmiException”.	No
Realizar las peticiones requeridas. ²	Una vez se establece la conexión, se realizan todas las consultas con el servidor.	Si
Obtener las respuestas necesarias.	Se obtiene la cadena de respuesta del servidor, la procesa y envía los datos a la clase necesaria.	Si
Reportar errores cuando se presenten.	Cuando se presenta una excepción por error en la conexión o por respuesta nula, se hace el manejo respectivo evitando el bloqueo de la aplicación.	Si

Tabla 42. Parámetros de Validez para la Conexión con el SC

En la Tabla 43 se listan los problemas, las soluciones y los resultados que se obtuvieron al implementar WebServices.

¹ Para hacer la implementación con WebServices se trabajó con la herramienta Wireless Toolkit (WTK), desarrollada por Sun, por el fácil manejo.

² Estos parámetros se cumplieron una vez se solucionó el problema del parámetro anterior.



PROBLEMA	SOLUCIÓN	RESULTADOS
Lanza una excepción al realizar la conexión y el emulador no responde ¹	Para establecer la conexión se implementa un hilo que se corre cada vez que se necesita realizar la conexión.	Se establece la conexión sin ningún inconveniente.
No funciona la aplicación al emularla con el SDK de Nokia, ya que este no soporta WebServices.	Copiar en la carpeta lib del SDK de Nokia todas las librerías necesarias para la navegación con WebServices.	Se puede establecer la conexión con el emulador de Nokia y realizar todas las consultas.
El celular Nokia 3220, equipo en que se instaló la aplicación no soporta WebServices.	Al instalar la aplicación, se añade las librerías que necesita para que navegue con WebServices. Estas librerías deben estar en la misma ruta que en emulador.	Cuando se trata de establecer la conexión, lanza una SecurityException, lo que significa que no deja copiar paquetes que no corresponden a las librerías soportadas por defecto.
SIRIO se debe validar en terminales reales.	Buscar terminales celulares que soporten WebServices.	En Colombia existen muy pocos dispositivos móviles que soporten WebServices, y son de un costo muy elevado lo que dificulta la adquisición de los mismos.
	Utilizar PDA, las cuales permiten navegar con WebServices al copiar las librerías necesarias.	Hasta el momento todas las PDA solo soportan MIDP 1.0, y SIRIO es una aplicación desarrollada con MIDP 2.0.
	Analizar otras alternativas de comunicación.	Todos los dispositivos con acceso a Internet, deben soportar por lo mínimo HTTP, por lo que se empieza la migración hacia este.

Tabla 43. Problemas, Soluciones y Resultados con WebServices

4.3.2.2 beanConexion con http

Para la implementación se establecieron los mismos parámetros de validez ilustrados en la Tabla 40. La migración no fue muy significativa ya que todas las peticiones se manejaban en la misma clase. Al establecer una conexión HTTP la información es enviada en cadenas y sólo permite la transmisión de datos planos, por lo que no se pueden enviar espacios, tildes, ñ, entre otros. Es necesario enviar la respuesta con encabezados para determinar

¹ El emulador pregunta: "Wants to send and receive data using the networking. This will use air time and may result in charges." No acepta ninguna opción.



cual debe ser su respectivo proceso. También es importante mencionar que el método utilizado para el envío de datos es POST¹.

4.3.2.3 *conexionImagen*

Esta clase se encarga de establecer la conexión con el Servidor de Mapas MapServer. La conexión se establece con HTTP, los motivos para crear una clase aparte del *beanConexion* fueron dos principalmente: el envío de datos debe hacerse con el método GET² y la respuesta no tiene cabecera ya que son los byte que conforman la imagen del mapa. Presenta las mismas características que el *beanConexion* por lo que se evaluó con los parámetros descritos en la Tabla 42.

4.3.3 *Paquete Modelo*

4.3.3.1 *BeanUsuario*

La clase *beanUsuario* almacena toda la información relacionada con el usuario, como por ejemplo el login, contraseña, correo electrónico, número celular y empresa a la que pertenece. Esta información se guarda con el fin de evitar que el usuario deba ingresar estos datos cada vez que realice una consulta. En la Tabla 44 se ilustra los parámetros de validación y los resultados obtenidos en la implementación de esta clase.

