



Universidad de las Ciencias Informáticas

Facultad 6

Título: Sistema de Información Geográfica para el control de flotas.



Trabajo de Diploma para optar por el Título de Ingeniero en Ciencias Informáticas.

Autores:

Yarisel Pérez Fraga.

Pedro Enrique Palau Isaac.

Tutor: Ing. Jesse Daniel Cano.

La Habana, Junio 2011
“Año 53 de la Revolución”

*“La verdadera grandeza de la ciencia acaba
valorándose por su utilidad”*

Gregorio Marañón.

Declaración de autoría

Declaramos ser autores del presente trabajo de diploma titulado “*Sistema de Información Geográfica para el control de flotas*” y autorizamos a la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) a hacer uso del mismo en su beneficio.

Para que así conste firmamos la presente a los ____ días del mes de _____ del año_____.

Yarisel Pérez Fraga
Autora

Pedro Enrique Palau Isaac
Autor

Ing. Jeseé Daniel Cano Otero
Tutor

Datos de contacto

Tutor: Ing. Jesse Daniel Cano Otero.

Formación Académica: Ingeniero en Ciencias Informáticas (Julio/2008).

Centro Laboral: Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI).

Correo Electrónico: jdcano@uci.cu

Dedicatoria

A mi abuela, por todo su amor.

A mis padres Odalys y Carlos por siempre confiar en mí y porque éste también es su sueño.

Yarisel.

A mis padres por toda la educación que me han dado y por todo el esfuerzo para que estuviera aquí hoy regalándoles este día.

Pedro.

Agradecimientos

Quiero agradecer a todas aquellas personas que formaron parte de este sueño que hoy se hace realidad.

A mi abuela que siempre cuidó de mí y hoy agradezco todo su amor y entrega.

A mis padres Odalys y Carlos por ser lo más grande que tengo, mi razón de ser, mi ejemplo a seguir y apoyarme en todo lo que me he propuesto hacer, los amo muchísimo.

A mis hermanas Yaby y Yany que son mis tesoros, por quererme tanto.

A Elsa y Pedro quienes también son mis padres, por siempre poder contar con ellos apoyarme en todo y no tener reparos en quererme como una hija.

A toda mi familia, mis abuelos, tíos, primos por ser tan maravillosos y especiales.

A Rayner por devolver la luz a mi mirada y la alegría a mi vida, por apoyarme, estar a mi lado y quererme mucho más de lo que me toca.

A mis amistades de la universidad que compartieron conmigo estos cinco años, por todos los momentos que pasamos juntos y que nunca voy a olvidar.

A Pedro por ser un compañero de tesis sin igual, por confiar siempre en mí.

A todos los profesores que me ayudaron y me orientaron a lo largo de la carrera y en especial durante la tesis.

A Jesse mi tutor por apoyarnos en todo.

A los miembros del tribunal y el oponente por encaminarnos con sus consejos oportunos.

Yarisel

A mamá por saber entenderme en todo momento y depositar su confianza en mí, por ser lo más grande que tengo en la vida y lo que más quiero.

A papá por enseñarme cada día a ser mejor con su ejemplo, por su fuerza, por su amor y por cuidar a mamá.

A mi familia, por ser grande no solo en tamaño sino también en corazón y que ha sido siempre una escuela en la que he aprendido y soy querido.

A mis amistades, gracias a ellos siento que tengo en quien confiar, a quien pedir y ofrecer ayuda, gracias a ellos, siento que tengo hoy, muchos hermanos.

A mi compañera de tesis, por haber tenido paciencia conmigo, por haber sido clave para que este trabajo se realizara y por la confianza que depositó en mí.

A mi tutor, al tribunal, al oponente, que lograron de mí un mejor profesional.

A los que han compartido conmigo todos estos años de estudio, a los que me dieron su consejo, a los que me brindaron su apoyo, a los que me criticaron y a los que no. De todos ustedes, siempre aprendí algo.

