UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INFORMÁTICA

SISTEMA DE VISUALIZACIÓN DE TRÁNSITO EN TIEMPO REAL

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO EN INFORMÁTICA

REALIZADO POR	Roberto PESTANA Francisco VALERA
TUTOR	Francisco BELLO
FECHA	Caracas, 29 de septiembre del 2008

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INFORMÁTICA

SISTEMA DE VISUALIZACIÓN DE TRÁNSITO EN TIEMPO REAL

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado: 20 (Mención Honorífica).

JURADO EXAMINADOR

Firma:	**Firma: .....**	**Firma: .....**
Nombre: Susana Garcia	**Nombre: Francisco Bello**	**Nombre: Ramón Porras**
	V-6397135	
	0416-6052178	

REALIZADO POR	Roberto PESTANA Francisco VALERA
TUTOR	Francisco BELLO
FECHA	Caracas, 29 de septiembre del 2008

DEDICATORIA

En primer lugar a Dios y a la Virgen por ser nuestros guías en este largo recorrido....

Dedicatoria de Francisco:

Esta publicación esta dedicada única y exclusivamente a mi madre, quien me ha demostrado que solo con soñar las cosas es posible concebirlas, ella quien soñó educar a mí y a mis hermanos, hoy lo logra una vez más. Para ti, este sueño cumplido.

Dedicatoria de Roberto:

A mis papas, por todo el amor, comprensión, cariño y dedicación que me han dado a lo largo de mi vida. Por su constante apoyo a mi desarrollo profesional, ya que sin ellos no fuese posible llegar a donde estoy. Los amo infinito por siempre infinito.

A mi novia y futura esposa, por ser una persona tan bella y especial conmigo, al dedicarme su tiempo y poder soportar las noches interminables de estudios desde comienzos de nuestra relación. Gorda Te Amo como nunca, gracias por estar ahí siempre y no veo el momento en que podamos estar juntos para siempre.

A toda mi familia (Abuelos, Tíos, Hermanos y Primos) por ser parte importante de mi y ayudarme a crecer como persona. Quiero hacer una dedicación especial a mi tía Lucy (Q.E.P.D.), por apoyarme siempre en las buenas y las malas. Para ti todo mi amor.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a un grupo de personas que, sin ellas, esta publicación no hubiese sido posible, para ellas estas palabras de agradecimiento:

A los profesores de la escuela de Informática de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica Andrés Bello: Ing. Lúcia Cardoso, Ing. Wilmer Pereira, Ing. Susana García, a todos ellos queremos darles las gracias por su apoyo e incondicional disposición en atendernos a lo largo de este trabajo.

A nuestras familias, por brindarnos siempre apoyo incondicional, apoyo que muchas veces fue necesario en momentos difíciles en la realización de este Trabajo Especial de Grado.

Al Ing. Luis Santos quien nos dedicó valioso tiempo para despejar dudas e incógnitas referentes a la aplicación, específicamente en la comunicación Java/Flex, gracias por tan importante aporte.

A Stefany Velarde quien nos brindó su tiempo y conocimientos en metodologías y programación para llevar a cabo este proyecto.

ÍNDICE GENERAL

Sinopsis 7

Introducción 8

CAPÍTULO I. Motivación 9

I.1. Planteamiento del problema 9

I.2. Objetivos 10

I.3. Limitaciones y alcance 11

I.4. Justificación 12

CAPÍTULO II. Marco Referencial 14

II.1. Recepción 14

II.2. Transmisión 15

II.3. Visualización 17

CAPITULO III. Marco Metodológico 19

III.1. Metodología Implementada 22

III.2. Justificación del Modelo Metodológico 24

III.3. Etapas del Modelo Utilizado 26

CAPÍTULO IV Desarrollo 30

IV. Sección 1. Análisis de Requerimientos 30

iv.1.1 Investigación sobre Navegación Satelital 30

iv.1.2 Investigación sobre gps 31

iv.1.3 Análisis de Dispositivos gps 32

iv.1.4 Comunicaciones Móviles 35

iv.1.5 Mapas Digitales 41

iv.1.6 Definición de Requerimientos 43

IV. Sección 2. Diseño Global 47

iv.2.1 Definición del Modelo Funcional 47

IV. Sección 3. Iterativa 50

iv.3.1 Definición de Estándares de Programación 50

iv.3.2 Desarrollo de Algoritmos 51

iv.3.3 Iteración I 52

iv.3.3.1 Diseño Detallado 52

iv.3.3.1.1 Identificación de herramientas, librerías y demás componentes 52

iv.3.4 Iteración II 54

iv.3.4.1 Diseño Detallado.....54

iv.3.4.1.1 Identificación de herramientas, librerías y demás componentes 54

iv.3.4.2 Codificación.....55

iv.3.4.2.1 Desarrollo de la Aplicación del Cliente.....55

iv.3.4.2.2 Desarrollo del Portal del Servidor 56

iv.3.5 Iteración III 57

iv.3.5.1 Diseño Detallado.....58

iv.3.5.1.1 Identificación de herramientas, librerías y demás componentes 58

iv.3.5.2 Codificación.....63

iv.3.5.2.1 Desarrollo de la Aplicación del Cliente.....63

iv.3.5.2.2 Desarrollo del Portal del Servidor 65

iv.3.5.3 Pruebas 69

iv.3.5.3.1 Definición de Itinerario de Pruebas 69

iv.3.5.3.2 Realización de Pruebas 70

iv.3.5.3.3 Realización de Ajustes del Sistema 70

CAPÍTULO V. Análisis de Resultados 71

Conclusiones y Recomendaciones 73

Fuentes de Información y Bibliografia 75

Apéndices 78

Apéndice A. Conceptos Relevantes 78

Apéndice B. Tecnologías Utilizadas 93

Apéndice C. Coordenadas Geográficas 100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actividades de la etapa de análisis de requerimientos.....26

Tabla 2. Actividades de la etapa de diseño global.....27

Tabla 3. Actividades de la etapa de diseño detallado.....28

Tabla 4. Actividades de la etapa de codificación.....28

Tabla 5. Actividades de la etapa de pruebas.....29

Tabla 6. Criterios tomados para la elección del receptor GPS.....34

Tabla 7. Criterios tomados para la elección del dispositivo de comunicación inalámbrica.....39

Tabla 8. Parámetros tomados para la elección del proveedor del mapa digital.....42

Tabla 9. Estándares de Programación.....51

Tabla 10. Parámetros cumplidos por la tecnología J2ME.....53

Tabla 11. Parámetros cumplidos por el dispositivo BlackBerry Curve 8330.....55

Tabla 12. Componentes utilizados en el Cliente.....58

Tabla 13. Parámetros cumplidos por los componentes seleccionados.....59

Tabla 14. Componentes utilizados en el Servidor.....60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama metodología de cascada con reducción de riesgos.....20

Figura 2. Modelo de Espiral.....21

Figura 3. Modelo Metodológico Utilizado.....23

Figura 4. Modelo Funcional del Sistema de Visualización de Tránsito.....47

Figura 5. Modelo Lógico Funcional.....61

Figura 6. Arquitectura del Software del Sistema de Visualización de Tránsito.....68

Figura 7. Aplicación Web.....69

SINOPSIS

En la actualidad, la necesidad de información cada vez es más grande, se necesita conocer cómo y cuándo ocurren diferentes eventos que afectan la vida diaria de los seres humanos. No hay que cuestionar sobre el impacto que han tenido las Tecnologías de Información en este aspecto, ya que ellas cada vez han hecho que esto sea más posible, pues cada día existe una forma más rápida y fácil de conocer la información de última hora.

Haciendo hincapié en los avances tecnológicos y en las necesidades de información de las personas, en este caso con mayor acentuación en los estudiantes de la UCAB (Universidad Católica Andrés Bello), se descubrió la necesidad de desarrollar un Sistema de Visualización de Transito que permitiera mostrar la ubicación en tiempo real del medio de transporte de la Universidad, sin dejar a un lado la posibilidad de que en el día de mañana no solo exista un solo medio de transporte sino varios. Es de gran importancia recordar que parte de la dificultad en realizar un Sistema de Información es tomar en cuenta las previsiones necesarias para que éste sea útil por la mayor cantidad de tiempo posible.

Es importante resaltar, finalmente, que el siguiente trabajo fue considerado significativo debido a que le estaría dando a la universidad una tecnología que hoy en día poseen instituciones que están a la par de la vanguardia tecnológica.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo pretende describir el proceso de análisis, diseño y desarrollo de un Sistema de Visualización de Tránsito orientado a la Universidad Católica Andrés Bello.

Se hará una pequeña descripción de la estructura del trabajo, este está dividido en 5 capítulos, desglosados a continuación:

- ✓ Motivación: En esta parte del trabajo se discute sobre lo que comprende el planteamiento del problema, así como los objetivos, alcances y limitaciones distinguidos para su solución.
- ✓ Marco referencial: Comprende una referencia clara sobre el Sistema de Visualización de Tránsito, se discutirá sobre los conceptos básicos en el área, así como también de los diferentes componentes y/o librerías utilizadas en desarrollo del mismo.
- ✓ Marco metodológico: Abarca el tema de las estrategias metodológicas adoptadas para la solución del sistema.
- ✓ Desarrollo: Abarca la descripción detallada de cada una de las actividades identificadas y descritas en el marco metodológico, a fin de especificar la etapa de desarrollo llevada a cabo durante un largo período de tiempo.
- ✓ Análisis de resultados: Comprende un resumen de las conclusiones y objetivos alcanzados durante la investigación y desarrollo descrito en este informe.

CAPÍTULO I. MOTIVACIÓN

I.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hoy día en los sistemas de transportes públicos (Metrobus y Autobuses) del país, se ha observado como las personas que hacen uso de estos servicios esperan por mucho tiempo a que estos lleguen, sin tener alguna noción real del porqué de los retrasos, que bien pueden ser por accidentes, tráfico u otras razones, originando así la incertidumbre de si estos están funcionado o no.

El transporte interno de la Universidad Católica Andrés Bello no escapa de esta realidad y los estudiantes regulares de esta casa de estudio se ven muy identificados con la misma, por lo que se ha decidido tomar como caso de estudio al transporte interno de la universidad. Sin duda, una ventaja que traería esto es que se le estaría otorgando un aporte tecnológico más a los ya existentes, para que esta siga actualizada con respecto a las innovaciones constantes que están sucediendo en el mundo, y esto es de suma importancia, ya que cada día es más fácil quedarse atrás.

Es por esta razón que se quiere implementar un Sistema de Visualización de Tránsito, que consistiría en el rastreo o tracking del vehículo en tiempo real, para así poder ofrecerle un servicio mejor a todos los estudiantes que hacen uso del transporte y evitar de alguna manera la espera innecesaria que es causada por diferentes razones, tales como descanso de los conductores, averías en el

vehículo, etc. Asimismo se elimina la incertidumbre que esto pueda generar.

El problema reincide entonces en el desarrollo de un sistema de información al usuario que permita la visualización de la ubicación de los transportes públicos.

I.2. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un sistema de visualización Web que permita hacer posible el rastreo en tiempo real de los servicios de transporte público.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Investigar, comparar y evaluar la diversidad de dispositivos utilizados por los sistemas de posicionamiento global (GPS – Global Positioning System, por su acrónimo en inglés) para la comunicación inalámbrica.
- ✓ Examinar, comparar y evaluar la estructura y funcionalidad de los distintos dispositivos de comunicación inalámbrica existentes en el mercado.
- ✓ Investigar y evaluar los estándares de mapas digitales e instalar un mapa digital bajo el cual operan los sistemas de transporte.

- ✓ Desarrollar el software necesario para capturar los datos tomados del GPS, la transmisión e interpretación de la data capturada.
- ✓ Desarrollar una aplicación Web que albergará dicho mapa digital donde se mostrará la ubicación en tiempo real de dicho transporte público, así como también información relevante sobre el transporte a ser rastreado.

I.3. LIMITACIONES Y ALCANCE

Este proyecto presenta las siguientes limitantes:

- ✓ En caso de no encontrar el dispositivo GPS apropiado, se procederá a diseñar y construir un hardware que implemente un chip GPS. Esto permitirá determinar los datos geográficos como Latitud y Longitud.
- ✓ El sistema será utilizado por vehículos cuyas rutas se encuentren previamente preestablecidas y conocidas.
- ✓ En el noventa y cinco por ciento (95 %) de los casos, la precisión del sistema GPS es menor a 2,5 metros. El 5 % restante podrá llegar a tener un error de hasta 100 metros dependiendo de factores tales como clima, calidad del receptor GPS, ubicación del receptor (bajo techo/aire libre), entre otros.
- ✓ El mapa destinado para el desarrollo del sistema, corresponderá al campus de la Universidad Católica Andrés Bello.

- ✓ El hardware a ser utilizado para leer y transmitir los datos geográficos (Latitud y Longitud) tomados del receptor GPS será una computadora portátil o mejormente conocida como Laptop.

El Sistema de información al usuario será capaz de mostrar la posición geográfica de vehículos en tiempo real. Dicha posición estará representada gráficamente sobre un mapa que se alojará en un sistema Web en donde además, se reflejará información referente a los vehículos monitoreados.

I.4. JUSTIFICACIÓN

El Sistema de Visualización de Transito en tiempo real (SVT) tiene como meta utilizar tecnología de punta para solucionar problemas de la vida cotidiana específicamente con respecto a los servicios de transporte público y su impacto en la planificación del tiempo de sus usuarios. Un ejemplo claro es el hecho de que los usuarios de estos servicios conocerán a ciencia cierta la ubicación real de los medios, evitando de alguna forma la incertidumbre que se pueda generar al estar esperando por largos ratos a que dicho transporte llegue a su destino. Se debe recordar lo valioso que es el tiempo y más aún en una ciudad dónde ya de por si el tránsito todos los días es un obstáculo para las tareas que se deben llevar a cabo.

Otra de las ventajas que se pueden suscitar podría ser el hecho de que las personas podrán planificar de mejor forma sus actividades, ya que dicha información será presentada vía Internet desde donde

los usuarios podrán hacer consultas visuales y poder así tomar una decisión en relación a su tiempo restante para tomar el transporte.

Actualmente en el País no se cuenta con ningún sistema que permita visualizar de manera interactiva lo que está sucediendo con los transportes públicos, por lo cual este sistema puede ser considerado como algo innovador en el área de los servicios de transporte público y que seguramente generará confianza entre los usuarios al saber que dichos transportes hacen uso de la tecnología para mejorar sus servicios.

CAPÍTULO II. MARCO REFERENCIAL

La etapa inicial en el desarrollo del Sistema de Visualización de Tránsito consistió en establecer y dejar en claro los fundamentos teóricos necesarios para cumplir con los objetivos del sistema.

Asimismo, las aplicaciones de rastreo o visualización de tránsito cumplen con una arquitectura definida y conocida, donde participan un Cliente y un Servidor (técnicamente hablando).

Se comenzó entonces por estructurar la aplicación en tres grandes bloques funcionales que son: recepción, transmisión y visualización de la data geográfica. La recepción se ve identificada con el Cliente, mientras que la visualización se identifica con el Servidor.

Dentro de cada uno de los bloques funcionales se hará mención a los diferentes conceptos y/o tecnologías utilizados generalmente por este tipo de Sistemas. A continuación, se hará mención a cada uno de los bloques funcionales identificados:

II.1. RECEPCIÓN

Recepción hace referencia a la capacidad de leer data geográfica tales como Latitud y Longitud haciendo uso de un receptor de posicionamiento global (GPS – Global Positioning System, por su acrónimo en inglés) (Ver **Apéndice A**). Dentro de este punto, también se incluye el proceso de transmisión llevado a cabo desde el receptor GPS hasta un periférico.

A continuación, se explicará con detalle los actores (componentes, tecnologías, etc.) principales que hacen posible el correcto funcionamiento del primer bloque funcional.

GNSS

Un Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS – Global Navigation Satellite System, por su acrónimo en inglés) es una constelación de satélites que transmite rangos de señales utilizados para el posicionamiento y localización en cualquier parte del globo terrestre, ya sea por tierra, mar o aire. Para mayor información, ver el **Apéndice A.**

SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS – Global Navigation Satellite System, por su acrónimo en inglés), el cual permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto, una persona, un vehículo o una nave, con una precisión de hasta centímetros si se hace uso de GPS diferencial (DGPS – Differential Global Positioning System), aunque lo habitual son unos pocos metros. La explicación detallada de estos conceptos se encuentra en el **Apéndice A**.

II.2. TRANSMISIÓN

Transmisión hace referencia a la forma en como la data geográfica del Cliente es enviada hacia el Servidor. Físicamente, este tipo de Sistemas de Visualización se encuentran separadas, por lo que nace

la idea de utilizar comunicación inalámbrica, ya que el Cliente es en realidad un punto que se encuentra en constante movimiento.

A continuación se explicará con detalle la tecnología inalámbrica utilizada por el Sistema de Visualización de Tránsito.