¹ Con el método POST los datos enviados no se visualizan en la barra del navegador

² Con el método GET los datos son enviados mediante la URL y pueden ser vistos en esta.

Parámetro de Validez	Resultados Obtenidos	Cumple Si/No
Guardar la información del usuario.	Una vez el usuario se valida, y el sistema reconoce que está registrado, se crea el beanUsuario pasando como parámetros de entrada el login y la contraseña.	Si
	Después de realizar cada consulta relacionada con datos del usuario se almacena la información en los campos respectivos.	Si
Actualizar los datos cada vez que sea necesario.	Cuando el usuario realiza una actualización de datos y de contraseña, la información almacenada en el beanUsuario es reemplazada por los nuevos datos.	Si
Realizar una consulta sin necesidad de solicitar de nuevo la información del usuario.	Se realizan varias consultas que necesitan de login y de contraseña, el sistema hace las consultas sin necesidad de que el usuario ingrese de nuevo sus datos.	Si
Toda la información debe guardarse de forma temporal.	Una vez el usuario salga del sistema, la aplicación elimina toda la información	Si

Tabla 44. Parámetros de Validez y resultados obtenidos en beanUsuario

4.3.3.2 BeanVehiculo

La clase beanVehiculo almacena toda la información relacionada con un vehículo, tal como la marca, modelo, placa, código interno de la empresa, nombre actual del conductor y posición. Se crea una clase por cada vehículo que el usuario seleccione de la lista que se despliega en listaVehiculos. Para crear esta clase es necesario la placa (que es un identificador único) y el código interno de la empresa. El objetivo de crear esta clase, es evitar conectarse al servidor cada vez que el usuario desee realizar la misma consulta. En la Tabla 45 se ilustra los parámetros de validez y los resultados obtenidos en la implementación de esta clase.

Parámetro de Validez	Resultados Obtenidos	Cumple Si/No
Guardar la información del vehículo.	Se crea un beanVehiculo por cada vehículo que el usuario ha seleccionado. Adicionalmente, cada beanVehiculo creado es añadido al vector "vehiculos" ¹ .	Si
	Después de realizar cada consulta relacionada con datos	Si

¹ Nombre del vector que contiene todos los beanVehiculos creados.



	del vehículo se almacena la información en los campos respectivos.	
Conectarse con el Servidor sólo cuando sea necesario.	La primera vez que se hace una consulta relacionada con un vehículo, el sistema se conecta al servidor. Al repetirse la misma consulta, el sistema despliega los datos solicitados sin realizar conexión con el servidor.	Si
Toda la información debe guardarse en forma temporal.	Una vez el usuario salga del sistema, la aplicación elimina todos los elementos del vector <i>vehículos</i> .	Si

Tabla 45. Parámetros de Validez y resultados obtenidos en beanVehiculos

4.3.4 Paquete Control

4.3.4.1 ControlSirio

Esta clase es la más importante en el UR, implementa el MIDlet¹ encargado de la definición del ciclo de vida de la aplicación, en donde se definen las interacciones entre la aplicación y el entorno sobre el cual se está ejecutando. Controla y coordina el funcionamiento de toda la aplicación, el cambio de pantallas, el intercambio de flujo de información. En esta clase se crean todas las clases anteriormente explicadas y se lleva el control de interacción entre las mismas. Es de tipo estática ya que no puede ser creada varias veces.

Para mayor información sobre la implementación del UR y los respectivos diagramas de secuencia consultar el ANEXO B.

4.4 SOLUCION FINAL

A lo largo de este capítulo se ha indicado como se llevó a cabo la implementación de SIRIO, partiendo de la arquitectura inicial planteada en el capítulo dos y los parámetros de diseño del capítulo tres. Se ha indicado los problemas que se presentaron, las distintas

¹ Clase que implementa el perfil MIDP definido en J2ME para el desarrollo de aplicaciones en dispositivos móviles.



alternativas y las soluciones planteadas. Algunos problemas involucraron cambios de tecnologías y/o protocolos. En la Tabla 46 se indica las tecnologías, herramientas y protocolos utilizados para la implementación de cada uno de los módulos de **SIRIO**.