Pedro

Resumen

Como resultado del avance de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) han surgido numerosas herramientas informáticas aplicables en los más disímiles ámbitos, siendo la gestión de la información espacial uno de los más importantes. Dentro de esta área los Sistemas de Información Geográfica (SIG) facilitan la gestión, el modelado y análisis de la información referenciada geográficamente, para resolver problemas complejos de planificación, gestión, y contribuir a la toma de decisiones. Es por ello que en la actualidad muchas empresas optan por herramientas como los SIG con el objetivo de optimizar sus procesos más complejos, como por ejemplo su puesta en práctica para el proceso de control y gestión de flotas de vehículos, que abre nuevos horizontes al tratamiento de la información resultante de éste.

En el presente trabajo se exponen los resultados de todo el proceso de investigación, y se realiza el modelado para la implementación de un SIG para el control de flotas de vehículos, con el objetivo de mejorar el manejo de la información y resultado de los análisis provenientes de este proceso, orientado a los especialistas en transporte de cualquier entidad del país. Finalmente se realizan las pruebas al sistema y se plasman algunas recomendaciones con el objetivo de perfeccionar y facilitar la continuidad del trabajo. De la explotación de la futura herramienta se derivan ventajas importantes como una mayor eficiencia en el proceso de control de flotas en las empresas con la reducción de posibles errores producto de la actividad humana.

Palabras claves: Control de flotas, Sistema de Información Geográfica.

Abstract

As result of the advance of Information and Communications Technology (ICT) had risen numerous informatics tools applicable in the most diverse areas, being the spatial information management one of the most important. Within this area the Geographic Information Systems (GIS) provide the management, modeling and analysis of geographically referenced information, to solve complex problems of planning and management, and contribute to decision-making. That is why nowadays many companies use tools such as GIS in order to develop their more complex processes such as the implementation for control process and management of vehicle fleets that opens new horizons for the treatment of information resulting from this process.

With this work are expose the results of the whole research process, and performed the modeling for the implementation of a GIS for the control of vehicle fleets in order to improve the management of information and analysis results from this process, aimed to specialists in transportation of any entity in the country. Finally the system is tested and are expressed some recommendations with the objective of improve and facilitate the continuity of the work. From the operation of the future tool are derived important advantages such as greater efficiency in the process of fleet management in the company by reducing possible errors resulted of human activity.

Key words: Fleets control, Geographic Information System.

Índice

Introducción	1
Capítulo 1: “Fundamentación Teórica del Sistema de Información Geográfica para el control de flotas”	6
1.1 Introducción	6
1.2 Conceptos asociados al dominio del problema	6
Datos Espaciales	6
Información Geográfica	7
Geomática.....	7
Sistema de Información Geográfica	7
Sistema de Posicionamiento Global	9
Control	9
Flota.....	10
Control de Flota.....	10
1.3 Objeto de Estudio	11
Descripción General.....	11
Descripción actual del dominio del problema	13
1.4 Análisis de soluciones existentes.....	14
1.5 Conclusiones parciales	21
Capítulo 2: “Tendencias y tecnologías actuales a utilizar en el Sistema de Información Geográfica para el control de flotas”	22
2.1 Introducción	22
2.2 Metodologías de Desarrollo de Software	22
Rational Unified Process (RUP)	23
Programación Extrema (XP).....	24
Fundamentación de la metodología seleccionada.....	25
2.3 Lenguaje Unificado de Modelado (UML v2.0)	26
2.4 Sistema Gestor de Base de Datos	27
MySQL.....	28
PostgreSQL v8.4.....	28
Fundamentación del gestor seleccionado	30
2.5 Lenguaje de desarrollo Web	30
Java	30
PHP	31
Fundamentación del lenguaje seleccionado.....	32
2.6 Servidor de mapas MapServer v5.2.1	32
2.7 Servidor de aplicaciones Apache v2.2.10	33
2.8 Framework OpenLayers v1.9.....	33
2.9 Librería para el tratamiento de la interfaz de usuario ExtJS	34
2.10 Herramientas propuestas para el desarrollo de la aplicación.....	34
Visual Paradigm v6.4	34
Zend Studio for Eclipse v6.0.....	35
PgAdmin III	36
2.11 Conclusiones parciales	36
Capítulo 3: “Presentación de la solución propuesta para el Sistema de Información Geográfica para el control de flotas”	37