INTERNET DE BANDA ANCHA MÓVIL

Internet de banda ancha móvil (Mobile Broadband Internet, por su acrónimo en inglés), como su nombre sugiere, es una conexión banda ancha de Internet a través de las redes telefónicas de tercera generación (3G). Una de las mayores ventajas que presenta el uso de este tipo de tecnologías, es que cualquier persona que posea un periférico (ejemplo una portátil) pueda gozar del uso de Internet en cualquier parte donde este se encuentre, siempre y cuando exista cobertura de una red telefónica.

Esta tecnología es también conocida como Internet móvil y puede ser accedida a través de numerosos dispositivos, estos incluyen: teléfonos móviles (celulares), módem USB (pequeño dispositivo hardware que se conecta a un computador) y tarjetas de datos.

El ancho de banda móvil para Laptops (o si se quiere para PC's) se accede vía redes telefónicas a diferencia de los cables telefónicos de cobre o de fibra óptica usados en conexiones caseras. Como resultado, el ancho de banda móvil es perfecto para el uso que se le dio dentro de la aplicación, debido a que el Cliente (vehículo terrestre) se encuentra en constante movimiento, por lo cual

necesitaba una conexión banda ancha inalámbrica constante, para poder enviar la información geográfica a su destino final. En particular para este sistema, la compañía que presta el servicio de red telefónica utilizada por el módem USB es Movilnet. Ésta es la principal compañía de telecomunicaciones de Venezuela.

Existen varios estándares de red que pueden ser usados por este tipo de tecnología, como WiMAX, UMTS/HSPA y EVDO (**Ver Apéndice A**). [TOP-W07]

II.3. VISUALIZACIÓN

Visualización es el bloque funcional encargada de mostrar la información geográfica en un mapa digital. El mismo, es la cara de los Sistemas de Visualización de Tránsito para con los usuarios finales.

Entre las distintas aplicaciones utilizadas por estos Sistemas, podemos encontrar las aplicaciones orientadas a Web, que pueden ser utilizadas para presentar la información geográfica tanto en dispositivos inalámbricos (como por ejemplo celulares, PalmOS, BlackBerrys, etc.) como en computadoras, Laptops, etc. a través de la conocida Internet.

Por esta razón y por las nuevas tendencias en el desarrollo Web que se están presentando, se hará mención sobre Aplicaciones Internet Ricas (RIA - Rich Internet Application, por su acrónimo en inglés) (**Ver Apéndice A**).

Por otra parte, la visualización no fuese posible sin el uso de mapas digitales, ya que sobre ellas se representa la información geográfica, dando así una idea real de la ubicación del objeto y/o ser humano rastreado.

MAPAS DIGITALES

Los mapas digitales no son más que representaciones de cualquier tipo de mapas que pueden ser visualizados a través de un computador, bien sea a través de un browser o simplemente uno que este alojado en una página Web.

Para efectos de las aplicaciones que utilizan los mapas digitales para representar la información geográfica (Latitud y Longitud), es necesario que estos mapas puedan ser fácilmente configurables, a efectos de poder manejar la información geográfica para que puedan ser mostradas haciendo uso de íconos, dando así una idea clara de la ubicación del objeto y/o persona a ser rastreado.

Existen numerosas aplicaciones que manejan los mapas digitales, de tal forma que un usuario pueda hacer uso de estos para representar información geográfica de todo tipo que van desde carreteras hasta cualquier otro objeto conocido. Algunas de estas aplicaciones podemos encontrar las siguientes: Google Maps API, Modest Maps, Yahoo Maps, entre otros. [GOO-G98]

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se explicarán los objetivos y actividades que se llevarán a cabo a lo largo de todo el ciclo de vida de desarrollo de este nuevo Sistema.

En el desarrollo de este proyecto, se utilizó como modelo metodológico una fusión de dos modelos: el modelo de Cascada tradicional y el modelo de Espiral, utilizado en las actividades de diseño detallado, codificación y prueba del sistema.

A continuación se mostrarán las etapas que conforman los modelos metodológicos antes mencionados. Finalmente, se explicará la fusión de los dos modelos metodológicos utilizados.

Etapas del modelo de cascada:

1. Análisis de requerimientos: Se estudian las posibles necesidades que el Sistema debe satisfacer a los futuros usuarios.
2. Diseño Global: Se definen los componentes principales que integrarán al Sistema.
3. Diseño Detallado: Etapa en la que se definen los algoritmos que van a ser utilizados. De igual forma con esta definición, se definen que lenguajes y/o herramientas de codificación serán utilizadas para el desarrollo del Sistema.

4. Codificación y Depuración: Es la fase en dónde se realiza la programación propiamente dicha de los algoritmos previamente realizados.
5. Prueba del Sistema: En esta etapa se realiza la integración de los componentes creados. Se definirán y realizarán las pruebas necesarias que sustenten que el Sistema cumple con las cualidades de un Software.
6. Implantación: El Sistema obtenido se pone en producción. Se instalan todos los dispositivos de hardware necesarios y se instala en ellos los componentes necesarios del Sistema para que entre en funcionamiento. De igual forma en esta etapa es donde se definen si se deben realizar cambios y/o mantenimientos, lo que hace de esta una de las etapas más largas y complicadas.

Figura 1. Diagrama metodología de cascada con reducción de riesgos.
Fuente: [MCG-D98].

El modelo de espiral o evolutivo:

El modelo metodológico Espiral se puede definir en cuatro etapas principales:

1. Planificación: Se determinan los objetivos, riesgos y alternativas.
2. Análisis de riesgo: Se identifican los riesgos y las posibles alternativas que se pueden utilizar para reducir o eliminar los riesgos.
3. Ingeniería: Se realiza el desarrollo de la aplicación y/o el producto.
4. Evaluación del cliente: Se evalúan los resultados de la ingeniería de Software utilizada para la realización del Sistema.
5. En la Figura 2 encontraremos una representación gráfica del método Espiral o Evolutivo.

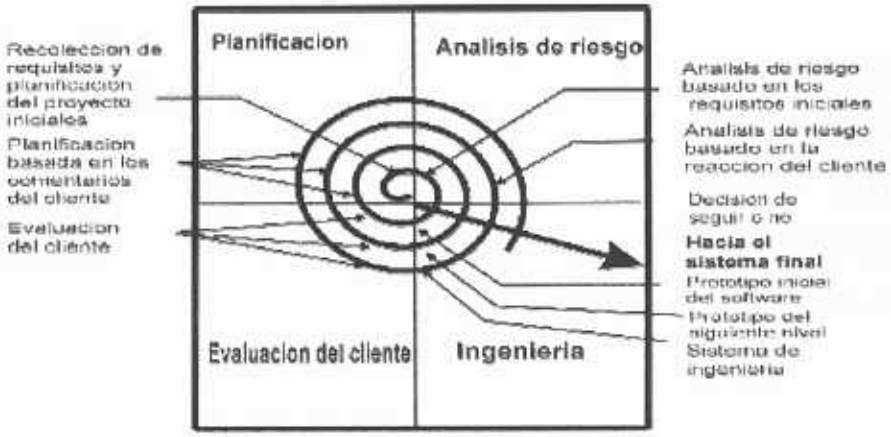

Figura 2. Modelo de Espiral.
Fuente: [MCG-D98]

III.1. METODOLOGÍA IMPLEMENTADA

Al momento de desarrollar sistemas informáticos es muy importante seleccionar la metodología apropiada para la exitosa elaboración del mismo; dependiendo del modelo seleccionado se puede mejorar la calidad del proyecto, aumentar la velocidad del desarrollo, minimizar los gastos y riesgos, entre otras ventajas.

A continuación se hará mención de la estructura que compone la metodología utilizada durante el ciclo de desarrollo del Sistema de Visualización de Tránsito.

Etapas de la metodología:

1. Análisis de Requerimientos: Se estudian las posibles necesidades que el Sistema debe satisfacer a los futuros usuarios.
2. Diseño Global: Se definen los componentes principales que integrarán al Sistema.
3. Iterativa: iteraciones de tres etapas dependientes, es decir, únicamente se pasará a una siguiente etapa dentro de una iteración cuando las actividades que la componen hayan sido estudiadas y cumplan con los requerimientos del Sistema, de lo contrario no se pasará a una siguiente iteración a fin de lograr que se cumplan los requerimientos identificados en la primera etapa (Análisis de Requerimientos). Las tres etapas son las siguientes: Diseño Detallado, Codificación y Pruebas.

a. Diseño Detallado: Se especifican puntualmente códigos, componentes, librerías, etc. a ser implementados para el desarrollo.

b. Codificación: implementación de los algoritmos, estándares, librerías y/o componentes identificados en la etapa anterior.

c. Pruebas: se realizan las pruebas de los módulos que integran el Sistema y se comprueba la funcionalidad correcta del mismo.

4. Mantenimiento: etapa final que se encarga de velar por el correcto funcionamiento del Sistema durante su ciclo de vida.

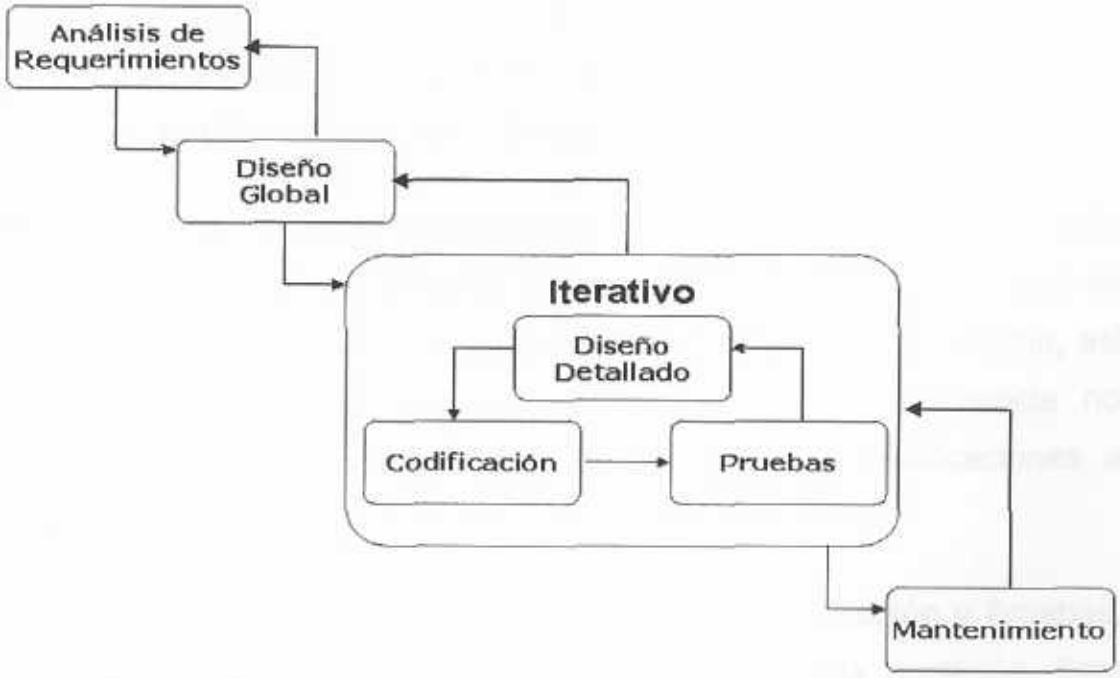

Figura 3. Modelo Metodológico Utilizado.
Fuente: Elaboración propia.

III.2. JUSTIFICACIÓN DEL MODELO METODOLÓGICO

A principios del desarrollo del Sistema de Visualización de Tránsito se tenía pensado hacer uso del modelo de Cascada tradicional, por ser un modelo ampliamente conocido y de fácil implementación. En vista de que este Sistema hace uso de tecnologías de avanzada, de las cuales no se tiene amplio conocimiento, se tomó la decisión de incorporar un modelo metodológico que permitiese realizar iteraciones durante ciertas etapas del desarrollo, a fin de garantizar el cumplimiento correcto de los requerimientos funcionales.

Además, hay que destacar que la duración de cada etapa se debe planificar tomando en cuenta ciertas holguras, previniendo problemas o cambios que pueden surgir en el ciclo de desarrollo del Sistema de Visualización de Tránsito.

Las etapas de Análisis de Requerimientos y Diseño Global en esta metodología respetan la idea del modelo de Cascada, ya que se tiene un conocimiento amplio de los requerimientos del Sistema, así como también de la arquitectura de este; en consecuencia no existió la necesidad de realizar iteraciones y/o modificaciones a estas dos etapas.

En cuanto a las etapas de Diseño Detallado, Codificación y Pruebas, estas fueron integradas en una sola etapa llamada Iteración. Esto se hizo, ya que como se mencionó anteriormente, el Sistema hace uso de tecnologías que bien son relativamente nuevas y de las cuales no existe un conocimiento amplio, por lo que esta nueva

etapa (Etapa de Iteración) permite hacer iteraciones con estas tecnologías, hasta conseguir las tecnologías que cumplan con los requerimientos identificados del Sistema de Visualización de Tránsito.

Por otro lado, es importante mencionar que al incorporar el modelo Evolutivo, este ayuda a la reducción de riesgos y costos, ya que el mismo permite iteraciones que al final garantizan el desarrollo correcto del Sistema antes de pasar a la etapa final.

Cada una de las iteraciones permite evaluar posibles riesgos que están latentes en el desarrollo del Sistema, también se puede decidir si vale la pena continuar con el desarrollo del Sistema; se debe recordar que a veces es mejor cancelar completamente un proyecto que continuarlo, ya que al final se puede obtener una mayor pérdida de recursos, tales como dinero y tiempo. Por otro lado, este modelo de iteraciones permite la interacción con el usuario para obtener su retroalimentación y saber si el proyecto está bien encaminado y si cumple con las expectativas y necesidades del usuario, después de todo un Sistema es exitoso si los usuarios lo utilizan.

Son estas las razones por las que se decidió utilizar esta fusión de los dos modelos metodológicos, porque cada uno de estos modelos aporta ventajas y además se complementan el uno con el otro, permitiendo así evitar fallas u ocasionar riesgos que terminen en la no culminación del Proyecto.

III.3. ETAPAS DEL MODELO UTILIZADO

A continuación la explicación de las fases de la metodología a seguir:

ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS

El objetivo de esta fase será determinar las necesidades del sistema, adaptado al transporte local de la universidad Católica Andrés Bello.

Actividad	Descripción
Investigación sobre Navegación Satelital	Se recopilará información acerca de la tecnología de Navegación Satelital (Ver Apéndice A).
Investigación sobre GPS	Investigar el concepto de GPS.
Análisis de dispositivos GPS	Se comparará distintos dispositivos GPS para evaluar la funcionalidad, precisión, costos y demás características, a fin de encontrar el que mejor se adapte a las necesidades del proyecto.
Comunicaciones móviles	Breve descripción sobre comunicaciones móviles. Asimismo, se seleccionará la tecnología más adecuada para la aplicación.
Mapas Digitales	Investigación referente a los diferentes proveedores de mapas digitales
Definición de requerimientos	Se determinan los requerimientos del Sistema dependiendo de las necesidades y basándose en la información recopilada, luego, estos requerimientos deben ser divididos dependiendo de la prioridad que tengan en requerimientos esenciales, de alta prioridad y los adicionales.

Tabla 1. Actividades de la etapa de análisis de requerimientos.
Fuente: Elaboración propia.

DISEÑO GLOBAL

En esta etapa del Ciclo de vida de acuerdo a los requerimientos definidos en la etapa anterior (análisis de requerimientos), se

realizará un diseño de los componentes tomando en cuenta la conexión que va a existir entre ellos.

En otras palabras, gracias al proceso de diseño se podrá traducir los requerimientos a una representación de software. Inicialmente el diseño se representa a un alto nivel de abstracción, un nivel que se puede seguir hasta requisitos específicos de datos, funcionales y de comportamiento.

Actividad	Descripción
Definición del modelo funcional	Se definirá un modelo funcional que describa como está estructurado el Sistema de Visualización de tránsito

Tabla 2. Actividades de la etapa de diseño global.
Fuente: Elaboración propia.

ITERATIVA

Las siguientes tres etapas componen la llamada Etapa Iterativa, ya que en cada una de ellas se realizará las iteraciones necesarias hasta lograr cumplir con los objetivos del Sistema de Visualización de Tránsito.

Diseño detallado

Esta etapa del proyecto consiste en la realización de los algoritmos para el cumplimiento de los requerimientos. Asimismo contemplará los análisis necesarios para saber que herramientas utilizar en la etapa de codificación.

Actividad	Descripción
Definición de estándares de programación	En este nivel se desarrollarán los estándares del lenguaje de programación.

Desarrollo de algoritmos	En esta actividad se definirán los algoritmos necesarios que harán que se cumplan las reglas necesarias para que se cumplan los requerimientos del Sistema.
Identificación de herramientas, librerías y demás componentes.	Se identificarán las herramientas, librerías y demás componentes del sistema a desarrollar. Asimismo, se explicará su rol dentro del sistema.

Tabla 3. Actividades de la etapa de diseño detallado.
Fuente: Elaboración propia.

Codificación

Esta es la fase de programación propiamente dicha, o en otras palabras es la etapa donde se lleva a cabo la implementación. Aquí se realizará la codificación de la fuente en base a los algoritmos, estándares de programación, herramientas, librerías y componentes identificados en la fase anterior.