Módulo	Submódulo	Tecnología / Herramientas	Protocolo
Usuario Móvil (UM)	Comunicación UM – SC.	SMS*	SS7
	GPS - Controlador	Lenguaje Ensamblador	USART
	MODEM - Controlador	Lenguaje Ensamblador	USART
	Interfaz Gráfica - Controlador	Lenguaje Ensamblador	Protocolo de Control y Despliegue del LCD
Usuario Remoto (UR)	Comunicación UR - SC	Internet	HTTP*
	Implementación en el dispositivo móvil.	J2ME*	-----
	Implementación en el computador Personal	Java Servlets	HTTP
Servidor Central (SC)	Servidor de Mapas	MapServer	HTTP
	Bases de Datos	Postgress/ PostGIS	JDBC
	Servidor WEB	Java Servlet	HTTP

Tabla 46. Tecnologías y protocolos utilizados en la implementación de SIRIO

Los cambios presentados no afectaron la estructura general y las funcionalidades de la aplicación. Se distingue los tres módulos: UM, SC y UR, cada uno cumple a cabalidad las funciones y parámetros de diseño establecidos en los capítulos dos y tres.

*Tecnologías, Herramientas y Protocolos cambiados según la arquitectura inicialmente planteada.

5 RESULTADOS, RECOMENDACIONES, LIMITACIONES, TRABAJOS FUTUROS Y CONCLUSIONES

5.1 RESULTADOS

- Se logró implementar un sistema de localización de fácil manejo basado en tecnología GPS, utilizando la red celular, permitiendo la localización del móvil y su visualización simbólica sobre una imagen del mapa digital de Popayán de forma remota a través de un computador y/o dispositivo celular.
- Se diseñó e implementó un dispositivo hardware de fácil manejo que permite a un usuario al interior de un vehículo obtener información sobre sitios de interés cercanos a su posición, envío de SMS y mensajes de emergencia a un destino predefinido.
- Se logró establecer la comunicación entre dispositivos celulares reales y un servidor a través de HTTP.

5.2 RECOMENDACIONES

- Antes de seleccionar y adquirir dispositivos debe realizarse un análisis sobre las ventajas y desventajas de cada uno, teniendo en cuenta factores como calidad, facilidad de adquisición, soporte técnico, precio y gastos adicionales como aranceles de importación y gastos de envío.
- Al adquirir un dispositivo móvil (teléfono celular, Asistente Digital Personal, MODEM, etc), es importante hacer una revisión de la versión del firmware en los



documentos y hojas de datos relacionados al dispositivo, en los cuales generalmente aparecen las limitaciones del dispositivo. Es conveniente así mismo, verificar si existe una versión reciente del firmware y actualizar el dispositivo.

- La realimentación que pueda darse al fabricante de algún dispositivo con respecto a problemas y fallas presentadas por éste es muy importante en la corrección de errores en versiones futuras del firmware por parte del proveedor.
- Es muy conveniente el uso de la opción de registro automático que ofrece el MODEM ENFORA GSM 1218 puesto que permite ejecutar un conjunto secuencial de instrucciones que de otra forma deberían ser implementadas por el microcontrolador.
- Existen diversas formas de tratar los mensajes de texto entrante con el MODEM ENFORA GSM 1218, para elegir la opción que mejor se adecue al problema planteado, es necesario hacer una lectura cuidadosa de la documentación.
- En el momento de tratar la información de un SMS, debe tenerse en cuenta que algunos operadores como COMCEL y OLA incluyen en el cuerpo del mensaje el número desde el que han sido enviados los mensajes.
- Para que un LCD sea inicializado de forma correcta, deben cumplirse los tiempos entre instrucciones tal y como aparecen en las hojas de datos, de otra forma el LCD no responderá a ningún comando.
- Debido a la gran cantidad de proveedores de LCD existentes, en muchas ocasiones no es tarea fácil encontrar las especificaciones de un dispositivo determinado, sin embargo las interfaces e instrucciones de control de estos dispositivos se encuentran estandarizadas y por ende se pueden utilizar especificaciones de otros LCD similares.