3.1	Introducción	37
3.2	Modelo de dominio	37
3.3	Especificación de los requisitos	40
	Requisitos funcionales	40
	Requisitos no funcionales	42
	Requisitos legales, de derecho de autor y otros	45
3.4	Descripción del sistema	45
	Descripción general de los actores del sistema	45
	Diagrama de casos de uso del sistema	46
	Descripción textual de los principales casos de uso del sistema	47
3.5	Conclusiones parciales	50
Capítulo 4: “Construcción de la Solución Propuesta para el Sistema de Información Geográfica para el control de flotas”		51
4.1	Introducción	51
4.2	Patrón arquitectónico Modelo Vista Controlador	51
4.3	Modelo del diseño.....	52
	Diagrama de clases del diseño	53
4.4	Modelo de Datos.....	55
	Diagrama de clases persistentes.....	55
	Diagrama entidad - relación.	56
4.5	Diagrama de Componentes	56
4.6	Modelo de Despliegue	57
4.7	Pruebas del sistema propuesto.....	58
	Pruebas de Caja Negra.....	59
4.8	Conclusiones parciales	63
Conclusiones		64
Recomendaciones		65
Trabajos citados		66
Bibliografía.....		68
Glosario de términos.....		69

Índice de Figuras

Figura 1: Arquitectura de Micronav Localización GPS Vehículos.[10]	15
Figura 2: Arquitectura de OODISMAL.[12]	17
Figura 3: Arquitectura de MovilWeb.[13]	19
Figura 4: Diagrama del esfuerzo de actividades según la etapa del proyecto.[14]	24
Figura 5: Modelo de dominio.....	39
Figura 6: Diagrama de casos de uso del sistema.....	46
Figura 7: Diagrama de clases del diseño del caso de uso Representar trayectoria.....	53
Figura 8: Diagrama de clases del diseño del caso de uso Mostrar Información de trayectoria.....	54
Figura 9: Diagrama de clases persistentes del sistema.....	55
Figura 10: Diagrama entidad – relación del sistema.....	56
Figura 11: Diagrama de componentes del sistema.....	57
Figura 12: Diagrama de despliegue del sistema.....	58

Índice de Tablas

Tabla 1: Descripción de los actores del sistema.....	46
Tabla 2: Descripción textual del caso de uso Representar trayectoria.....	49
Tabla 3: Descripción textual del caso de uso Mostrar información de trayectoria.....	50

Introducción

A partir del uso difundido de ordenadores cada vez más potentes y las redes de comunicación, el tratamiento digital de la información ha llegado a cada uno de los rincones del planeta, aplicándose en todas las esferas de la sociedad. Esto se ve condicionado por el desarrollo vertiginoso que están sufriendo las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) en las sociedades actuales.

Las TIC son el conjunto de tecnologías desarrolladas para gestionar la información, facilitando la interconexión entre las personas e instituciones a nivel mundial, y eliminando barreras espaciales y temporales, permitiendo a la humanidad avanzar en la ciencia y la técnica hacia la sociedad de la información y el conocimiento. Este notable avance de las TIC ha incitado a la creación de nuevas herramientas en los más diversos ámbitos, provocando la necesidad de manejar cada vez mayor cantidad de información. Uno de los campos más importantes en este sentido son los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Los SIG han evolucionado desde su surgimiento hasta la fecha, dependientes del propio desarrollo de las TIC, convirtiéndose en una poderosa herramienta multipropósito con aplicaciones en numerosas áreas del conocimiento. En la actualidad estos sistemas juegan un papel fundamental en la transferencia de la información del mundo real a modelos, y son usados para almacenar y manipular datos relacionados estrechamente con la posición geográfica de los objetos. Concretamente se puede indicar que un SIG es un sistema de información diseñado para trabajar con datos referenciados geográficamente mediante coordenadas espaciales, permitiendo analizar y visualizar mediante la representación gráfica la relación entre mapas y datos. Las características distintivas que posee un SIG respecto a otros sistemas para tratamiento de información geográfica, son las operaciones de análisis de datos espaciales.