Actividad	Descripción
Desarrollo de la Aplicación de Cliente	Esta actividad consiste en el desarrollo de la aplicación del cliente.
Desarrollo del Portal del Servidor	Esta actividad consiste en el desarrollo de la aplicación del servidor.

Tabla 4. Actividades de la etapa de codificación.
Fuente: Elaboración propia.

Pruebas

Las actividades correspondientes a esta etapa se ejecutarán sistemáticamente durante el análisis, diseño y desarrollo del sistema, dependiendo de las necesidades en cada una de estas etapas.

Es importante destacar que las etapas de análisis de requerimientos y diseño no tienen pruebas como tal ya que no son códigos que se puedan ejecutar y sobre cuales no se pueden realizar pruebas y

mediciones propias. Pero por otro lado si se pueden utilizar revisiones técnicas para estudiar la exactitud y consistencia de ambas etapas.

En primer lugar la prueba que se realiza es la de la unidad, en el caso de este desarrollo, se debe realizar la prueba en la aplicación de Cliente y posteriormente la prueba a la aplicación del Servidor.

Finalmente la última etapa de prueba que se realiza es al Sistema como resultado de la integración de las dos aplicaciones (Cliente y Servidor).

Actividad	Descripción
Definición de itinerario de pruebas	Se define una planificación sobre las pruebas que se van a realizar a los componentes del Sistema y finalmente al Sistema como el resultado de la integración de todos los componentes.
Realización de pruebas	Se llevará a cabo la planificación que se definió para la realización de las pruebas.
Realización de ajustes del Sistema	De acuerdo a fallas conseguidas en el Sistema, si es el caso, se realizan las modificaciones necesarias.

Tabla 5. Actividades de la etapa de pruebas.
Fuente. Elaboración propia.

CAPÍTULO IV. DESARROLLO

IV. SECCIÓN 1. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS

IV.1.1 INVESTIGACIÓN SOBRE NAVEGACIÓN SATELITAL

El Sistema de Visualización de Tránsito desarrollado hace uso de un componente esencial conocido como GPS que ayuda a determinar la posición geográfica de un vehículo terrestre. Este tipo de dispositivos hace uso de tecnologías de navegación satelital, por esta razón lo primero que se decidió fue tratar de investigar en que consistía esta tecnología.

Los primeros pasos en la investigación de Sistemas Satelitales de Navegación Global (GNSS – Global Navigation Satellite System, por su acrónimo en inglés) fueron esenciales para poder revelar una gran gama de términos, dispositivos, tecnologías, etc. que serían necesarias para poder desarrollar el Sistema de Visualización de Tránsito. Esto, debido a la falta de conocimientos en el área que de alguna u otra forma impedían el poder determinar los requerimientos primordiales que debía cumplir este sistema.

Entre las primeras cosas que se llevaron a cabo en la investigación de GNNS, fue la de hablar con algunos profesores de la Escuela de Ingeniería Informática acerca de si tenían conocimientos que pudiesen ayudar en el proceso de entendimiento de esta tecnología, pero la mayoría solamente tenían una idea básica y general sobre la misma. Por esta razón, el medio por el cual se basó la

investigación fue Internet, el cual es un medio ampliamente conocido donde se puede encontrar información de cualquier tipo.

GNSS como concepto general, no es más que una tecnología que usa la navegación satelital (conjunto de satélites que rondan el espacio) para transmitir rango de señales a dispositivos ubicados en el globo terráqueo con información utilizada para determinar la posición geográfica de un objeto cualquiera en cualquier parte de la tierra, mar o aire. Para mayor información acerca de GNSS favor dirigirse al **Apéndice A**. [WIK-S08]

IV.1.2 INVESTIGACIÓN SOBRE GPS

En la actividad anterior se investigó en que consistía la tecnología que hace capaz la determinación geográfica de un objeto en cualquier parte del Globo Terráqueo. Ahora bien, para poder determinar una posición geográfica de un objeto cualquiera, en nuestro caso un vehículo terrestre, es necesario contar con un dispositivo que tome las señales enviadas por los satélites y convertirlas en Latitud y Longitud, y es aquí donde entra en juego el dispositivo de posicionamiento global (GPS – Global Positioning System, por su acrónimo en inglés).

Al ser el GPS un dispositivo conocido mundialmente, ya se tenía una idea general sobre el objetivo funcional de este tipo de dispositivos, pero esto no dejo de lado la necesidad de investigar a fondo la composición, funcionamiento y demás características del GPS, ya que el mismo sería parte fundamental del Sistema de

Visualización de Tránsito y no bastaba con tener una idea general del GPS.

Según investigaciones realizadas en Internet y conversaciones con algunos de los profesores de la Escuela de Ingeniería en Informática, se pudo conocer un poco más sobre los dispositivos GPS.

El GPS es el único GNSS totalmente funcional desarrollado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos cuyo nombre oficial es NAVSTAR-GPS.

Un requerimiento esencial para el sistema es la precisión que el receptor GPS pueda ofrecer. Durante esta fase de investigación, llamo la atención un concepto importante de los GPS y es la de Disponibilidad Selectiva (SA – Selective Availability, por su acrónimo en inglés). La SA es la capacidad que poseen los GPS de introducir intencionalmente, cambios pequeños aleatorios de error hasta de cien metros con la finalidad de confundir las señales públicas (un ejemplo podría ser la de un misil). [WIK-S08].

IV.1.3 ANÁLISIS DE DISPOSITIVOS GPS

Se realizaron investigaciones a diferentes dispositivos GPS en base a los conocimientos obtenidos durante la investigación que se realizó en las dos actividades precedentes a esta.

Debido a que el Sistema de Visualización de Tránsito que se desarrolló esta orientado a rastrear vehículos en tiempo real, es de

suma importancia el dispositivo GPS que se iba a utilizar, ya que dicho dispositivo era el encargado de determinar los datos geográficos (Latitud y Longitud) del vehículo terrestre.

Al ser el GPS un componente esencial de la aplicación, el estudio llevado a cabo al mismo, se basó en las evaluaciones realizadas por los expertos en el área y así hacer la elección del dispositivo basándonos en estos estudios. Es importante mencionar que una de las principales razones se decidió tomar las evaluaciones realizadas por los expertos fueron las siguientes:

- ✓ No se contaba con el conocimiento técnico necesario para realizar una evaluación correcta a distintos dispositivos GPS.
- ✓ Disponibilidad económica para llevar pruebas prácticas a numerosos dispositivos GPS.

Lo primero que se definió fue una serie de parámetros y/o características que debían cumplir los diferentes dispositivos estudiados a fin de establecer un punto de comparación entre ellos. Entre los parámetros establecidos tenemos: precisión, tiempo de recepción de señal, soporte protocolo NMEA, tipo de interfaz de comunicación, tiempo de envío de la data, autonomía y costo.

Una vez definido los parámetros a ser identificados, se procedió a la búsqueda e investigación de distintos receptores GPS, a fin de establecer una tabla comparativa entre los distintos receptores GPS. Estos criterios de selección son de suma importancia, ya que

ellos determinaron cual es el receptor GPS que mejor se adapta a los requerimientos del sistema. En la Tabla 6 encontraremos una comparación con los receptores GPS evaluados.

Criterios	U-Blox. Kit de Evaluación EVK-5H	Precision GPS. WorldTracker PLD	Blackberry 8330 (Built-in GPS)
Precisión	<= 2 m	+- 3 m	<= 15 m
Tiempo de Recepción de señal	< 1 seg.	15 seg.	8 seg.
Soporte Protocolo NMEA – 0183	Si	No	No
Tipo de Interfaz de comunicación	USB	GSM/GPRS	GSM/GPRS y Bluetooth
Tiempo de Envío de la Data	< 1 seg.	< 1 seg.	< 1 seg. Limitada por la red telefónica.
Autonomía	Limitada por el periférico al cual se encuentra conectado.	Con alimentación de 12 voltios DC	Batería Lithium de 1150mAh con una duración de unas 5 horas.
Costo	199 US $	293 US $	100 US $ a 580 US $

Tabla 6. Criterios tomados para la elección del receptor GPS.
Fuente. Página de Internet de cada uno de las compañías seleccionadas.

Los criterios cumplen un orden de importancia. A continuación encontraremos una explicación concisa sobre los criterios de selección utilizados.

El sistema debe cumplir con un requerimiento clave, que es el de mostrar la ubicación geográfica precisa en tiempo real de vehículos de transporte. Encontraremos dos de los parámetros que se mencionaron anteriormente, estos serían Precisión y Tiempo (involucra el tiempo de recepción y envío de la data). Por esta sencilla razón, el criterio de selección se basó principalmente en aquellos receptores GPS que fuesen lo más precisos posibles

(menos de 2 metros en el margen de error) y que manejaran los tiempos de recepción y envío de la data lo más rápido posible, para que de esta manera pudiese cumplir con el objetivo principal del sistema. Estos criterios, hacen que el sistema de visualización de tránsito pueda cumplir con las expectativas que puedan tener los usuarios.

Una vez realizado la comparación de los distintos receptores GPS, tomando en cuenta los criterios de selección, entonces se decidió la compra del que mejor se adecuaba a los requerimientos del sistema, dentro de los parámetros económicos razonables.

El dispositivo comprado fue desarrollado por la compañía Suiza U-Blox, la cual es una compañía con amplia experiencia en este tipo de tecnologías, donde no solo venden dispositivos y kits GPS, sino que también ofrecen servicios relacionados al rastreo y monitoreo de vehículos, bienes, etc. Dicha compra, consta de lo que U-Blox llama como Kit de evaluación EVK-5H o Evaluation Kit EVK-5H y fue posible gracias a la ayuda de uno de sus vendedores, el cual logró orientar de forma más amplia, sobre las capacidades del EVK-5H, así como también sobre el envío hacia la ciudad de Caracas. Para mayor información del dispositivo ver el **Apéndice B.**

IV.1.4 COMUNICACIONES MÓVILES

Este apartado se centrará en las comunicaciones móviles, en las que emisor (Autobús) o receptor están en movimiento. La movilidad de los extremos de la comunicación excluye casi por completo la

utilización de cables para alcanzar dichos extremos, por tanto existió la necesidad de utilizar básicamente la comunicación vía radio. Esta se convierte en una de las mayores ventajas de la comunicación via radio: la movilidad de los extremos de la conexión.

Otras bondades de las redes inalámbricas son el ancho de banda que proporciona, el rápido despliegue que conllevan al no tener que llevar a cabo obras civiles, etc.

Existen diferentes servicios de comunicaciones móviles que fueron estudiadas brevemente, a fin de determinar cual era la que mejor se adaptaba a los requerimientos del sistema. Este estudio conllevó la utilización de Internet para averiguar diferentes tecnologías de comunicación inalámbrica. A continuación encontraremos los distintos servicios investigados.

Es importante mencionar que la evaluación realizada a los distintos dispositivos de comunicación inalámbrica fue basada en información recolectada de los distintos proveedores de estos, a fin de garantizar una correcta elección de este dispositivo.

TELEFONÍA MÓVIL TERRESTRE

La telefonía móvil terrestre utiliza estaciones terrestres. Éstas se encargan de monitorizar la posición de cada terminal encendido, pasar el control de una llamada en curso a otra estación, enviar una llamada a un terminal suyo, etc. Cada estación tiene un área de

cobertura, zona dentro de la cuál la comunicación entre un terminal y ésta se puede hacer en buenas condiciones.

Existen sistemas de segunda y tercera generación (GSM, CDMA, etc.) que son digitales. Estas introducen el envío de mensajes SMS, el cual fue la razón principal de nuestra investigación en lo que a telefonía móvil terrestre se refiere.

La idea principal, consistía en transmitir los datos geográficos (Latitud y Longitud) obtenidos del receptor GPS vía mensajería de texto SMS. Según investigaciones realizadas, se tomó la decisión de no hacer uso de este servicio debido a que, para poder tomar los datos geográficos, habría que acceder a la bandeja de entrada del dispositivo celular receptor. Esto no es viable, debido a que los accesos a dichas bandejas de entradas están restringidos por las empresas manufactureras de los celulares y/o software internos por razones de seguridad. [TOP-W07].

COMUNICACIONES INALÁMBRICAS

Estos sistemas se encargan de comunicaciones de corta distancia, algunos cientos de metros a lo sumo. En principio la aplicación básica sería la de conectar dispositivos entre sí. Para este caso, se usa mucho la tecnología Bluetooth.

Bluetooth se trata de una iniciativa completamente privada, en la que están involucradas empresas como Ericsson, Toshiba, IBM, Motorola, Qualcomm, 3Com, Lucent, Compaq, entre otras.

Utilizando la banda de los 2,4 GHz permite enlazar dispositivos vía radio situados a distancias de entre 10 centímetros y 10 metros, aunque se pueden alcanzar los 100 metros con antenas especiales. Ordenadores, Laptops, y otros dispositivos podrían conectarse entre sí a través de terminales Bluetooth.

Como se mencionó anteriormente, el radio máximo de alcance que puede tener los dispositivos Bluetooth puede llegar hasta los 100 metros; esto evidentemente no es lo suficientemente aceptable como para ser implementado en un sistema de visualización de tránsito, ya que las distancias de comunicación entre el emisor (Autobús) y el receptor (Servidor) puede llegar a ser de hasta varios kilómetros y esto hace que este tipo de servicios no pueda ser usado en el sistema de visualización de tránsito. [TOP-W07].

INTERNET DE BANDA ANCHA MÓVIL

Gracias a los conocimientos obtenidos durante las investigaciones realizadas y conociendo los requerimientos del sistema, se supo que la tecnología de comunicación inalámbrica que mejor se adecuaba al Sistema de Visualización de Tránsito era la de Internet de Banda Ancha Móvil, por lo cual la investigación se centró en entender y determinar cual era el dispositivo utilizado por esta tecnología.

Básicamente el Internet de Banda Ancha Móvil consiste en hacer uso de las redes telefónicas para establecer conexiones con

Internet; los servicios de redes telefónicas suelen ser prestados por compañías de Telecomunicación.

Como se mencionó anteriormente, los servicios de comunicación de Internet de Banda Ancha son ofrecidos por compañías de Telecomunicación, por lo que otro de los pasos de análisis de este tipo de tecnologías consistió en investigar una compañía telefónica que nos pudiera ofrecer un dispositivo que permita la comunicación a Internet desde un periférico, una Laptop por ejemplo, para así poder transmitir la data geográfica obtenida. Entre las compañías estudiadas tenemos: Movilnet, Movistar y Digital, todas estas compañías que operan en Venezuela. Al final del estudió, se logró conseguir un dispositivo muy útil para lo que se estaba buscando, provisto por Movilnet.

La elección del dispositivo se basó primordialmente en 3 parámetros, uno de ellos es el costo del dispositivo, costo del servicio a Internet y disponibilidad de la red telefónica en un área geográfica amplia. En la Tabla 7 se encuentra la comparación realizada entre las compañías telefónicas en base a los parámetros mencionados previamente.

Criterios	**Movistar** (Kyocera KPC 650)	**Movilnet** (CDU-680)
Costo dispositivo	279 BsF.	300 BsF.
Costo del servicio	Plan de 250 BsF.	Plan de 200 BsF. mensuales
Área geográfica de alcance	Cubre gran parte del territorio venezolano	Cubre gran parte del territorio venezolano

Tabla 7. Criterios tomados para la elección del dispositivo de comunicación inalámbrica. Fuente. Centros de Atención de cada operadora telefónica.

Al igual que en la elección del dispositivo GPS, una vez que se investigó y comparó dispositivos inalámbricos para Internet de Banda Ancha Móvil se definieron unos criterios de selección que determinaron finalmente el dispositivo inalámbrico seleccionado. El criterio principal tomado para la selección fue la del costo, ya que el recurso económico era limitado y también se trató de buscar que la implementación fuese de bajo costo.

Es importante mencionar que la empresa de telefonía Digitel no brinda estos servicios en la actualidad y por eso no se incluyó entre las posibles opciones.

Además existen en Venezuela otras empresas que brindan este tipo de servicio pero para efectos de este Sistema no fue necesario realizar una investigación más exhaustiva debido a que las opciones ya estudiadas cumplían con los requerimientos del Sistema.

Conociendo entonces el criterio de selección, se decidió por la compra del dispositivo ofrecido por la compañía telefónica Movilnet. A continuación se hará mención de dicho dispositivo.

El dispositivo seleccionado fue el modelo CMOtech CDU-680 de Movilnet C.A. CMOtech es la compañía creadora de este dispositivo, pero Movilnet es el proveedor de dicho dispositivo así como también el servicio de Internet.

CDU-680 es un módem USB (interfaz de comunicación) el cual puede ser conectado a cualquier periférico que tenga la capacidad

de conectarse a través del puerto USB (Universal Serial Bus, por su acrónimo en inglés) y por medio de este se establece la conexión inalámbrica con Internet.