- Al realizar tablas en el microcontrolador PIC16F877 de la forma sugerida en la hoja de datos del fabricante, se debe tener cuidado de no sobrepasar la posición de memoria de programación 0x00FF pues el registro PCLATCH no cambia al adicionar valores al registro PCL.

5.3 LIMITACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Puesto que **SIRIO** es un prototipo académico existen algunas limitaciones que se constituyen como trabajos futuros. Éstos se listan a continuación.

- La cartografía es tal vez la inversión más alta de todo sistema de localización. **SIRIO** sólo involucra cartografía de la zona urbana del municipio de Popayán, el mapa fue adquirido a través del Grupo de Estudios Ambientales (GEA) de la Universidad del Cauca, por lo tanto el servicio está limitado a esta zona. Queda como trabajo futuro ampliar la cartografía a un rango mayor de acuerdo a la aplicación que se desee realizar que puede ser el Departamento del Cauca y si es posible todo el territorio colombiano.
- El funcionamiento de **SIRIO** se ve limitado a la zona de cobertura de la señal de la red celular, esto reduce la eficacia de aplicaciones orientadas a la seguridad de vehículos como localización de vehículos robados. Como trabajo futuro se encuentra proveer a **SIRIO** de un sistema alternativo que mejore la confiabilidad del producto y lo convierta en una solución óptima en el área de seguridad vehicular.
- SIRIO** solamente involucra sitios de interés como áreas comerciales de la ciudad, ya que esta información se recolecta únicamente para validar el sistema y no es objetivo de **SIRIO** suministrar información completa sobre la ciudad de



Popayán. Como trabajo futuro está hacer una recolección mas detallada de la información correspondiente a Sitios de Interés a nivel municipal y nacional.

- Para que **SIRIO** pueda convertirse en una versión comercial, es necesario que se implemente un sistema de gestión del sistema, en donde se pueda llevar un control de los SMS que cada usuario envía y recibe y ofrezca la posibilidad de hacer reportes semanales y mensuales de la operación del sistema de forma automática.
- El dispositivo hardware no realiza almacenamiento de los mensajes entrantes y la verificación de recepción de los mensajes salientes. Como trabajo futuro, el UM debe permitir la posibilidad al usuario de revisar los mensajes que ha recibido mediante una opción en el menú principal.
- Al ser SIRIO un prototipo académico se utilizó una batería externa para la alimentación del UM. Una solución comercial debe tomar la energía de la batería del carro y por lo tanto debe tener un circuito de protección debido a las altas corrientes que un vehículo maneja. Este también es un trabajo futuro de implementación.

5.4 CONCLUSIONES

- Es importante el uso de herramientas como el *hyperterminal* para la configuración de dispositivos que hacen uso de la interfaz serial. Así mismo, se debe hacer una revisión de la documentación acerca de los niveles de voltaje que los dispositivos utilizan y hacer una conversión si es necesario.
- Para llevar a cabo la comunicación entre un dispositivo que no implementa el estándar de comunicación RS232 y otro que si lo hace, es necesario hacer una



conexión de MODEM NULO eliminando las líneas de control del estándar y trabajando únicamente con las líneas de transmisión y recepción.

- En lo que corresponde a envío de SMS, el formato PDU trae muchas ventajas con respecto al formato de texto, sin embargo, es mucho más complejo y necesita un entendimiento completo de la documentación.
- El envío de mensajes a través del UM se implementó basados en la operación y funcionamiento de los teléfonos celulares dado que las personas ya se encuentran familiarizadas con él.
- El uso de un controlador que implemente la interfaz serial facilita la comunicación con dispositivos externos y evita los errores producidos por retardos que no son calculados de forma precisa.
- Para que un MODEM establezca una conexión GPRS, debe también implementar un protocolo que permita establecer las negociaciones y la validación con la red como por ejemplo PPP.
- El emulador del dispositivo celular no filtra algunos errores que se pueden presentar en un dispositivo celular real, tales como las restricciones técnicas del dispositivo.
- Dado las limitaciones de los equipos celulares que actualmente se comercializan en Colombia no se puede establecer una comunicación con un servidor utilizando WebServices.
- A pesar del correcto funcionamiento en el emulador, no es posible cargar un valor por defecto en un campo de texto de tipo NUMERIC en un teléfono celular Nokia 3220. El error se puede solucionar utilizando un campo de texto de tipo PHONENUMBER.