Es aquí, en relación con los datos, donde se hace necesaria la presencia del Sistema de Posicionamiento Global (Global Positioning System, GPS), un sistema global de navegación por satélite que permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto, una persona, un vehículo o una nave, con elevada precisión.

Es importante mencionar que el uso de GPS asegura una alta exactitud al trabajar con fuentes de datos directas y en tiempo real. Esta característica de los dispositivos GPS, hace de ellos una eficaz herramienta para introducir datos referenciados geográficamente en los SIG, teniéndose en cuenta en los últimos tiempos como una de las principales fuentes para este propósito.

La combinación de estos dos desarrollos tecnológicos, GPS y SIG, se está convirtiendo en una poderosa y nueva herramienta aplicable en diversas esferas de la sociedad. Su puesta en práctica en el proceso de control y gestión de flotas de vehículos está teniendo un fuerte crecimiento, abriendo nuevos horizontes al tratamiento de la información generada en este proceso.

Nuestro país, se encuentra inmerso en un proceso de transformaciones desde el punto de vista tecnológico, dirigidas a lograr la informatización de la sociedad en que vivimos. La mayoría de las empresas existentes en el país, tienen como recurso al menos un vehículo como medio de transporte para disímiles fines. En la totalidad de los casos, se hace necesario tener control de la posición de los mismos, así como su situación exacta, los recorridos que ya ha completado y los que aún faltan, entre otros aspectos. Esto puede ser posible mediante la puesta en práctica de un proceso de control y localización de vehículos por parte de las instituciones, que le permita conocer éstos y otros parámetros acerca del comportamiento de la flota.

El proceso de control de flotas en la actualidad se ve afectado negativamente por la forma en que se maneja la información resultante, la cual no garantiza la total integridad de los datos. Este proceso se realiza de forma manual, lo que lo convierte en un proceso engorroso que supone un mayor esfuerzo por parte de las personas encargadas de realizarlo, además de comportarse como gran consumidor de recursos en horas-hombres. Igualmente la empresa no tiene forma de garantizar el seguimiento total del recorrido de los vehículos, éstos al encontrarse fuera de la entidad, no es posible determinar si están cumpliendo el recorrido asignado y no se conoce su ubicación. Las rutas y los cronogramas de viajes pueden llegar como cumplidos cuando en realidad no se hayan realizado a cabalidad. El desempeño de la flota depende solamente de la vigilancia humana y por ende está propenso a errores y falsificaciones por parte, ya sea de los choferes en su itinerario o de las personas encargadas de analizar su cumplimiento. En situaciones en las que las flotas realizan un número significativo de viajes se genera un gran cúmulo

de información, que puede llegar a la empresa en ocasiones con días de retraso y no existe el método por el cual asegurar que sea auténtica.

Esta documentación es muy complicada de manejar y analizar por los técnicos encargados de realizarlo, pues deben dedicarse a ratificar las hojas de rutas entregadas por los choferes, con la planificación y los controles de parqueo así como tener en cuenta que el consumo de combustible por recorrido sea real. Los resultados de estos análisis estarían propensos a errores humanos como por ejemplo desviaciones en los parámetros que se tienen que medir, introduciéndose en buena medida errores imposibles de detectar en esta etapa del procesamiento de la información que generarían resultados de análisis sobre bases incorrectas.

Además, en la situación en que pueda ser detectado algún uso inapropiado de estos recursos, existe la posibilidad de que la rectificación sea lenta o demasiado tardía y resulte costoso a la empresa y al país en general. Es por ello que se hace necesaria la existencia de un mecanismo para automatizar todo este proceso de control de flotas, que logre un manejo adecuado de la información resultante, analizando las rutas y trayectorias recorridas por cada vehículo y minimizando los errores que pueden atentar en contra de la calidad de los resultados.

A partir de las deficiencias planteadas y para dar solución a la necesidad existente, se plantea el siguiente **problema científico**: ¿Cómo disminuir los errores en la gestión de la información resultante del proceso de control de flotas?