Entre las especificaciones técnicas del CDU-680 tenemos:

Bandas de frecuencia

- CDMA 800MHz (Clase de Banda 0)
- CDMA 1900MHz (Clase de Banda 1)
- GPS L1 band(1575.42MHz)

Estas características fueron tomadas en cuenta a la hora de la compra, ya que siempre se buscó un dispositivo que fuese de fácil uso y que pudiera ser utilizado con el periférico (Laptop) utilizado por el Sistema de Visualización de Tránsito. [TOP-W07]

IV.1.5 MAPAS DIGITALES

Hemos visto los componentes esenciales que componen al Sistema de Visualización de Tránsito, pero nada de esto serviría sin una herramienta capaz de manejar mapas digitales en donde mostrar la información geográfica, ya que a través de los mapas digitales, es donde los usuarios finales tendrían un contacto directo con el Sistema. Por esta razón, una de las actividades llevadas acabo dentro del desarrollo, fue la de investigar sobre los diferentes proveedores de mapas digitales que ofreciesen la posibilidad de manejar estos mapas.

A fin de escoger un proveedor de mapas digitales que cumpliese con los requerimientos del Sistema, se definieron unos parámetros que ayudarían a la selección final del mapa digital. En la Tabla 8 se hace referencia a esta investigación.

Parámetros	Modest Maps	Google Maps	Yahoo Maps
Integración en aplicaciones RIA.	Si	Si	Si
Costo del servicio	Gratuito	Gratuito	Gratuito
Documentación disponible	Muy poca. Es un desarrollo individual.	Amplia	Amplia
Configurable	Relativa	Ofrece un API que permite al usuario realizar cualquier tipo de configuración.	Ofrece un API que permite al usuario realizar cualquier tipo de configuración.

Tabla 8. Parámetros tomados para la elección del proveedor del mapa digital.
Fuente. Páginas de Internet de los Proveedores.

Es importante mencionar que la evaluación se baso por aquellas realizadas por los expertos de estas compañías y de sus comentarios, dando así un mejor conocimiento de cual era la que nos ofrecía un mejor y fácil uso de los servicios de los mapas digitales.

En la tabla comparativa los parámetros tanto de Google Maps como Yahoo Maps cumplen con los requerimientos, por lo que el criterio de selección tomado se baso en cual de ellos era más fácil de utilizar y que al mismo tiempo existiese una gama amplia de ejemplos de aplicaciones sobre las cuales se podría basar la configuración del mapa digital orientado al Sistema de Visualización de Tránsito. [GOO-G98]

Por esta razón, se decidió por Google Maps, el cual se considero el más acorde para la aplicación. Para mayor información acerca de Google Maps dirigirse al **Apéndice B**.

IV.1.6 DEFINICIÓN DE REQUERIMIENTOS

REQUERIMIENTOS FUNCIONALES

El Sistema está compuesto por dos aplicaciones, por un lado se encuentra la aplicación Cliente que es la encargada de enviar los datos capturados por el GPS a la aplicación Servidor. Estos datos van a contener las coordenadas geográficas del transporte o de los transportes de los cuales se quiere conocer su ubicación en la Universidad Católica Andrés Bello.

La aplicación del Servidor está encargada de recibir los datos de localización o de los transportes, si es el caso, dónde dichos datos se mostrarán desplegados a través de una pantalla de una aplicación Web, al usuario que los solicite.

A continuación se mostrarán los diferentes requerimientos que debe poseer el Sistema divididos dependiendo de su prioridad dentro de todo el Sistema (Esenciales, alta prioridad y adicionales).

Requerimientos Esenciales

1. Aplicación Cliente

- ✓ Realizar conexión a un dispositivo GPS

- ✓ Capturar información enviada del GPS
- ✓ Realizar interpretación de los datos recibidos del GPS (Convertir la data en datos que puedan ser manejados por la herramienta de codificación Java)
- ✓ Realizar conexión a un Servidor Remoto.
- ✓ Enviar los datos interpretados, específicamente latitud y longitud a la aplicación Servidor. (Servidor Remoto al cual se debe conectar)

2. Aplicación Servidor

- ✓ Recibir peticiones de conexión simultáneas de uno o varios Clientes.
- ✓ Recibir datos geográficos de uno o varios Clientes en simultáneo
- ✓ Enviar datos geográficos capturados a la aplicación RIA
- ✓ Mostrar reportes de localización geográfica del transporte mediante un mapa de visualización (Google maps) en una página Web al que puede acceder cualquier usuario de la Universidad.
- ✓ Mostrar información sobre tiempos estimados de llegada de los transportes a ciertos puntos determinados.

REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES

Según la "ISO 9126" en su Modelo de Calidad, comprende 6 características principalmente para asegurar la calidad del

Software, a continuación se explica su aplicación dentro del Sistema de Visualización de Transito:

Funcionalidad:

Se refiere a la adecuación, exactitud, interoperabilidad y seguridad de acceso.

Dentro del Sistema de Visualización de Tránsito el requerimiento no funcional implementado es la seguridad. La seguridad de acceso fue efectuada en la comunicación, específicamente a nivel de Sockets definiendo un puerto específico para la aplicación evitando así ataques al sistema que comprometan su desempeño.

Fiabilidad:

Se refiere a la madurez, tolerancia a fallos y capacidad de recuperación.

La recuperación es fundamental en este sistema en ambos casos (Cliente y Servidor), ya que estos deben estar preparados para cualquier tipo de fallas. Para esto, la aplicación contará con la capacidad de recuperación a cualquier excepción que ocurra para así permitir la continua ejecución de la misma.

Usabilidad:

Es la capacidad que tiene una aplicación para ser entendible por los usuarios finales.

El Sistema de Visualización de Transito cuenta con un *front-end* desarrollado en RIA que garantiza una mejor experiencia a los usuarios finales en lo que se refiere a la representación visual de la información así como las capacidades que este ofrece.

Eficiencia:

Es el comportamiento temporal en la utilización de recursos.

Se ve reflejada en el uso de hilos, logrando así un mejor uso de los recursos usados por la aplicación.

Mantenibilidad:

Se refiere a la capacidad que tiene un Sistema de ser mantenido.

Este objetivo es alcanzado al documentar todos los códigos fuentes del Sistema de Visualización de Transito, permitiendo así un mejor entendimiento de la aplicación a mantenimientos futuros.

Portabilidad:

Hace referencia a la adaptación y la capacidad para ser reemplazado que tiene cualquier Sistema.

Dentro del Sistema de Visualización de Transito se encuentra garantizada la portabilidad al hacer uso de la tecnología Java, ya que esta cuenta con una maquina virtual que permite la implementación de las aplicaciones Java en cualquier plataforma tecnológica. [UNI-CAL]

IV. SECCIÓN 2. DISEÑO GLOBAL

IV.2.1 DEFINICIÓN DEL MODELO FUNCIONAL

El Sistema de Visualización de Tránsito está compuesto por el/los Cliente(s) y el Servidor; a su vez, el Cliente está conformado por el vehículo de tránsito terrestre, mientras que el Servidor aloja el sistema Web que visualiza la posición geográfica del/los Cliente(s).

El intercambio de la información geográfica del cliente hasta el servidor viaja a través de diferentes interfaces; esto se tomó en consideración al momento de diseñar un modelo funcional acorde a los objetivos del sistema.

En la Figura 4 encontramos la representación gráfica del modelo funcional de este tipo de sistemas, que ayuda a comprender de mejor manera como estaría estructurado el Sistema de Visualización de Tránsito.

Figura 4. Modelo Funcional del Sistema de Visualización de Tránsito.
Fuente. Elaboración Propia.

En la figura se visualiza gráficamente el proceso de toma y visualización de información geográfica con respecto a un vehículo terrestre.

Por medio de un receptor GPS (Evaluation Kit EVK-5H) alojado dentro del vehículo terrestre, se toma la posición geográfica actual de este. Desde el receptor GPS la información es transmitida bajo el formato NMEA-0183. Dicho formato proporciona una gran cantidad de datos identificados como eventos, que proporcionan una gama de información que sirven para su posterior estudio, donde los datos esenciales son los de Latitud y Longitud.

Una vez realizado esto, un paso esencial es lograr transmitir la información geográfica (Latitud y Longitud) hacia un servidor alojado en un espacio físico determinado.

El proceso de transferencia de la información geográfica, al ser un Sistema en el que el/los Clientes se encuentran en constante movimiento, es manejado por comunicaciones inalámbricas, ya que garantiza la comunicación entre Cliente y Servidor sin importar cuan alejados estén el uno del otro, además de que no es necesario construir obras civiles para lograrlo.

La data geográfica, al ser esto un sistema Cliente-Servidor, es enviada a través de una red cualquiera hacia un Servidor aplicaciones, donde por lo general se encuentra alojada la información, para que esta sea representada en una aplicación orientada a Web, de forma tal que los usuarios finales tengan

acceso a esta en cualquier parte del globo terráqueo donde haya conexión a Internet.

Una parte esencial de los Sistemas de Visualización de Tránsito, es la capacidad que deben tener de mostrar la información geográfica, a fin de lograr que los usuarios finales tengan una experiencia rica en cuanta a la representación visual de la información. Por esta razón, el uso de mapas digitales alojadas en aplicaciones Web es la mejor forma de lograrlo.

Lo mencionado hasta ahora nos hace visualizar que el Sistema de Visualización de Tránsito está dividido por tres grandes bloques funcionales: Recepción, Transmisión y Visualización.

IV. SECCIÓN 3. ITERATIVA

Dentro de esta fase del modelo metodológico se aplica el concepto de "cumplimiento de parámetros" para el avance a la siguiente fase, es decir, se establecen ciertos parámetros por fase que deben ser cumplidos para poder avanzar a la siguiente fase. Para este proyecto se realizaron tres iteraciones, la primera de ellas basados en la tecnología J2ME, luego una segunda iteración que implementa un dispositivo móvil y la última de ellas haciendo uso de una computadora portátil.

A continuación se explican dos actividades que si bien pertenecen al "Diseño Detallado", estas no iteran, es decir, son generales para todas las iteraciones por lo que no es necesario explicarlas en cada una estas.

IV.3.1 DEFINICIÓN DE ESTÁNDARES DE PROGRAMACIÓN

En la Tabla 9 encontraremos los estándares de programación aplicados al sistema:

Ítem	Descripción
Clases	Para nombrar las clases y archivos de codificación se mantendrán todas las letras minúsculas, inclusive la primera letra. Los archivos de las clases tendrán el mismo nombre de la clase y la extensión según sea cada caso. Ejemplo: cliente.java es el archive que contiene a la clase cliente.
Variables	Variables del lenguaje: dentro de los archivos codificados tendrán como prefijo el carácter "_" y serán escritas en minúsculas por completo. Ejemplo: _ip. Variables de plantilla (MXML): poseerán un identificador todo en minúsculas con un nombre que haga referencia a la característica que .el realiza. Ejemplo: un textbox que contenga la latitud, su identificador será, "latitud"

Constantes	Utilizadas para fijar ciertas reglas de negocios previamente establecidas, los identificadores para las constantes tendrán como prefijo el carácter "_" y serán escritos completamente en mayúsculas, si el nombre del identificador es compuesto, entonces cada nombre será separado por el carácter "_". Ejemplo: _PUERTO en la clase cliente.
Archivos	En la capa de presentación se utilizará una interfaz gráfica desarrollada en FLEX, tecnología que permite desarrollar aplicaciones RIA, estos archivos son de extensión .mxml y son nombrados completamente en letras minúsculas.

Tabla 9. Estándares de Programación.
Fuente. Elaboración Propia.

IV.3.2 DESARROLLO DE ALGORITMOS

Para el desarrollo de algoritmos fue necesario tomar en cuenta ciertos parámetros que marcaran la pauta en cuanto a la manera de desarrollar este Sistema y que además sirvieran de indicadores a la hora de decidir si era necesario iterar o si finalmente se podía pasar a la siguiente fase del modelo metodológico.

El principal parámetro en todo el sistema es el de "desempeño" ya que, como bien se sabe, se desarrolló un mapa de visualización que muestra la ubicación actual de todos los clientes mostrados; cuando se habla de ubicación actual se trata de que esta sea lo más reciente posible y así lograr la visualización en "tiempo real" de todos los medios de transporte del sistema.

Para lograr el buen desempeño en todo el Sistema que cumpliera con los objetivos planteados se establecieron los siguientes parámetros:

- ✓ Desarrollar la aplicación del cliente en un lenguaje de programación (Java) con acceso al dispositivo GPS, pero que

a su vez realizara dicha conexión y transferencia de datos con un tiempo de respuesta, por parte del dispositivo, mínimo.

- ✓ La conexión del cliente al servidor se realiza mediante sockets, siendo este un instrumento de Java de rápida respuesta y alto desempeño.
- ✓ Utilización de unas de las herramientas por excelencia de Java. El uso de hilos es fundamental para garantizar tiempos de respuestas apropiados para el Sistema. El uso de hilos se hizo en el momento de la creación y establecimiento de la conexión entre el cliente y el servidor, al crearse un hilo se crea un proceso más ligero que permite que la comunicación y el envío de datos sea mucho más rápido.

IV.3.3 ITERACIÓN I

Una vez elegido los parámetros que son necesarios satisfacer para continuar a la siguiente fase, se comienza a realizar las iteraciones antes mencionadas que posee este modelo metodológico.

IV.3.3.1 DISEÑO DETALLADO

IV.3.3.1.1 IDENTIFICACIÓN DE HERRAMIENTAS, LIBRERÍAS Y DEMÁS COMPONENTES

Se decidió trabajar con la tecnología J2ME (**ver Apéndice A**), soportada por una gran cantidad de dispositivos celulares en la actualidad, que en primera instancia podía cumplir con todos los parámetros establecidos.

Además, al utilizar un dispositivo móvil se garantizaba que las dimensiones del hardware fueran las adecuadas, ya que es necesario que este hardware no ocupe un espacio muy grande dentro del vehiculo terrestre. [SUN-M01]

En la Tabla 10 se muestra los parámetros cumplidos por esta elección:

Parámetro	Alcanzado?	Observación
Conexión a Dispositivo GPS	No	No existen librerías que permitan acceder a los puertos de los dispositivos móviles.
Implementación de Sockets	Si	-
Implementación de Hilos	Si	-

Tabla 10. Parámetros cumplidos por la tecnología J2ME.
Fuente: Elaboración propia.

Luego de realizar investigaciones se llegó a la conclusión que en la tecnología J2ME aún no se ha desarrollado librerías capaces de comunicarse con los puertos de salida que tienen los dispositivos móviles, además tampoco existe una librería desarrollada por la empresa Sun Microsystems que de acceso a ciertas funcionalidades de dichos puertos, tal como la librería "Java Comm" lo hace para J2SE.

Es importante destacar que luego de realizar contactos con un vocero de esta empresa, este comunicó que la razón principal de la no existencia de estas librerías de comunicación es la de la seguridad de los dispositivos móviles.

Por último, luego de investigaciones realizadas, se reveló que la única manera de comunicarse desde una aplicación desarrollada en J2ME a un dispositivo GPS era mediante Bluetooth, pero este tipo de comunicación no es prestada por el dispositivo seleccionado para este Sistema, lo que hace que el uso de la tecnología J2ME no sea factible para este proyecto, en consecuencia no se pudo avanzar a la siguiente etapa de desarrollo.

IV.3.4 ITERACIÓN II

Luego de comprobar que efectivamente la comunicación entre el dispositivo GPS adquirido y la tecnología J2ME no era posible, se decidió utilizar un dispositivo móvil que tuviese integrado un dispositivo GPS para así no tener que lidiar con el problema que se suscitó anteriormente.

IV.3.4.1 DISEÑO DETALLADO

IV.3.4.1.1 IDENTIFICACIÓN DE HERRAMIENTAS, LIBRERÍAS Y DEMÁS COMPONENTES

Al realizar ciertas investigaciones, se encontró que el dispositivo móvil *BlackBerry Curve 8330* cumplía con todos los parámetros previamente establecidos y que además contaba con una plataforma a la cual se le podían integrar programas desarrollados en Java, por lo que hizo de este dispositivo una posible solución para el Sistema de Visualización de Transito.

A continuación en la Tabla 11 se muestra el cumplimiento de los parámetros por parte de este dispositivo móvil:

Parámetro	Alcanzado?	Observación
Conexión a Dispositivo GPS	Si	El dispositivo GPS está integrado al celular
Implementación de Sockets	Si	-
Implementación de Hilos	Si	-

Tabla 11. Parámetros cumplidos por el dispositivo BlackBerry Curve 8330.
Fuente: Elaboración propia.

Una vez alcanzado todos los parámetros en esta fase, gracias a la elección de este dispositivo móvil, se continúa a la siguiente fase. [BLA-B08]

IV.3.4.2 CODIFICACIÓN

IV.3.4.2.1 DESARROLLO DE LA APLICACIÓN DEL CLIENTE

En esta fase del desarrollo se debían implementar los algoritmos previamente establecidos para así lograr los dos objetivos principales de esta aplicación, la captura de los datos del dispositivo GPS (en este caso es leer los datos del dispositivo interno de este dispositivo móvil) y el envío de estos.

Se realizó una aplicación sencilla que se conectara con el GPS interno del dispositivo móvil y capturara los datos de posicionamiento para luego así transmitirlos a un servidor destino. Esta conexión al servidor de destino se estableció mediante Sockets a través de una comunicación previamente establecida.

Al probar esta aplicación en el emulador del dispositivo móvil encontramos que el funcionamiento de esta era el esperado, por lo tanto se decidió continuar a la siguiente actividad de esta fase del modelo metodológico.