- Para que una aplicación J2ME cargue correctamente una imagen en un dispositivo celular, se debe tener en cuenta que este, a diferencia del emulador, distingue entre mayúsculas y minúsculas.
- Los navegadores WAP de los dispositivos celulares presentan un comportamiento distinto en el momento de desplegar una imagen de tamaño mayor a la pantalla, algunos recortan la imagen y otros la ajustan de tal forma que coincidan con el tamaño de la pantalla.
- Para implementar una aplicación en un dispositivo celular debe tenerse en cuenta las características propias de este ya que aun no existe interoperabilidad completa entre distintos fabricantes.
- Cuando se desarrolla una aplicación en un teléfono Nokia con el API de mensajería de J2ME (WMA), los mensajes que deben llegar directamente a la aplicación son manejados de igual forma que un SMS normal debido a las restricciones de seguridad que establece el fabricante.
- Para establecer la conexión con MapServer desde un celular a través del protocolo HTTP, debe utilizarse el método GET, de lo contrario, MapServer arroja un error y no se puede llevar a cabo la consulta.
- Es importante a la hora de realizar un trabajo de grado seleccionar las asignaturas electivas que aportan al desarrollo de este.



SIGLAS

- 3G:** Tercera Generación, Third Generation.
- APN:** Nombre de Punto de Acceso, Access Point Name.
- ASCII:** Código Estándar Americano para el Intercambio de Información, American Standard Code for Information Interchange.
- CDC:** Configuración para la Conexión de Dispositivos.
- CDMA:** Acceso Múltiple por División de Código, Code Division Multiple Acces.
- CGI:** Interfaz de Pasarela Común, Common Gateway Interface.
- CLDC:** Configuración para Dispositivos de Conexión Limitada, Connected Limited Device Configuration.
- DoD:** Departamento de Defensa de los Estados Unidos, Department of Defense.
- FCC:** Comisión Federal de Comunicaciones de los Estados Unidos, Federal Communications Comisión.
- GGSN:** Nodo de Pasarela de Soporte para GPRS, Gateway Gprs Support Node.
- GML:** Lenguaje de Marcación Geográfico, Geography Markup Language.
- GPRS:** Servicio General de Paquetes por Radio, General Packet Radio Service.
- GPS:** Sistema de Posicionamiento Global, Global Positioning System
- GSM:** Sistema Global para Comunicaciones Móviles, Global System for Mobile Communications.
- HTML:** Lenguaje de Marcación de Hipertexto, Hyper Text Markup Language.
- IP:** Protocolo de Internet, Internet Protocol.



- J2ME:** Java 2 Platform Micro Edition.
- J2SE:** Segunda Edición Estandar de Java, Java2 Standard Edition.
- KVM:** Máquina Virtual Compacta, Kilobyte Virtual Machine.
- LBS:** Servicios Avanzados en Localización, Location Based Services.
- LCD:** Despliegue de Cristal Líquido, Liquid Cristal Display.
- LMU:** Unidades de Medición de Localización, Location Measure Units.
- MAP:** Parte de Aplicación Móvil, Mobile application Part.
- MIDP:** Perfil de Dispositivos de Información Móvil, Mobile Information Device Profile.
- MSSP:** Puerto Sincrónico Serial Maestro, Master Synchronous Serial Port.
- NMEA:** Asociación Nacional de Electrónica Marítima, National Marine Electronics Association.
- PI:** Identificador de Protocolo, Protocol Identifier.
- PIN:** Número de Identificación Personal, Personal Identification Number.
- PDP:** Formato de Documento Portable, Portable Document Format.
- PDU:** Unidad de Datos de Protocolo, Protocol Data Unit.
- PNG:** Gráficas Portables de Red, Portable Network Graphics.
- PPP:** Protocolo Punto a Punto, Point to Point Protocol.
- SIG:** Sistema de Información Geográfica, Geographical Information System.
- SIM:** Módulo de Identificación del Suscriptor, Subscriber Identity Module.
- SMS:** Los Servicios de Mensajería Corta, Short Message Service.
- SMSC:** Centro de SMS, SMS Center.
- SQL:** Estructura de Lenguaje de Peticiones, Structured Query Language.