Siendo identificado como **objeto de estudio**: El proceso de control de flotas.

Dentro de dicho objeto de estudio se enmarca el **campo de acción**: La automatización del proceso de control de flotas.

Por lo antes expuesto se define como **objetivo general** del trabajo, desarrollar un SIG que permita disminuir los errores en la gestión de la información resultante del proceso de control de flotas.

Planteándose como **idea a defender** que si se desarrolla un SIG para el control de flotas disminuirán los errores en la gestión de la información resultante de dicho proceso.

Para resolver el problema planteado se proponen las siguientes **tareas de la investigación**:

- ✚ Elaborar la fundamentación teórica de la investigación.
- ✚ Caracterizar el proceso de control de flotas.
- ✚ Caracterizar las tecnologías sobre las que se desarrollará el Sistema de Información Geográfica para el control de flotas.
- ✚ Elaborar el análisis y diseño del Sistema de Información Geográfica para el control de flotas.
- ✚ Implementar un Sistema de Información Geográfica para el control de flotas.
- ✚ Validar que la solución construida cumpla con los requisitos propuestos mediante el uso de técnicas para este fin.

Para llevar a cabo esta investigación se han utilizados los siguientes métodos científicos:

Dentro de los métodos teóricos:

Histórico-Lógico: Se utiliza en la investigación realizada sobre los antecedentes de los sistemas de información geográfica para el control de flotas, posibilitando el análisis de la trayectoria de estos sistemas para una mejor comprensión de los mismos.

Analítico-Sintético: Para el estudio y análisis de los elementos relacionados con el proceso de control de flotas, y posteriormente sintetizar y exponer los resultados obtenidos.

Modelación: Se utiliza para representar por medio de diagramas el proceso de control de flotas, teniendo como resultado un mejor entendimiento de la posible solución a implementar.

Dentro de los métodos empíricos:

Observación: Se utiliza para visualizar el proceso de control de flotas, cómo ocurre y sus posibles soluciones.

Revisión de documentos: Se revisarán documentos de la ingeniería del software, relacionados con las herramientas y tecnologías existentes y otros que pudieran aportar información sobre el tema a tratar.

Entrevistas: Se realizarán para recopilar la información necesaria sobre el proceso de control de flotas. Para ello se efectuarán entrevistas no estructuradas o abiertas, previendo un tema en específico, pero no un cuestionario rígido, aplicadas a un especialista en transporte.

Se espera como posible **resultado** de esta investigación el diseño e implementación de un Sistema de Información Geográfica para el control de flotas, logrando un manejo y gestión de la información de forma eficiente.

Estructuración del contenido

Capítulo 1: “Fundamentación teórica del Sistema de Información Geográfica para el control de flotas”. Se desarrolla la fundamentación teórica, donde se explican los conceptos asociados al dominio del problema, se plantean los elementos teóricos que sustentan el problema científico, y se hace alusión al estado del arte del tema planteado.

Capítulo 2: “Tendencias y tecnologías actuales a utilizar en el Sistema de Información Geográfica para el control de flotas”. Se caracterizan, seleccionan y fundamentan las herramientas y tendencias tecnológicas que darán soporte a la solución propuesta.

Capítulo 3: “Presentación de la solución propuesta para el Sistema de Información Geográfica para el control de flotas”. En este capítulo se realiza el modelado del negocio a través del modelo de dominio. Se realiza la descripción de la aplicación que se propone, así como de los requisitos funcionales y no funcionales que debe cumplir; los casos de uso del sistema y sus respectivas descripciones.

Capítulo 4: “Construcción de la Solución Propuesta para el Sistema de Información Geográfica para el control de flotas”. En este capítulo se elabora la solución propuesta evidenciándose las funcionalidades del sistema de información geográfica para el control de flotas, finalizando el capítulo con los diseños de casos de pruebas que validen la implementación realizada.