IV.3.4.2.2 DESARROLLO DEL PORTAL DEL SERVIDOR

La aplicación del Servidor no se realizó en su totalidad, es decir, solo se desarrolló lo necesario para poder establecer la comunicación y recepción de datos enviados por el *BlackBerry Curve 8330*, ya que a pesar de que la aplicación Cliente funcionaba bien en el emulador, era necesario comprobar que efectivamente funcionara en el dispositivo móvil como tal. Es por esto, que el aplicación Web no se desarrollo hasta no tener la certeza de que la comunicación entre el dispositivo móvil y el Servidor era posible, es decir, se decidió esperar a lograr esta comunicación para luego desarrollar la aplicación Web.

Luego de terminar esta aplicación con capacidad de recibir los datos enviados por el dispositivo móvil se procedió a realizar pruebas que comprobaran la comunicación entre la aplicación del Cliente (alojada en el dispositivo móvil) y la aplicación del Servidor.

Luego de varios intentos para establecer la comunicación, surgieron dos problemas que el emulador del dispositivo móvil no había revelado; los problemas encontrados fueron los siguientes:

- ✓ Los tiempos de captura de los datos geográficos por parte del dispositivo móvil eran muy largos, aproximadamente 5 segundos para tomar los datos.
- ✓ No se podía establecer una conexión al servidor destino ya que la operadora seleccionada no permitía este tipo de conexiones, es decir, conexiones de bajo nivel, por razones de seguridad.

Por estas razones anteriormente explicadas, el uso del dispositivo móvil *BlackBerry Curve 8330* no era una solución factible para el Sistema de Visualización de Transito, por lo que no fue posible continuar a la siguiente fase de esta etapa del modelo metodológico seleccionado.

IV.3.5 ITERACIÓN III

Por último, luego de concluir que el desarrollo de la aplicación cliente en dispositivos móviles no era viable con el dispositivo GPS adquirido ni tampoco a través del uso de un dispositivo GPS integrado a un celular, debido a problemas con la operadora seleccionada, se decidió realizar la aplicación Cliente con tecnología J2SE (Java 2 Standard Edition, por su acrónimo en inglés) utilizada mayormente en computadoras personales pero que en la actualidad ya se están implementando en dispositivos hardware mucho más pequeños, por lo que hace que el uso de esta tecnología sea factible para este proyecto.

IV.3.5.1 DISEÑO DETALLADO

IV.3.5.1.1 IDENTIFICACIÓN DE HERRAMIENTAS, LIBRERÍAS Y DEMÁS COMPONENTES

Uno de los retos más grandes de este TEG fue la de la comunicación del lenguaje de programación seleccionado (Java) con el dispositivo GPS adquirido, ya que era necesario poder contar con los datos geográficos capturados por el dispositivo en Java. Luego de realizar reuniones con profesores de la universidad e investigar en Internet, logramos obtener los componentes necesarios para poder establecer esta comunicación.

En la Tabla 12 se explica cada uno de los componentes necesarios utilizados en la aplicación cliente.

Ítem	Descripción
Librería Chaeron	Compuesta por tres archivos comprimidos de java, estos archivos son: "gps_common.jar", "gps_demo.jar" y "gps_windows.jar", que dan acceso a diferentes métodos capaces de comunicarse directamente al dispositivo GPS y traer la información necesaria para que pueda ser manejada en Java. [CHA-E06]
Java Comm	Se usa en Java a través del archivo "comm.jar", esta librería permite el acceso a los diferentes puertos de la computadora. En este caso es necesario el acceso al puerto USB ya que el dispositivo GPS está conectado a uno de estos. [SUN-J06]
gpsjava.java	Este archivo contiene la clase gpsjava la cual hace uso de la librería Chaeron, específicamente a una serie de eventos y métodos que son disparados cuando el dispositivo GPS recibe datos de posicionamiento geográfico.
cliente.java	Dentro de este archivo se cuenta la clase cliente quien permite la conexión al servidor al cual se le enviaran los datos. Además dentro de esta clase se instancia la clase gpsjava para poder acceder a los datos del dispositivo.

Tabla 12. Componentes utilizados en el Cliente.
Fuente. Elaboración Propia.

Para mayor información acerca de cada uno de las librerías identificadas, puede dirigirse al **Apéndice B**.

Con estos componentes es posible lograr el cumplimiento de todos los parámetros establecidos en la etapa anterior, por lo que en la Tabla 13 se muestra el cumplimiento de los parámetros exigidos.

Parámetro	¿Alcanzado?	Observación
Conexión a Dispositivo GPS	Si	A través de la Librería Chaeron.
Implementación de Sockets	Si	-
Implementación de Hilos	Si	-

Tabla 13. Parámetros cumplidos por los componentes seleccionados.
Fuente: Elaboración propia.

Establecida la comunicación con el dispositivo GPS y enviado estos datos, se procede a interpretar los mismos para mostrarlos en el mapa de la aplicación Web. Para realizar esta tarea fue necesario el uso de ciertos componentes que lograron resolver ciertos problemas, tales como: uso de un mapa real, comunicación entre java y Flex, interpretación de los datos y mostrarlos en un mapa, etc.

En la Tabla 14 se explica el uso de cada uno de los componentes utilizados en la aplicación del servidor, encargada de la visualización de la posición de los clientes.

Ítem	Descripción
JBoss	Servidor en donde se encuentra alojada toda la aplicación Web. Permite el uso de ciertas tecnologías capaces de permitir la comunicación entre Java y Flex, en este caso, BlazeDS. Además, dentro de este servidor, se encuentra el archivo

	servidor.java encargado de recibir las peticiones de los clientes. [JBO-J08]
BlazeDS	Servidor de Comunicación alojado dentro del servidor JBoss, que permite la comunicación eficaz y rápida entre el programa servidor.java y la aplicación Web. Gracias a una propiedad de eventos y envío y recepción de mensajes asíncronos, lo cual hace que cada vez que se envie unos datos desde Java se dispare un evento en la aplicación Web. [ADO-B08]
Google Maps API	Gracias a esta librería gratuita, importada a la aplicación Web mediante el archivo "map_flex_1_5.swc", se logra mostrar en aplicaciones RIA imágenes satelitales de cualquier parte del mundo. Además esta librería tiene ciertos métodos que ayudan a la graficación y proyección de puntos, en este caso, haciendo uso de estos métodos, se logra mostrar el medio de transporte con solo proporcionar las coordenadas de este. [GOO-G98]
Flex	Marco de trabajo gratuito que permite crear aplicaciones RIA y que permite la integración con otras muchas herramientas, tales como: Google Maps API, BlazeDS, etc. Haciendo así mucho más sencillo el desarrollo de esta aplicación. [ADO-A08].

Tabla 14. Componentes utilizados en el Servidor.
Fuente. Elaboración Propia.

Para mayor información acerca de cada uno de los componentes identificados, dirigirse al **Apéndice B**.

Identificados todos los componentes que compondrán al sistema se procedió a realizar un modelo lógico funcional de cómo interactúan todos estos componentes. A continuación en la Figura 5 se muestra la interacción de estos componentes.

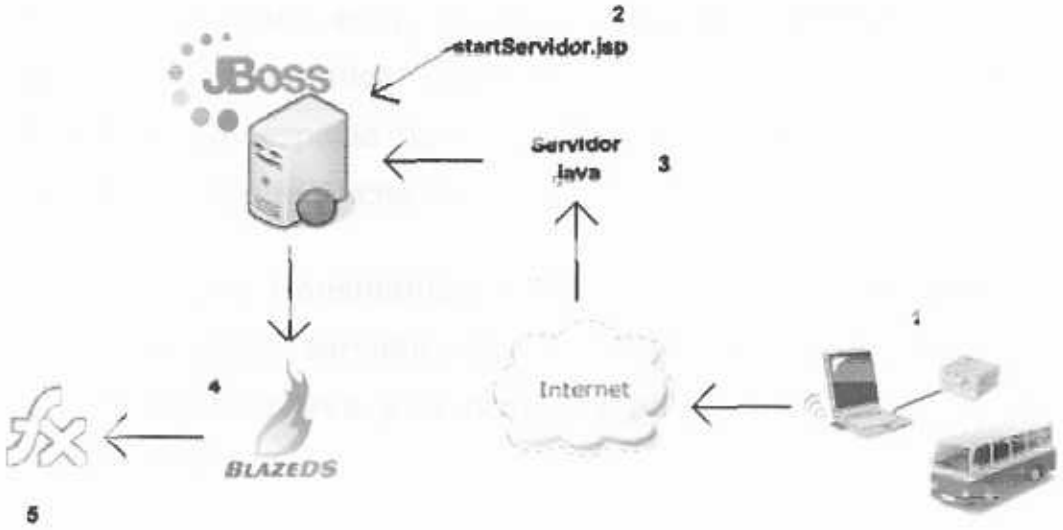

Figura 5. Modelo Lógico Funcional.
Fuente. Elaboración Propia.

En la Figura 5 encontramos una serie de pasos, que en conjunto ayudan a conocer el proceso de toma y visualización de información geográfica con respecto a un vehículo terrestre.

Por medio de un receptor GPS (Evaluation Kit EVK-5H) alojado dentro del vehículo terrestre (Autobús), se toma la posición geográfica actual de este. Dicha información, se transfiere directamente a una Laptop a través de un cable USB. Esto se logró gracias a una librería que fue desarrollada en Java por la Corporación Chaeron, conocida como "Librería Chaeron". La información transmitida esta bajo el formato NMEA-0183. Dicho formato proporciona datos que son irrelevantes para el desarrollo, por esta razón se decidió filtrar la información en base a los datos requeridos por la aplicación (Latitud y Longitud). Este primer proceso se ve referenciado en la Figura 9 en el paso uno (1).

Una vez realizado esto, un paso esencial es lograr transmitir la información geográfica (Latitud y Longitud) hacia un servidor alojado en un espacio físico determinado. Para lograrlo, se utilizó Internet de Banda Ancha Móvil.

Los datos son transmitidos a un servidor de aplicaciones JBoss. Dentro de dicho servidor, se encuentra alojado dos aplicaciones, una es Servidor.java y la otra una página Web cuyo nombre es startServidor.jsp.

startServidor.jsp, es una página Web cuyo propósito es la de iniciar la aplicación Servidor.java encargada de recibir los datos geográficos transmitidos por el Cliente a través de comunicación por Sockets. Otra de las funcionalidades del Servidor.java es empujar la data recibida hacia la página de visualización que contiene el mapa digital. Toda esta etapa está representada en los puntos dos (2) y tres (3).

Los datos geográficos hasta el momento en que llegan al servidor de aplicaciones JBoss, fueron manejados en el lenguaje de programación Java, pero el destino final de estos serán utilizados en Adobe Flex, que utiliza un lenguaje totalmente distinto a Java conocido como MXML y que además hace uso de ActionScript para ejecutar programas Adobe Flash. Esto implica el uso de algún proceso de conversión de los datos entre los puntos dos (2) y tres (3) con el punto cinco (5). Como consecuencia de este proceso de conversión, se utilizó la interfaz BlazeDS (punto 4). BlazeDS, constantemente recibe los datos empujados por Servidor.java y se

encarga de hacerlos llegar a la aplicación Web que aloja el mapa digital. Esta aplicación, como se menciono anteriormente, es el componente final del sistema, sobre el cual los usuarios finales podrán visualizar la posición geográfica del/los vehículo(s) a ser rastreado(s).

Lo mencionado hasta ahora nos hace visualizar que el Sistema de Visualización de Tránsito está dividido por tres grandes bloques funcionales: Recepción (punto 1), Transmisión (Internet) y Visualización (puntos 2, 3, 4 y 5 que componen el Servidor).

Luego de tener todos los componentes necesarios para el desarrollo de todo el Sistema de Visualización de Transito y más específicamente de cumplir con los parámetros establecidos, se prosiguió a la siguiente fase.

IV.3.5.2 CODIFICACIÓN

IV.3.5.2.1 DESARROLLO DE LA APLICACIÓN DEL CLIENTE

Como ya se mencionó anteriormente el objetivo principal de esta aplicación es la de capturar los datos de posicionamiento geográfico recibidos por el dispositivo GPS y enviarlos a un servidor destino.

Para efectos de este trabajo especial de grado, se utilizó una computadora portátil que simulara un hardware más pequeño en donde se podría implementar esta aplicación.

Antes de realizar la captura de datos, la aplicación se conecta mediante Sockets al servidor que recibirá dichos datos. Para realizar esta conexión al servidor el cliente debe conocer la IP del servidor destino, este parámetro se encuentra en un archivo de configuración en el directorio raíz bajo el nombre de "ipservidor.txt"; una vez conectado satisfactoriamente al servidor, la aplicación procede a conectarse al dispositivo GPS que recibe los datos.

Es importante mencionar que para establecer esta conexión con el servidor es necesario que la aplicación cliente tenga acceso a Internet, dicho acceso se lleva a cabo a través de banda ancha de Internet móvil.

La conexión con el dispositivo GPS se logra gracias a una librería, mencionada anteriormente, conocida como Chaeron que lleva a cabo una interfaz de alto nivel para el programador, esta librería tiene una serie de eventos simples de manejar; en nuestro caso utilizamos solamente un evento, el *evento de posición*, este evento es disparado solamente cuando el dispositivo GPS recibe coordenadas validas y libres de errores.

Cuando el *evento de posición* es disparado la aplicación lo captura y lo envía a través del Socket establecido previamente; este proceso se lleva a cabo cada medio segundo aproximadamente.

Por último es importante mencionar que la aplicación cliente fue programada a prueba de errores, es decir, con la captura de todas

las excepciones posibles para así evitar que esta deje de funcionar ya que es necesario que esta aplicación funcione la mayor cantidad de tiempo posible.

IV.3.5.2.2 DESARROLLO DEL PORTAL DEL SERVIDOR

La aplicación del servidor es un poco más compleja que la del cliente y debido a ellos para poder ejecutarla es necesario cumplir con una serie de requisitos.

Esta aplicación se ejecuta dentro de un servidor (JBoss 1.4.2) configurado previamente para la computadora donde está alojado este. Algo que es importante mencionar es que dentro del servidor se encuentra también configurado el servidor de mensajería BlazeDS que, como se explicó anteriormente, permite comunicar la clase Server.java con la aplicación Web.

Una vez configurado el servidor que permite que toda esta aplicación tenga un correcto funcionamiento se procede a ejecutar la aplicación Server.java, esta aplicación se encarga de aceptar todas las peticiones de clientes, en este caso los cliente se refiere a cada medio de transporte que va a ser visualizado en el mapa, esta comunicación se logra a través de Sockets y cada vez que se acepta una petición se crea un hilo que permite trabajar con muchos clientes simultáneamente y así poder mostrar al mismo tiempo la ubicación actual de numerosos cliente.

Es importante destacar que por ser una aplicación servidor, esta siempre está ejecutándose en un ciclo infinito esperando peticiones de clientes que envíen sus datos geográficos para así ser mostrados en el mapa de visualización.

Luego de recibir una petición, crear el hilo de ejecución y recibir los datos geográficos, el servidor se encarga, mediante BlazeDS, de llevar los datos desde JAVA hasta la aplicación realizada en Flex que mostrará la ubicación del medio de transporte propiamente. Esta comunicación de BlazeDS es realizada mediante una propiedad conocida como "data-push" que, como su nombre lo indica, empuja los datos desde la aplicación Server.java a la aplicación Web.

BlazeDS envía los datos a la aplicación Web, la cual tiene una propiedad conocida como *listener* que se encarga de "escuchar" o, mejor dicho, recibir los datos que llegan de Server.java para así interpretarlo gracias a las librerías de Google Maps API y mostrar así, gracias a la latitud y longitud enviadas por el cliente, en un mapa de visualización la posición actual de este cliente.

Por último, se realizaron unos cálculos de estimaciones de tiempo en que tarda el Cliente (vehículo a ser rastreado) hasta un punto de llegada.

Los cálculos de las estimaciones de tiempo realizadas se basaron en la fórmula de Velocidad. Dicha fórmula es:

$$t = d/V$$

Donde, t = Tiempo estimado; d = Distancia entre las paradas; V=Velocidad promedio del vehículo rastreado.

Para lograr este objetivo, se tuvo que definir primero unas paradas ya preestablecidas en el mapa digital, para el cual se tomó la distancia que existía entre cada una de ellas. Estas distancias se representan con la letra d en la fórmula

Por otro lado, se necesitaba conocer la Velocidad promedio del vehículo a ser rastreado, que para efectos de este estudio se utilizo 40 Km/h. La velocidad en la fórmula se ve representada por la letra V.

Conociendo entonces estos dos parámetros se pudo conocer finalmente los tiempos estimados de llegada entre las diferentes paradas, identificadas previamente.

Ahora bien, en vista de que se desarrolló una aplicación Web que muestra la ubicación de un vehículo en tiempo real, se necesitaba conocer en que momento se debería actualizar la tabla de estimaciones de tiempo. Para esto, lo que se logró desarrollar, fue que a todo momento el Sistema estaría comparando los datos geográficos recibidos (Latitud y Longitud) con un rango de los datos geográficos (esto debido al margen de error en que pueda incurrir el GPS) de cada una de las paradas y cuando se cumpliera la condición se actualizaba la tabla de tiempos con los tiempos correspondientes.