- SVG:** Gráficas de Vector Escalable, Scalable Vector Graphics.
- TDOA:** Tiempo de Llegada Mejorado, Time Difference of Arrival.
- TOA:** Tiempo de Llegada, Time Of Arrival.
- TP-DCS:** Esquema de Codificación de Datos, Data Coding Écheme.
- UMTS:** Sistema de Telefonía Móvil Universal, Universal Mobile Telephone System.
- URL:** Localizador Uniforme de Recurso, Uniform Resource Locutor.
- USART:** Transmisor Receptor Universal Direccionable Sincrónico Asincrónico, Addressable Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter).
- WAP:** Protocolo de Aplicaciones Inalámbricas, Wireless Application Protocol.
- WCDMA:** Redes de Acceso Múltiplo por División de Código de Banda Ancha, Wideband Code Division Multiple Access.
- WML:** Lenguaje de Marcado Inalámbrico, Wireless Markup Language.
- WWW:** Red Mundial, Word Wide Web.
- XHTML:** Lenguaje Extensible de Marcado de Hipertexto de Perfil Móvil, eXtensible Hyper Text Markup Language Mobile Profile.
- XML:** Lenguaje de Marcación Extensivo, eXtensible Markup Language.

BIBLIOGRAFIA

SERVICIOS BASADOS EN LOCALIZACIÓN

- [1] SE.23 Permanent Reference Document. Documento HTML disponible en:
<http://www.gsmworld.com/technology/applications/location.shtml>

- [2] Location-Based Services: Technical and Business Sigues. Documento PDF disponible en :
www.gmat.unsw.edu.au/snap/publications/dao_etal2002a.pdf

- [3] <http://www.navicore.com>

- [4] Mobile Positioning. Documento HTML disponible en:
http://www.mobilein.com/mobile_positioning.htm

- [5] Comunicaciones Inalámbricas. ELO 341. Telefonía Departamento de Electrónica – UTFS. Walter Grote. 2002. Documento PDF disponible en :
<http://www.elo.utfsm.cl/~elo343/clases/fono10.pdf>

- [6] Location-based Services. Documento HTML disponible en:
http://www.mobilein.com/location_based_services.htm

- [7] The doors open to open source gis. Documento HTML disponible en:
<http://www.geoplace.com/gw/2003/0306/0306opn.asp>

- [8] http://www.mobilein.com/location_based_services.htm



[9] <http://www.tomtom.com>

WML Y XHTML MP

[10] Tutorial WML. Formato HTML disponible en:
<http://www.wmlclub.com/tutorialwml/>

[11] Wap WML. Formato HTML disponible en:
<http://www.webestilo.com/wml/>

[12] Manual de WML. Formato HTML disponible en:
<http://www.webestilo.com/wml/>

[13] XHTML MP (XHTML Mobile Profile). Formato HTML disponible en:
http://www.developershome.com/wap/xhtmlmp/xhtml_mp_tutorial.asp?page=introduction

SMS Y GPRS

[10] HOFFMAN, Jhon. GPRS Demystified. Estados Unidos: McGraw – Hill TELECOM, 2003. 457 - 460 p.

[11] ETSI. Recomendación GSM 03.60 versión 7.1.1 Release 1998.

[12] ETSI. Recomendación GSM 07.07 versión 7.5.0 Release 1998

[13] GSM 03.40 http://www.allsoft.co.za/downloads/GSM_03.40_5.3.0.pdf

[14] GSM 03.38 www.mobilecity.cz/doc/GSM_03.38_5.3.0.pdf

[15] HOFFMAN, Jhon. GPRS Demystified. Estados Unidos: McGraw – Hill TELECOM, 2003. 28-35 p.