Capítulo 1: “Fundamentación Teórica del Sistema de Información Geográfica para el control de flotas”

1.1 *Introducción*

En este capítulo serán abordados conceptos y definiciones relacionados al dominio del problema, los cuales brindarán un mejor entendimiento de la investigación y de los temas relacionados con el objeto de estudio. Además se argumentará el análisis de soluciones existentes en torno al objeto de estudio y campo de acción que servirán de base al sistema que se desea realizar.

1.2 *Conceptos asociados al dominio del problema*

Sobre la base de que el lector pueda tener un mayor entendimiento y comprensión de los temas que serán tratados durante la investigación y que están directamente relacionados con el objeto de estudio, se describen a continuación un grupo de conceptos asociados al dominio del problema.

Datos Espaciales

Un dato espacial es una variable asociada a una localización del espacio, las formas de un objeto geográfico y las relaciones entre ellos, comúnmente con coordenadas y topología.[1]

Los datos espaciales son el componente fundamental de cada proyecto o aplicación SIG. Presentan la información en representaciones subjetivas a través de mapas y símbolos, que representan la geografía como formas geométricas, a los cuales se les asignan sus respectivos atributos que los definen y describen.

Cumplen con los siguientes principios básicos:[2]

- ✚ Tienen posición absoluta: sobre un sistema de coordenadas (x, y, z).
- ✚ Tienen una posición relativa: frente a otros elementos del paisaje (topología: incluido, adyacente, cruzado, etc.)
- ✚ Tienen una figura geométrica que las representan (punto, línea, polígono).
- ✚ Tienen atributos que lo describen (características del elemento o fenómeno).

Información Geográfica

Se denomina información geográfica a aquellos datos espaciales referenciados geográficamente requeridos como parte de las operaciones científicas, administrativas o legales.[3]

Estos datos pueden tener una posición implícita o explícita, siempre llevando asociados información alfanumérica. Se estima que el 80 % de los datos corporativos existentes en todo el mundo poseen esta componente geográfica.

Geomática

La Geomática es un área de conocimiento que surge a partir del desarrollo de tecnología aplicada a la Geografía, comprende un campo de actividades donde se integran de manera sistemática procesos, técnicas y acciones para adquirir, almacenar y procesar datos geográficamente referenciados, para usos diversos con soporte tecnológico.[4]

La Geomática abarca una amplia gama de tecnologías que se pueden conjuntar en un sistema común de referencia espacial para crear una imagen detallada, pero comprensible del mundo material y del lugar que se ocupa en el mismo. Siendo estas:[4]

- ✚ Tecnologías de Determinación de Posición Global.
- ✚ Tecnología de Telesensores.
- ✚ Tecnologías de Cartografía Digital y Levantamiento Catastral.
- ✚ Tecnología de Sistemas de Información Geográfica.

La referencia espacial de dichos datos contempla fuentes satelitales, del sistema de posicionamiento global (GPS), sensores aéreos (fotogrametría) y técnicas tradicionales de medición y descripción de terrenos. El tratamiento de los datos geográficos queda cubierto por el desarrollo de la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica, involucrando aspectos de hardware y software con aplicaciones que son tan diversas y variadas como los mismos usuarios.

Sistema de Información Geográfica

Los Sistemas de Información Geográfica forman parte del ámbito más extenso de los Sistemas de Información, siendo capaces de integrar, almacenar, editar, analizar, compartir y mostrar la información

geográficamente referenciada. Una definición más completa y aceptada podría estar dirigida a pensar en un SIG como un sistema de hardware, software y un conjunto de procedimientos diseñados con el objetivo de facilitar la obtención, manipulación, gestión, modelado, análisis, representación y salida de información referenciada geográficamente, para resolver problemas complejos de planificación y gestión, y contribuir a la toma de decisiones, dando además una perspectiva totalmente nueva y dinámica de la información.[5]

Con los SIG se hace fácil la gestión de la información espacial, que es almacenada en una base de datos geográfica, combinando tanto información geométrica (de localización y forma) como información temática. Cada tema estará representado por una capa que contendrá la información geográfica de los objetos espaciales junto con la tabla de información asociada a la misma. Posteriormente se pueden almacenar estas capas independientemente, lo que permite utilizarlas de forma rápida y sencilla.