Estos tiempos, como se mencionó anteriormente, son mostrados en una tabla dentro de la aplicación Web, donde en cada fila de esta se encuentra cada Cliente visualizado en el mapa y su tiempo estimado de llegada a las próximas paradas.

A continuación, luego de haber realizado toda la codificación se muestra una representación gráfica de la arquitectura del software del Sistema de Visualización de Transito desarrollado.

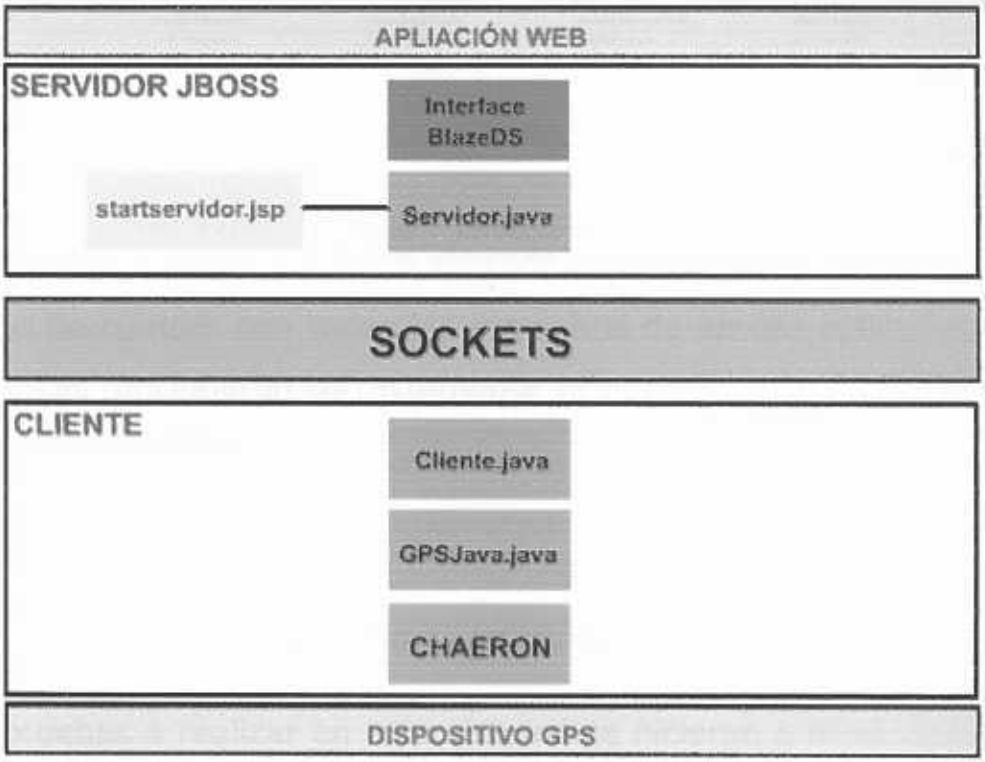

Figura 6. Arquitectura del Software del Sistema de Visualización de Tránsito.
Fuente. Elaboración Propia.

A continuación se presenta la imagen de la aplicación Web:

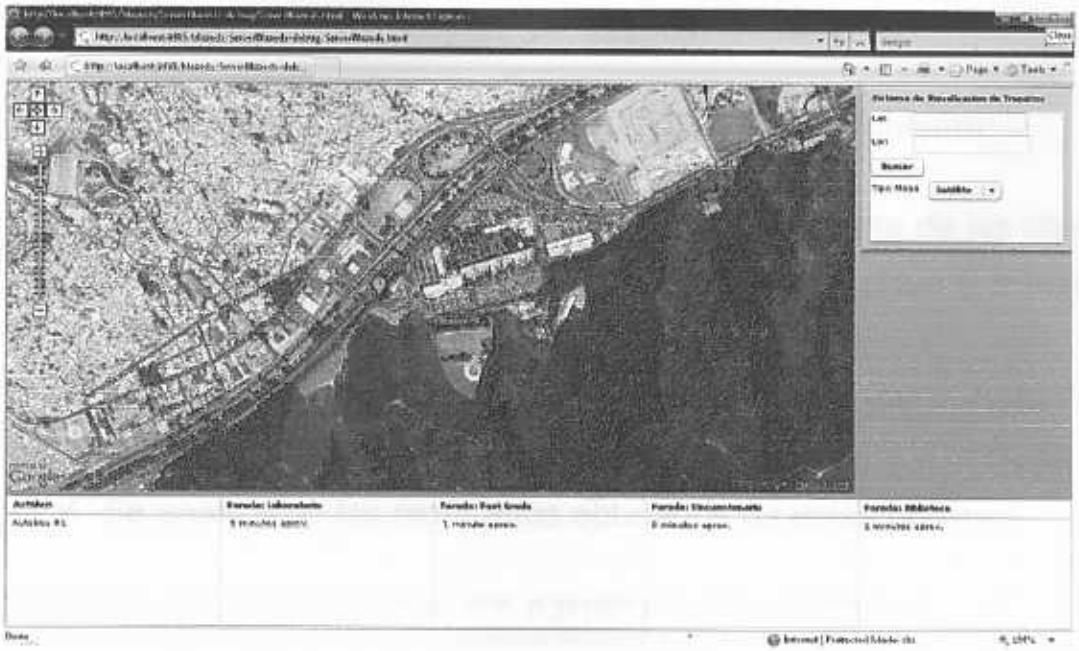

Figura 7. Aplicación Web.
Fuente. Elaboración Propia.

Luego de cumplir con todos los requisitos de ambas aplicaciones y que estas funcionaran correctamente se procedió a la siguiente fase de este desarrollo.

IV.3.5.3 PRUEBAS

IV.3.5.3.1 DEFINICIÓN DE ITINERARIO DE PRUEBAS

Las pruebas a realizar en este sistema se hicieron a nivel de clases para así comprobar las funcionalidades de los métodos de cada clase.

Para llevar a cabo el proceso de prueba de las clases (pruebas de caja blanca) se utilizará JUnit, siendo este un marco de trabajo de pruebas unitarias para Java.

IV.3.5.3.2 REALIZACIÓN DE PRUEBAS

El plan de pruebas unitarias llevadas a cabo fue el siguiente:

- ✓ Se realizaron las clases de prueba para cada una de las clases del Sistema, tomando cada método de cada clase y creando una función de prueba para cada uno de estos.
- ✓ Se ejecutaron las clases de prueba sobre las clases del Sistema.
- ✓ Se analizaron los resultados obtenidos de estas pruebas.

IV.3.5.3.3 REALIZACIÓN DE AJUSTES DEL SISTEMA

En base a los resultados obtenidos de las pruebas unitarias se realizaron los ajustes del Sistema.

Los ajustes realizados fueron los cambios en las entradas y salidas de los métodos de las clases en donde se encontraron errores, para que así se produzcan resultados siempre consistentes.

CAPÍTULO V. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos en el presente trabajo después de haber realizado un gran esfuerzo se ven resumidos a continuación:

- ✓ Se logró investigar, comparar y evaluar un número considerable de dispositivos GPS que cumpliera con los requerimientos esenciales del Sistema de Visualización de Tránsito.
- ✓ Se logró investigar, comparar y evaluar distintos tipos de comunicación inalámbrica a fin de transmitir información geográfica de forma rápida y precisa.
- ✓ Se estudiaron diferentes posibilidades de uso de mapas digitales para aplicaciones Web. Esto nos condujo a una investigación detallada de diferentes librerías y/o tecnologías de estos mapas, donde se amplio nuestro conocimiento con respecto a su uso, desarrollo e implementación en aplicaciones orientadas a Web.
- ✓ Se desarrolló una aplicación Cliente que se encarga de tomar los datos geográficos del dispositivo GPS. Esta aplicación además de lo mencionado, tiene la capacidad de limpiar (sólo Latitud y Longitud) y enviar la data recibida del GPS a través de comunicación vía Sockets hasta un servidor de aplicaciones.
- ✓ Se desarrolló la aplicación del Servidor que tiene como funcionalidad la de recibir la data geográfica enviada por el Cliente. En este, se encuentra alojado la aplicación Web de

cara al usuario. Asimismo, se codificó una aplicación capaz de convertir los datos geográficos que vienen en lenguaje de programación Java hacia lenguaje MXML (utilizado por Adobe Flex).

- ✓ Se desarrolló una aplicación RIA en Adobe Flex. Esta aplicación no es más que una página Web que aloja un mapa digital (Google Maps) con el fin de mostrar una representación geográfica de la posición del vehículo terrestre a ser rastreado.
- ✓ Se logró desarrollar e implementar un Sistema capaz de mostrarle al usuario final la ubicación precisa y en tiempo real de un vehículo terrestre haciendo uso de tecnología de punta, que sin ellas no fuese posible la culminación exitosa del Sistema de Visualización de Tránsito.

Por otro lado una ventaja también importante es que la Universidad Católica Andrés Bello podría llevar a cabo un mejor control sobre el uso del transporte, si realmente lo están usando los estudiantes, la cantidad de horas que el servicio está activo, y con esta información evaluar nuevas oportunidades cómo añadir uno o más transportes, o por el lado contrario evaluar si causa beneficios mantener el transporte activo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como estudiantes universitarios de la Universidad Católica Andrés Bello siempre se había tenido la gran aspiración de desarrollar un sistema único implementado por grandes universidades a nivel mundial, para hacer de la gran universidad a la que asistimos una institución reconocida en el exterior y que siempre se mantenga en la vanguardia educativa y tecnológica. Por ello, el presente trabajo representa el análisis, diseño e implementación de un sistema vanguardista de posicionamiento global que tiene como funcionalidad la de de representar la posición geográfica de un vehículo terrestre en un mapa digital, a fin de brindar un servicio a profesores, estudiantes y usuarios que hacen uso del transporte de la universidad.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos en el presente estudio, se llegaron a las siguientes conclusiones:

- ✓ El Sistema de Visualización de Transito permite brindar a los usuarios una mejor noción del tiempo de espera ya que a través de la aplicación se logra mostrar la ubicación de los medios de transporte en tiempo real.
- ✓ El hecho de que este Sistema tenga la capacidad de mostrar la trayectoria llevada a cabo por un medio de transporte, permite generar confianza a los usuarios al estos conocer si el medio de transporte esta funcionando o no.

- ✓ Siendo este un Sistema vanguardista en lo que a tecnología se refiere, se reconoce que pueden hacerse mejoras para lograr que los usuarios tengan una mejor experiencia y hacer de este un Sistema ampliamente utilizado.

En base a las conclusiones, a continuación se presentan algunas recomendaciones:

- ✓ Mejoramiento de la aplicación Cliente con respecto al hardware utilizado, es decir, desarrollar un prototipo capaz de leer y enviar la data geográfica del GPS a través de Internet que sea más pequeño y con una mejor autonomía, para poder ser fácilmente acoplado a vehículos sin la necesidad de que estén a la vista de los usuarios del transporte.
- ✓ Con respecto al mapa digital, es recomendable desarrollar un mapa digital propio adaptado al ambiente en el que se esté realizando el rastreo, para que de esta manera el/los usuarios finales estén mas familiarizados con el sistema.
- ✓ Reducción de costos con la instalación de una red inalámbrica en el ambiente donde se aplica dicho sistema, en nuestro caso el de la UCAB, para evitar la compra de dispositivos y servicios de Internet inalámbrico por cada vehículo a ser rastreado.

FUENTES DE INFORMACIÓN Y BIBLIOGRAFÍA

- ✓ [ADO-A08] Adobe Flex 3 (2008), [en línea]. San José, California: Adobe Systems Incorporated. Disponible en: http://www.adobe.com/es/products/flex/ (2008)
- ✓ [BLA-B08] BlackBerry Curve 8330 (2008), [en línea]. Canadá: BlackBerry Incorporated. Disponible en: http://na.blackberry.com/eng/devices/device-detail.jsp?navId=H0,C221,P883 (2008)
- ✓ [ADO-B08] BlazeDS Features (2008), [en línea]. San José California: Adobe Systems Incorporated. Disponible en: http://opensource.adobe.com/wiki/display/blazeds/Features [2008]
- ✓ [ADO-L08] BlazeDS Overview (2008), [en línea]. San José California: Adobe Systems Incorporated. Disponible en: http://opensource.adobe.com/wiki/display/blazdeds/Overview [2008]
- ✓ [UNI-CAL] Calidad de Producto, [en línea]. España. Universidad de Castilla-La Mancha. Disponible en: alarcos.inf-cr.uclm.es/doc/Calidad/capitulo05.ppt
- ✓ [COR-C04] Coordenadas Geográficas (2004), [en línea]. Argentina: Corporación Argentina Escolar Disponible en: http://www.escolar.com/avanzado/geografia008.htm (2004)
- ✓ [CHA-E06] Enterprise System Solutions (2006), [en línea]. Canadá. Chaeron Corporation. Disponible en: http://www.chaeron.com/gps.html (2006)

- ✓ [WIK-E08] Evolution-Data Optimized (Septiembre 2008), [en línea]. San Francisco, California: Wikipedia Foundation. Disponible en: http://en.wikipedia.org/wiki/EV-DO. [2007]
- ✓ [GOO-G98] Google Maps API (1998), [en línea]. Mountain View, California: Google Inc. Disponible en: http://code.google.com/apis/maps [1998]
- ✓ [ADO-I08] Información general de Flex (2008), [en línea]. San José, California: Adobe Systems Incorporated. Disponible en: http://www.adobe.com/es/products/flex/overview/ [2007].
- ✓ [SUN-J06] Java Communications (2006), [en línea]. California, USA: Sun Mycrosystems. Disponible en: http://java.sun.com/products/javacomm/ [2006]
- ✓ [JBO-J08] JBoss Application Server (2008), [en línea]. Atlanta, Georgia: JBoss, a division of Red Hat. Disponible en: http://wiki.jboss.org/wiki/JBossApplicationServer [2006]
- ✓ [SUN-M01] Mobile Java o Java ME (2001), [en línea]. California, USA: Sun Mycrosystems. Disponible en: http://www.java.com/es/download/faq/whatis_j2me.xml [2000]
- ✓ [WIK-S08] Sistema de Posicionamiento Global (Septiembre 2008), [en línea]. San Francisco, California: Wikipedia Foundation. Disponible en: http://es.wikipedia.org.wiki/DGPS#GPS_Diferencial. [2008]
- ✓ [MCG-D98] Steve McConnell. Desarrollo y Gestión de Proyectos Informáticos. McGraw Hill. España [1998].
- ✓ [UBL-U08] u-blox 5 Evaluation Kit (2008) [CD-ROM]. Thalwil, Suiza: Ublox AG [2006]

✓ [TOP-W07] What is mobile broadband? (Enero 2007), [en línea]. Londres, Inglaterra: Top 10 Broadband. Disponible en: http://www.top10-broadband.co.uk/guides/what_is_mobile_broadband/[2007]

APÉNDICES

APÉNDICE A. CONCEPTOS RELEVANTES

GNSS

La Navegación Satelital es un método que emplea GNSS para determinar precisamente posiciones y tiempo en cualquier parte del globo terráqueo. Haciendo uso de un sistema GNSS los siguientes valores se pueden determinar de forma precisa:

1. Posición exacta (Longitud, Latitud y coordenadas de altitud).
2. Tiempo exacto (UTM-Universal Time Coordinated, UTC).

La velocidad y dirección de viaje (curso) puede ser derivado de estos valores, los cuales son obtenidos de los satélites que orbitan en la Tierra.

Principios básicos de Navegación Satelital

Todos los sistemas de navegación satelital usan los mismos principios básicos para determinar las coordenadas:

- Satélites con posición conocida transmiten una señal de tiempo regular.
- Basados en las mediciones del tiempo de viaje de las ondas de radio la posición de los receptores es calculada.

Veamos entonces un modelo sencillo que muestra estos principios.