- [16] ConnectOne. iChip and the Internet Protocols. Much More Just TCP/IP. Septiembre 2004.
- [17] <http://www.profesores.frc.utn.arg/electronica/ElectronicaAplicadaIII/ConferenciasGSMcon2003.pdf>
- [18] <http://www.elo.utfsm.cl/~elo343/clases/fono10.pdf>.
- [19] http://www.umtsforum.net/mostrar_articulos.asp?u_action=display&u_log=81.
- [20] [http://www.ifra.com/website/News.nfs/All/1FA9EBBFC560387AC1256F87004B13A8/\\$FILE/tdprensa_telefonos_moviles.pdf](http://www.ifra.com/website/News.nfs/All/1FA9EBBFC560387AC1256F87004B13A8/$FILE/tdprensa_telefonos_moviles.pdf)
- [21] <http://www.monografiass.com/Computacion/Redes/more3.shtml>
- [22] ETSI. Recomendación GSM 07.05 versión 7.0.1 Release 1998.

IMPLEMENTACIÓN USUARIO MÓVIL

- [21] Definición de comandos AT. Documento HTML disponible en:
<http://bluehack.elhacker.net/proyectos/comandosat/comandosat.html>
- [22] Hoja de datos Max 232
- [23] Hoja de datos LM317
- [24] Calculo resistencias lm317 disponible en:
<http://perso.wanadoo.es/chyryes/tutoriales/fuentes14.htm>



[25] <http://jsmsengine.sourceforge.net/>

[26] jsmsengine API

[27] Documentación jsmsengine

GPS

[28] Tyco Electronics. GPS Firmware A1029. Manual de Usuario. Versión 1.3
<http://em.tycoelectronics.com/>

[29] Tyco Electronics. GPS Receiver A1029. Manual de Usuario. Versión 2.3
<http://em.tycoelectronics.com/>

[30] <http://www.etsimo.uniovi.es/~feli/pdf/glosario.pdf>

MODEM

[31] Enfora Enabler-G GSM/GPRS Radio Modem AT Command Set Reference.
Documento PDF disponible en <http://www.enfora.com>

[32] Enfora Enabler-G SMS Configuration and Use. Documento PDF disponible en
<http://www.enfora.com>

[33] Enfora Enabler-G PPP Configuration for Windows XP. Documento PDF disponible
en <http://www.enfora.com>

[34] Enfora Dynamic IP Assignment Support. Documento PDF disponible en
<http://www.enfora.com>



- [35] Enfora Enabler-G Automated Network Connection. Documento PDF disponible en <http://www.enfora.com>

LCD

- [36] Control de un módulo LCD con PIC16F84a. Archivo *.doc disponible en www.monografias.com
- [37] Hoja de datos LCD 24x2 líneas NanYa Plastics Corp. Especificación LM025-1. Debe ser solicitada a lcdsales@npc.com.tw
- [38] Interfacing PICmicro® MCUs to an LCD Module. Documento PDF disponible http://www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=SS_GET_PAGE&nodeId=1824&appnote=en011059
- [39] <http://www.geocities.com/dinceraydin/lcd/index.html>

SERVIDOR DE MAPAS

- [40] http://mapserver.gis.umn.edu/doc/win32_compile-howto.html#intro
- [41] <http://mapserver.gis.umn.edu/utills.html>
- [42] <http://mailweb.udlap.mx/~anrazo/gml.html>
- [43] <http://www.opengeospatial.org/>
- [44] <http://www.opengeospatial.org/specs/?page=specs>
- [45] <http://www.opengeospatial.org/docs/02-069.pdf>
- [46] <http://www.maptools.org>



IMPLEMENTACIÓN USUARIO REMOTO

- [46] <http://www.dsic.upv.es/asignaturas/facultad/lsi/ejemplorup/Analisis-diseno.html>

- [47] <http://www.programacion.com/java/foros/44/2/>

- [48] <http://javasmslib.sourceforge.net/>

- [49] <http://www.etsimo.uniovi.es/~feli/pdf/glosario.pdf>

- [50] MID Profile. MID Profile Specification. Versión 2.0. Sun Microsystems, Inc. California, 2002

- [51] Wireless Messaging API. Especificación JSR 120. Versión 1.0. Sun Microsystems, Inc. California, 2002