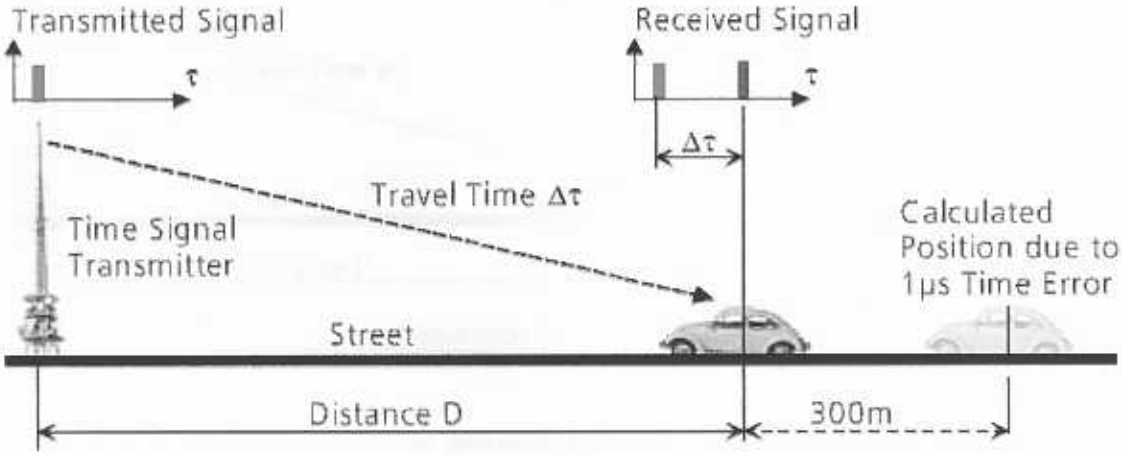

Figura 1. En el caso más sencillo la distancia es calculada por el tiempo de viaje de la señal. Fuente. [UBL-U08]

La distancia D es calculada multiplicando el tiempo de viaje $\Delta\tau$ por la velocidad de la luz c.

$$D = \Delta\tau \bullet c$$

En la Figura 1 se puede apreciar que existe un error de aprox. 300 metros, esto es a causa de que el reloj que se encuentra alojado en el receptor ubicado en el carro no esta bien sincronizado con el reloj del transmisor, lo que origina un error conocido como pseudo rango. Para poder resolver este tipo de problemas lo que usualmente se haría es implementar un reloj atómico, el cual presenta una exactitud de nanosegundos, aunque también se puede implementar una segunda señal desde un transmisor que esté sincronizada y así poder medir ambas señales de cada uno de los transmisores y obtener una distancia mas exacta.

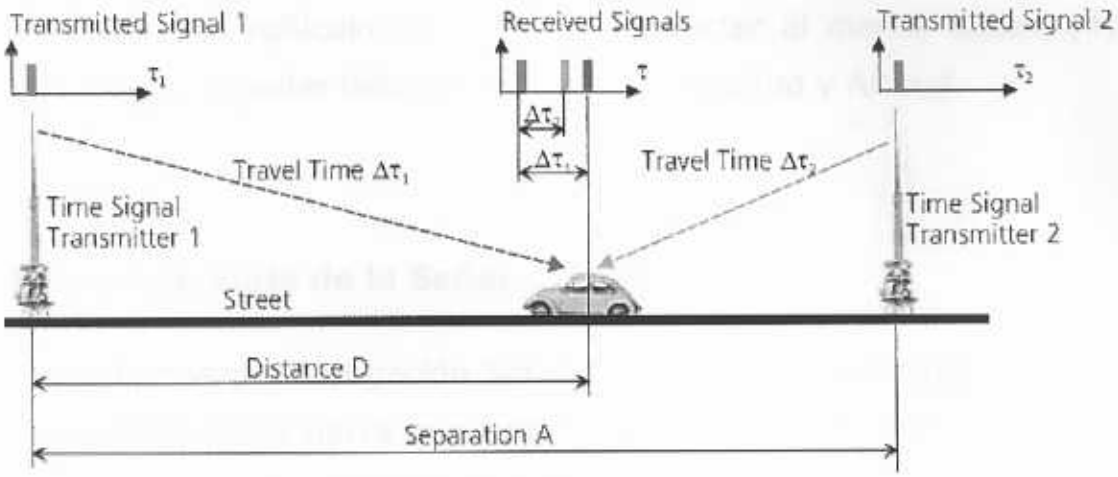

Figura 2. Con dos señales es posible determinar la posición exacta a pesar de errores de tiempo. Fuente. [UBL-U08]

$$D = \frac{(\Delta\tau_1 - \Delta\tau_2)\bullet c + A}{2}$$

Como conclusión a estos dos modelos se puede decir que cuando se este utilizando un reloj en el receptor (vehículo) que no este sincronizado, es necesario que el número de señales transmisoras excedan el número de dimensiones desconocidas por uno. Por ejemplo:

- En un avión (dos dimensiones) se necesita tres transmisoras de señal de tiempo.
- En un espacio tridimensional se necesita cuatro transmisoras de señal de tiempo.

Los sistemas de Navegación Satelital usan los satélites como transmisores de señal de tiempo. Si se quiere conocer la posición

exacta de un vehículo es necesario contactar al menos cuatro (4) satélites para poder determinar Latitud, Longitud y Altitud.

Tiempo de Viaje de la Señal

Los sistemas de Navegación Satelital emplean los satélites situados por encima de la tierra que están estratégicamente distribuidos de forma tal que en cualquier punto de la tierra siempre se podrá entrar en contacto con al menos 4 satélites.

Cada uno de los satélites están equipados con relojes atómicos los cuales son los más exactos conocidos hasta la actualidad. Las señales son transmitidas a la tierra a la velocidad de la luz (300.000 Km/s). Para establecer la posición, todo lo que se necesita es un receptor y un reloj preciso. Comparando el tiempo de llegada de la señal con el tiempo del reloj a bordo del receptor al momento en la que la señal fue transmitida, es posible determinar el tiempo de viaje de la señal.

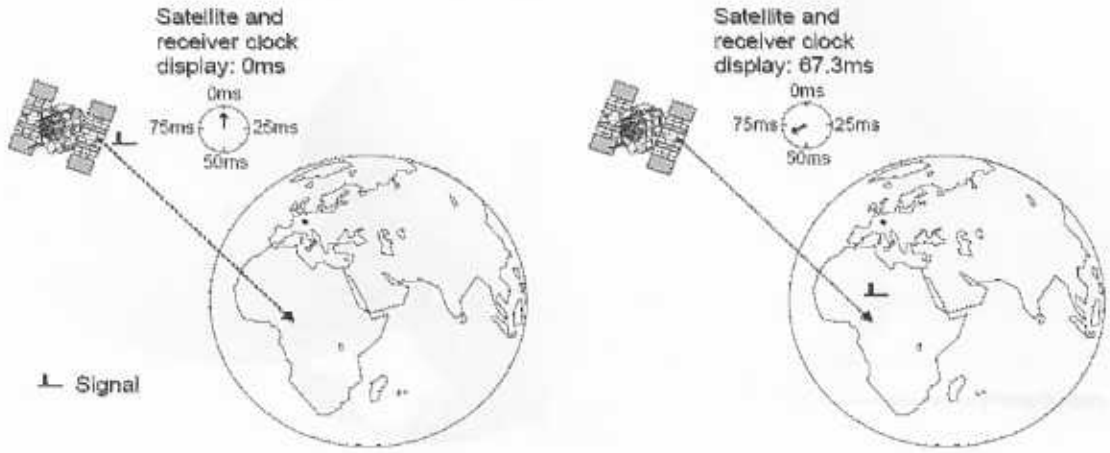

Figura 3. Determinando el tiempo de viaje de la señal.
Fuente. [UBL-U08]

A mediados del 2007, el GPS pasó a ser el único sistema GNSS totalmente operacional. Dicho dispositivo nos servirá como hardware principal para la realización del sistema de visualización de tránsito.

Determinación de la Posición

En el mundo real, una posición debe ser determinada en un espacio tridimensional en vez de un plano. Como la diferencia entre un plano y un espacio tridimensional es de una dimensión extra (Z), un tercer satélite debe estar disponible para determinar la verdadera posición.

La posición es el punto donde las tres esferas se intersectan.

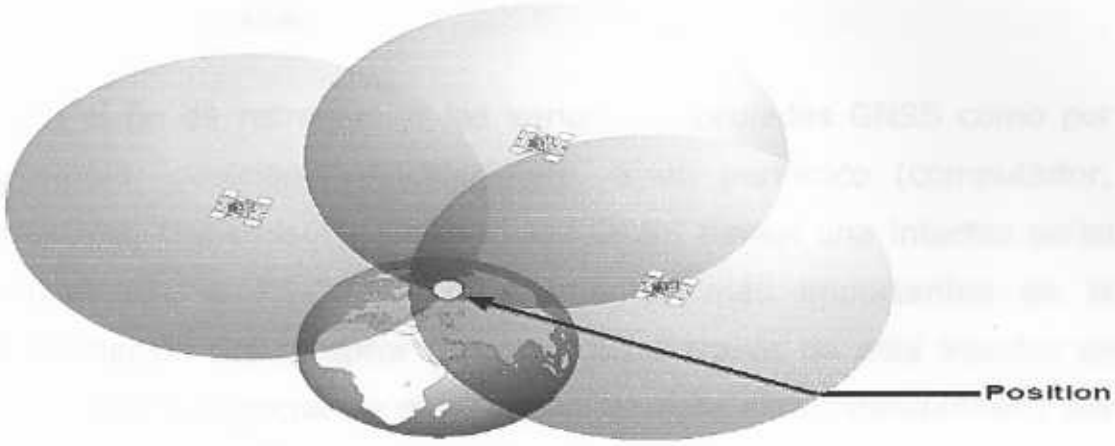

Figura 4. La posición se determina donde se interceptan las tres esferas.
Fuente. [UBL-U08]

Efecto y Corrección del error de tiempo

Todo lo mencionado anteriormente se cumple siempre cuando el reloj alojado en el receptor y los relojes atómicos de los satélites están sincronizados. Si la medición del tiempo de la señal entre el satélite y el receptor tiene un error de solo 1μs, esto produce un error de posición o pseudorango de hasta 300m. Los errores se pueden mejorar gracias a las matemáticas, ya que si recordamos si se tienen cuatro variables es necesario tener cuatro ecuaciones para poder resolverlas, estas cuatro variables serían longitud, latitud, altitud y error de tiempo. Entonces, estas cuatro variables necesitan cuatro ecuaciones, las cuales pueden ser derivadas por cuatro (4) satélites diferentes. Por esta razón, es necesario tener contacto con al menos cuatro satélites para poder obtener una posición precisa. [UBL-U08]

INTERFAZ NMEA

Con el fin de retransmitir las variables calculadas GNSS como por ejemplo: posición, velocidad, etc. a un periférico (computador, pantalla, transmisor), los módulos GNSS tienen una interfaz serial (nivel TTL o RS-232). Los elementos más importantes de la información del receptor son emitidos a través de esta interfaz en un formato especial de data. Dicho formato esta estandarizada por la Asociación Nacional de Electrónica Marina (NMEA - National Marine Electronics Association, por su acrónimo en inglés) para asegurar que el intercambio de la data se lleve a cabo sin ningún problema. Hoy en día, la data es retransmitida de acuerdo a la especificación NMEA-0183. NMEA ha especificado una serie de conjunto de datos (Data Set, por su acrónimo en inglés) para varias aplicaciones GNSS, GPS, etc. Los siguientes siete Data Set son usados ampliamente con módulos GNSS para retransmitir información GNSS.

1. GGA (Data fija GPS, data fija para el Sistema de Posicionamiento Global).
2. GGL (Posición Geográfica – Latitud/Longitud).
3. GSA (GPS DOP y Satélites Activos, degradación de la exactitud y el número de satélites activos en el Sistema de Navegación Satelital Global).
4. GSV (Satélites GNSS a la vista, satélites a la vista en el Sistema de Navegación Satelital Global).
5. RMC (Recomendación mínima de Data GNSS específica).

6. VTG (Trayectoria y velocidad sobre el suelo, trayectoria y velocidad horizontal).
7. ZDA (Tiempo y Fecha).
8. Estructura del Protocolo NMEA

En el caso de NMEA-0183, la tasa a la cual la data es transmitida es de 4800 baudios usando caracteres ASCII de 8 bits. La transmisión comienza con 1 bit de inicio (cero lógico), seguido por 8 data bits y 1 bit de stop (uno lógico) añadido al final. No se usan bits de paridad. En la Figura 5 se puede apreciar la estructura de la especificación NMEA-0183.

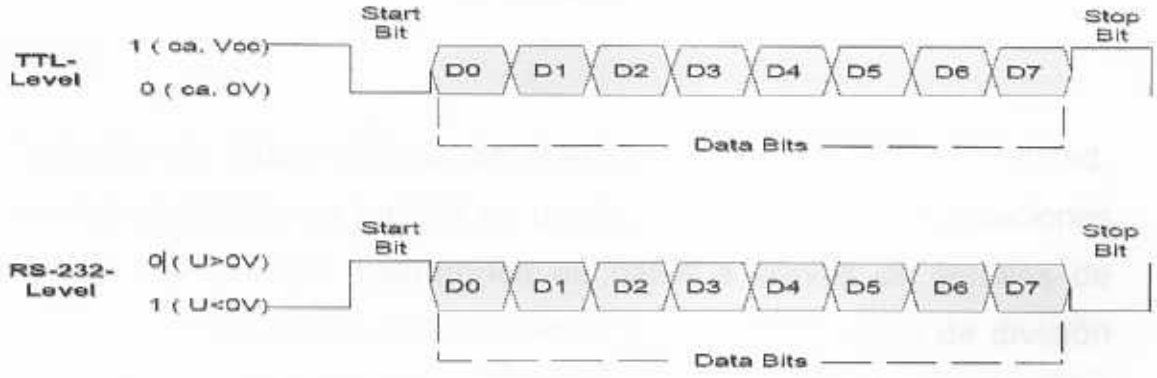

Figura 5. Formato NMEA (nivel TTL y RS-232).
Fuente. [UBL-U08]

Cada Data Set GNSS cumple con un mismo formato y poseen la siguiente estructura:

$GPDTS, Inf_1, Inf_2, Inf_3, Inf_4, Inf_5, Inf_6, Inf_n*CS<CR><LF>

En la Tabla 1 se describen cada unos de los campos que conforman la estructura de la especificación NMEA-0183. [UBL-U08]

Campo	Descripción
$	Comienzo del conjunto de datos.
GP	Información procedente de un aparato GNSS.
DTS	Identificador del Data Set (Ej. RMC).
Inf_1 a Inf_n	Información.
,	Se usa la coma como separador de cada ítem de de información.
*	Se usa el asterisco como separador para el checksum (control).
CS	Checksum (palabra de control) para chequeo del Data Set.
<CR><LF>	Fin del Data Set: retorno del carro <CR> y línea de alimentación.

Tabla 1. Campos que conforman la estructura del mensaje NMEA
Fuente. [UBL-U08]

EVDO

Evolución de datos optimizado (EVDO - Evolution Data Optimized, por sus acrónimo en inglés) es un estándar de telecomunicaciones para la transmisión inalámbrica de datos a través de señales de radio. Usa técnicas de multiplexación tales como Código de división de múltiple acceso (CDMA – Code Division Multiple Access, por su acrónimo en inglés) y Acceso múltiple por división de tiempo (TDMA – Time Division Multiple Access, por su acrónimo en inglés) para maximizar tanto el rendimiento de los usuarios como el rendimiento total del sistema.

EVDO soporta altas tasas de envío de data y tiene un canal de envío con 1.25MHz de banda ancha. Sus beneficios principales son movilidad, velocidad, fácil conexión y cobertura. [WIK-E08]

GPS

El GPS funciona mediante una red de 27 satélites (24 operativos y 3 de respaldo) en órbita sobre el globo a 20.200 Km. con trayectorias sincronizadas para cubrir toda la superficie de la Tierra. Cuando se desea determinar la posición, se deben localizar automáticamente como mínimo tres satélites de la red, de los que recibe unas señales indicando la posición y el reloj de cada uno de ellos. En base a estas señales, el dispositivo que se este utilizando sincroniza el reloj del GPS y calcula el retraso de las señales, es decir, la distancia al satélite. Luego mediante triangulación calcula la posición en la que se encuentra el receptor GPS.

La triangulación en el caso del GPS, se basa en determinar la distancia de cada satélite respecto al punto de medición. Conocidas las distancias, se determina fácilmente la propia posición relativa con respecto a los tres satélites. Conociendo además las coordenadas o posición de cada uno de ellos por la señal que emiten, se obtienen las posiciones absolutas o coordenadas reales del punto de medición.

Es importante resaltar que existen algunas variables que pudiesen aumentar el margen de error al utilizar un GPS, estas se deben tener en cuenta. Algunos ejemplos de estas variables son:

- ✓ Retraso de la señal en la ionosfera y troposfera.
- ✓ Señal multiruta, producida por el rebote de la señal en edificios y montañas cercanos.

- ✓ Errores de orbitales, donde los datos de la órbita del satélite no son completamente precisos.
- ✓ Número de satélites visibles.
- ✓ Geometría de los satélites visibles.
- ✓ Errores locales en el reloj del GPS.
- ✓ El mal clima.

Un sistema GPS está compuesto por tres segmentos funcionales:

- Segmento del espacio (todos los satélites operativos)
- Segmento de control (todas las estaciones de tierra envueltas en el monitoreo del sistema)
- Segmento de usuarios (civiles y militares)

El segmento del espacio de un sistema GPS consiste de satélites operacionales orbitando la Tierra en seis diferentes planos orbitales (de cuatro a cinco satélites por plano). Todos estos están inclinados 55 grados hacia el Ecuador.

El segmento de control consiste de una estación maestra de control ubicada en Colorado. Las tareas más importantes de este segmento son:

- Observar el movimiento de los satélites y calcular la data orbital
- Monitorear el reloj de los satélites y predecir su comportamiento
- Sincronizar el tiempo de los satélites

Por último tenemos el segmento del usuario, que no es más que todos aquellos usuarios del sistema GPS. Hacen uso de receptores, los cuales determinan la posición del usuario.

Existen ciertos conceptos que se manejan dentro de los dispositivos GPS que explican de cierta manera algunas características de los receptores GPS. A continuación encontramos una descripción breve de estos:

Time-To-First-Fix (TTFF): es una especificación que detalla el tiempo necesario para un receptor GPS en adquirir señales de satélite, datos de navegación y calcular una posición (conocida como solución).

Precise Positioning Service (PPS): es un servicio de posicionamiento que puede obtener posiciones tiempo real con un margen de error de 10 metros horizontales.

Selective Availability (SA): esto es la capacidad de los GPS de introducir intencionalmente, cambios pequeños aleatorios de error hasta de 100 metros con la finalidad de confundir las señales públicas. Un ejemplo podría ser la de un misil. [UBL-U08]

RIA

La importancia creciente que se le ha venido dando a las RIAs (Aplicaciones RIA), es dada gracias a que estas aplicaciones Web ofrecen una experiencia rica en términos de presentación y capacidad de mostrar la información, de una manera tal que mejora

la satisfacción de los usuarios finales al mismo tiempo que aumenta considerablemente la productividad.

Haciendo uso del gran alcance de Internet, las RIAs pueden ser mostradas a través de los browsers o inclusive en las computadoras como una aplicación Desktop. Todo esto es posible mediante el uso de software desarrollado por empresas proveedores de este tipo de tecnologías, donde la más famosamente conocida es Adobe.

DGPS

El GPS Diferencial (DGPS – Differential GPS, por su acrónimo en inglés), es un sistema que proporciona a los receptores de GPS correcciones de los datos recibidos por satélites GPS, con el fin de proporcionar una mayor precisión en la posición calculada.

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

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

errores producidos por el sistema dentro del área de cobertura de transmisión de señales del equipo GPS de referencia.

En resumen, la estructura DGPS quedaría de la siguiente manera:

- **Estación monitorizada (referencia),** que conoce su posición con una precisión muy alta, esta estación está compuesta por:
  - Un receptor GPS.
  - Un microprocesador, para calcular los errores del sistema GPS y para generar la estructura del mensaje que se envía a los receptores.
  - Transmisor, para establecer un enlace de datos unidireccional hacia los receptores de los usuarios finales.
- **Equipo de usuario,** compuesto por un receptor DGPS (GPS + receptor del enlace de datos desde la estación monitorizada).

En los mensajes que se envían a los receptores próximos se pueden incluir dos tipos de correcciones:

- Una corrección directamente aplicada a la posición. Esto tiene el problema de que tanto el usuario como la estación monitora deberán emplear los mismos satélites, pues las correcciones se basan en esos mismos satélites.
- Una corrección aplicada a las pseudo distancias de cada uno de los satélites visibles. En este caso el usuario podrá hacer la corrección con los cuatro (4) satélites de mejor relación señal-ruido. Esta corrección es más flexible.

Con el DGPS se pueden corregir en parte los errores debido a:

- Disponibilidad selectiva (degradación intencionada de la señal GPS con el fin de evitar la excesiva precisión de los receptores GPS comerciales modernos).
- Propagación por la ionosfera – troposfera.
- Errores en la posición del satélite.
- Errores producidos por problemas en el reloj del satélite.

Para que las correcciones DGPS sean válidas, el receptor tiene que estar relativamente cerca de alguna estación DGPS; generalmente, a menos de 1.000 Km. La precisión lograda puede ser de unos dos metros en latitud y longitud, y unos 3 m en altitud. [WIK-S08]

J2ME

Es una tecnología que contiene un JRE (Java Runtime Enviroment, por su acrónimo en inglés) altamente optimizado, especialmente desarrollado para el mercado de gran consumo, abarca una amplia gama de aparatos de tamaño muy reducido y permite ejecutar programas de seguridad, conectividad y utilidades en tarjetas inteligentes, buscapersonas, sintonizadores de TV, etc. [SUN-M01].

APÉNDICE B. TECNOLOGÍAS UTILIZADAS

DISPOSITIVO GPS UTILIZADO

La Figura 6 hace referencia al Kit de Evaluación EVK-5H.

Figura 6. Kit de evaluación EVK-5H.
Fuente. [UBL-U08]

Este Kit esta compuesto por:

Unidad compacta EVK-5H: dispositivo compuesto por el módulo GPS LEA-5H (receptor). Posee también una interfaz serial (puerto USB), a través del cual se carga el bloque y además envía la data geográfica (Latitud y Longitud).

Cable USB: a través de este se carga la unidad EVK-5H y transmite la data.

Antena GPS: ayuda a la obtención de datos más precisos.

CD-ROM: contiene todo lo necesario para la instalación del Kit.

A continuación se explicará las características de este kit de evaluación.

El Kit de evaluación (EVK-5H) posee una interfaz USB que sirve tanto para cargar el dispositivo y transmitir velozmente los datos leídos por el chip. Las características relevantes son las siguientes:

- ✓ Fácil de usar
- ✓ Visualización amigable para el usuario
- ✓ 1 puerto USB, 1 puerto UART
- ✓ Abastecimiento de poder y transferencia de datos a través del *puerto USB (compatible con USB 2.0)*

El diagrama de la unidad EVK-5H es el siguiente:

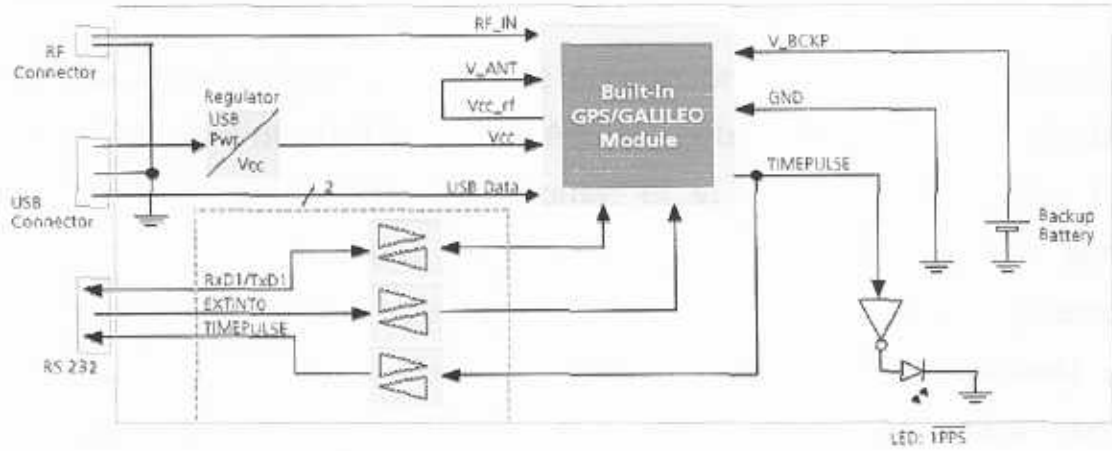

Figura 7. Diagrama de bloque de EVK-5H.
Fuente. [UBL-U08]

En base a las partes que componen el Kit de evaluación EVK-5H, haremos mención del módulo GPS que se encuentra dentro de la

unidad, el cual se aprecia en la Figura 7 y tiene por nombre LEA-5H.

El LEA-5H es un módulo receptor GPS/GALILEO de alto desempeño. Posee una tecnología conocida como KickStart y SuperSense, que básicamente ayudan a encontrar señales débiles y/o señales cuando se esta bajo techo.

Adicionalmente, posee un motor de posicionamiento de 50 canales que hace posible que el Time-To-First-Fix (Ver Apéndice A) sea menor que un (1) segundo. Este motor dedicado es capaz de búsquedas paralelas masivas de tiempo/frecuencia del espacio. [UBL-U08]

LIBRERÍA CHAERON

Es una librería Open Source que proporciona una interfaz Java de alto nivel para dispositivos GPS. Actualmente es capaz de ser usada en diferentes periféricos tales como: PC's, Laptops, PDA's, etc. El modelo de Chaeron fue creado para manejar eventos que son simples de usar (en lo que se refiere a todo lo relativo con el puerto serial I/O y el parseo de paquetes para diferentes protocolos) y resume los eventos/valores que son devueltos para ser independientes del dispositivo GPS y el protocolo usado (hasta ahora la especificación NMEA-0183 y protocolos Garmin).

Entre los eventos que puede manejar la Librería Chaeron, tenemos:

- ✓ Sentencia NMEA: muestra la última sentencia NMEA recibida.
- ✓ Posición: datos geográficos tales como altitud, longitud y latitud.
- ✓ Direccionamiento (Heading): punto cardinal al cual se dirige el dispositivo GPS.
- ✓ Data desconocida: cuando recibe información no útil.
- ✓ Satélites activos: número de satélites disponibles. [CHA-E06]

JAVA COMMUNICATIONS API

Java Communications API es una extensión Java que facilita el desarrollo de aplicaciones de comunicación independiente de la plataforma para tecnologías como Smart Cards, sistemas embebidos (Embedded Systems), dispositivos de puntos de venta, dispositivos de servicios financieros, fax, módems, terminales de visualización, etc.

Java Communications API (también conocido como javax.comm) proporciona a las aplicaciones acceso a hardware RS-232 (puertos seriales) y acceso limitado a IEEE-1284 (puertos paralelos). [SUN-J06]

GOOGLE MAPS API

Google Maps es un API de JavaScript que te permite insertar Google Maps en páginas Web propias. El API proporciona un sin

número de utilidades para manipular mapas y añadir contenido al mapa a través de una variedad de servicios, permitiendo así crear aplicaciones robustas de mapas en una página Web propia.

Google Maps está conformado por diferentes tipos de mapas que son: Mapa, Satélite y Relieve. Cada uno de estos son diferentes visualmente, siendo Mapa el más ampliamente utilizado por su simplicidad y capacidad de mostrar de buena manera todas las vías de comunicación terrestre del Globo Terráqueo. Un punto importante a considerar, es que Google Maps está en continuo desarrollo, siendo las áreas de Estados Unidos la que se encuentra considerablemente avanzada en lo que refiere a las calles, avenidas, autopistas, etc. mientras que países como Venezuela todavía no están totalmente actualizados. [GOO-G98]

ADOBE FLEX 3

La idea de crear una aplicación RIA llevo a la búsqueda de un Software capaz de desarrollar este tipo de aplicaciones de forma atractiva. Adobe Flex 3 fue entonces el software seleccionado para el desarrollo e integración del bloque funcional de Visualización desarrollado por la compañía Adobe.

Flex es un marco de trabajo gratuito de código abierto para crear aplicaciones Web expresivas y muy interactivas que se implantan coherentemente en los principales exploradores y sistemas operativos. Ofrece un lenguaje basado en estándares moderno y un modelo de programación que admite los patrones de diseño

habituales. MXML, un lenguaje declarativo basado en XML, se utiliza para describir el aspecto y comportamiento de la interfaz de usuario, y ActionScript 3, un potente lenguaje de programación orientado a objetos, se utiliza para crear la lógica de clientes. Asimismo, Flex incorpora una biblioteca de componentes muy completa con más de cien componentes de interfaz de usuario extensibles y de eficacia demostrada para crear RIA.

Las aplicaciones de Internet sofisticadas creadas con Flex pueden ejecutarse en el explorador utilizando el software Adobe Flash® Player o en el escritorio utilizando Adobe AIR™. Esto permite que las aplicaciones de Flex se ejecuten de un modo coherente en todos los exploradores importantes y en múltiples sistemas operativos del escritorio. Y mediante Adobe AIR, el tiempo de ejecución en múltiples sistemas operativos, ahora las aplicaciones de Flex pueden acceder a los datos locales y a los recursos de sistema del escritorio. [ADO-A08]

BLAZEDS

Es un servidor basado en "Java Web Remoting" y tecnología de mensajería que permite conectar fácilmente un *back-end* de datos distribuidos, además de empujar los datos en tiempo real a aplicaciones realizadas en Adobe Flex o Adobe AIR para así hacer más sensible la experiencia con las RIA.

Entre las prestaciones más importantes de BlazeDS podemos encontrar las siguientes:

- ✓ Fácil conexión entre aplicaciones desarrolladas en Flex y servidores desarrollados con lógica JAVA.
- ✓ Alto rendimiento en la transferencia de datos para aplicaciones más sensibles.
- ✓ Servidor que permite empujar datos en tiempo real sobre estándar HTTP.
- ✓ Código libre. [ADO-L08]

JBOSS

Es un servidor de aplicaciones J2EE de código libre realizado completamente en JAVA. JBoss permite la implementación de todos los paquetes de servicios de J2EE. Puede ser implementado en cualquier sistema operativo que soporte JAVA.

Las principales características de JBoss son las siguientes:

- ✓ Producto de licencia de código abierto.
- ✓ Cumple estándares.
- ✓ Incrustable, orientado a arquitectura de servicios.
- ✓ Soporte completo de J2EE 1.4 (EJB, JCA, JSP, JMX, HTTP, etc.). [JBO-J08]

APÉNDICE C. COORDENADAS GEOGRÁFICAS

Uno de los métodos más antiguos de localización de un punto situado sobre la esfera terrestre esta basado en el Sistema de Coordenadas Geográficas.

La Tierra representada (aproximadamente) por una esfera, se cubre mediante un sistema de círculos máximos que pasan por los polos de la tierra. Estos círculos se llaman MERIDIANOS.

A partir de la línea que representa el Ecuador, la cual también es un círculo máximo, se trazan círculos menores hacia el Polo Norte y hacia el Polo Sur, dando origen a los PARALELOS.

En relación con la red geográfica que forman los paralelos y meridianos se definen las **coordenadas geográficas** que permiten ubicar con precisión la ubicación de un punto cualquiera de la superficie terrestre. Estas dos coordenadas se miden como la distancia desde el punto en cuestión hasta las líneas de base del sistema y reciben el nombre de:

- ✓ Latitud: su línea de base es el Ecuador.
- ✓ Longitud: su línea de base es el Meridiano de Greenwich.

Estas coordenadas se expresan en grados sexagesimales:

- ✓ Para los **paralelos**, sabiendo que la circunferencia que corresponde al Ecuador mide 40.076 Km, 1º equivale a 113,3 km.

- ✓ Para los **meridianos**, sabiendo que junto con sus correspondientes antimeridianos se forman circunferencias de 40.007 km de longitud, 1º equivale a 111,11 km.

Latitud

La latitud es la distancia que existe entre un punto cualquiera y el Ecuador, medida sobre el meridiano que pasa por dicho punto.

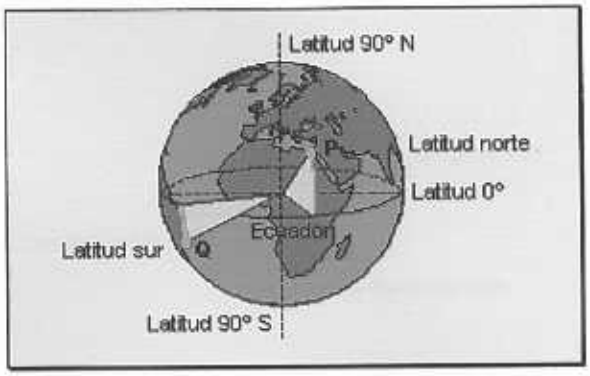

Figura 8. Latitud.
Fuente. [COR-C04].

- ✓ Se expresa en grados sexagesimales.
- ✓ Todos los puntos ubicados sobre el mismo paralelo tienen la misma latitud.
- ✓ Aquellos que se encuentran al norte del Ecuador reciben la denominación Norte (N).
- ✓ Aquellos que se encuentran al sur del Ecuador reciben la denominación Sur (S).
- ✓ Se mide de 0º a 90º.
- ✓ Al Ecuador le corresponde la latitud de 0º.

- ✓ Los polos Norte y Sur tienen latitud 90º N y 90º S respectivamente.

Longitud

La longitud es la distancia que existe entre un punto cualquiera y el Meridiano de Greenwich, medida sobre el paralelo que pasa por dicho punto.

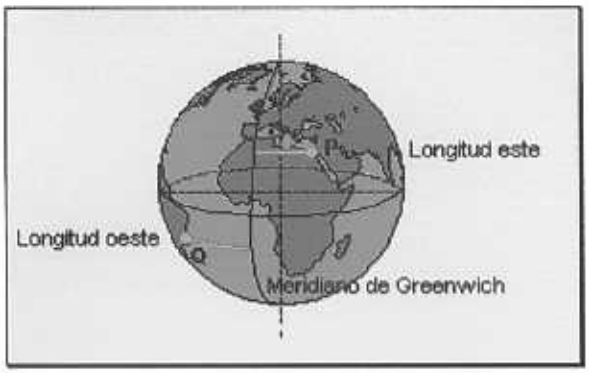

Figura 9. Longitud.
Fuente. [COR-C04].

- ✓ Se expresa en grados sexagesimales.
- ✓ Todos los puntos ubicados sobre el mismo meridiano tienen la misma longitud.
- ✓ Aquellos que se encuentran al oriente del meridiano de Greenwich reciben la denominación Este (E).
- ✓ Aquellos que se encuentran al occidente del meridiano de Greenwich reciben la denominación Oeste (O).
- ✓ Se mide de 0º a 180º.
- ✓ Al meridiano de Greenwich le corresponde la longitud de 0º.

- ✓ El antimeridiano correspondiente está ubicado a 180º.
- ✓ Los polos Norte y Sur no tienen longitud. [COR-C04]