Los componentes principales de los SIG que garantizan su funcionamiento son:[5]

Hardware: Los dispositivos donde se va a operar el SIG. Además los periféricos opcionales que poseen los ordenadores personales de hoy, que tienen su utilidad principalmente en la entrada y salida de los datos. Uno de los más importantes para este fin son los GPS.

Software: Los programas o paquetes que componen los SIG, que contienen las funciones y las herramientas que se requieren para generar, almacenar, analizar y desplegar información geográfica.

Datos geográficos: Están compuestos por todo lo que nos rodea geográficamente. Tienen vital importancia dentro de los componentes SIG y van a depender de ellos los resultados que se puedan obtener.

Recursos humanos: Considerados un componente primordial en los SIG, son las personas encargadas de trabajar con la información apoyadas del hardware, software y los datos geográficos.

Métodos: Son las estructuras organizadas que permiten concebir un plan bien diseñado de acuerdo con las reglas de las empresas y modelos de las actividades propias de cada organización.

Los SIG son de gran ayuda en el estudio de la distribución y monitoreo de recursos, de todo tipo, tanto naturales como humanos, además contribuyen en la evaluación del impacto de las actividades humanas sobre el medio ambiente, y así de esta forma brindar toda la información disponible. Son fundamentales en muchas actividades en las que es necesario el manejo de grandes masas de información geográficamente referenciada.[6]

Sistema de Posicionamiento Global

Desarrollado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, el Sistema de Posicionamiento Global (GPS, por sus siglas en inglés), es un Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS) el cual permite determinar en todo el mundo la posición de una persona, un vehículo o una nave con una precisión de entre cuatro y quince metros. El GPS funciona mediante una red de 32 satélites (28 operativos y 4 de respaldo) en órbita sobre el globo, a 20.200 km, con trayectorias sincronizadas para cubrir toda la superficie de la Tierra. Si se desea determinar la posición, el receptor que se utiliza para ello localiza automáticamente como mínimo tres satélites de la red, de los que recibe unas señales indicando la identificación y la hora del reloj de cada uno de ellos.[7]

Los GPS aseguran, una alta precisión al trabajar con fuentes de datos directas pues la generación de los datos tiene lugar grabando la posición sobre la entidad fundamental más disponible, la misma Tierra. Esto resulta ser mucho más ventajoso que utilizar un mapa o una fotografía de una parte de la tierra, creada a partir de procesos que quizás incluyan transformaciones. Por tanto se pueden definir los GPS como una digitalización directa sobre la superficie terrestre.[8]

Probablemente la forma más eficiente y precisa de usar un GPS sería para desarrollar una base de datos y recoger los datos espaciales y los datos de atributos a la vez. Algunos receptores GPS permiten este tipo de recogida de datos, y estos datos a su vez pueden ser la entrada de información de atributos a un SIG. El uso en conjunto de estos dos desarrollos tecnológicos en la sociedad actual se está convirtiendo en una poderosa solución informática aplicable a una cantidad notable de esferas de la sociedad acarreado agilidad y rapidez en la gestión de información.

Control

Según el diccionario de la Real Academia de Lengua Española la palabra control en una de sus acepciones significa: comprobación, inspección, fiscalización, intervención. También puede definirse control como un mecanismo que permite corregir desviaciones a través de indicadores cualitativos y cuantitativos dentro de un contexto social amplio, a fin de lograr el cumplimiento de los objetivos claves para el éxito organizacional, entendiéndose no como un proceso netamente técnico de seguimiento, sino

también como un proceso informal donde se evalúan factores culturales, organizativos, humanos y grupales.[9]

En términos generales el control debe verse como una función administrativa, ya que forma parte primordial de este proceso, además permite constatar si determinada actividad, proceso o sistema seleccionado alcanza los resultados que se esperan. Aunque una empresa cuente con magníficos planes, una estructura organizacional adecuada y una dirección eficiente, sin un mecanismo que se cerciore si los hechos van de acuerdo con los objetivos, no se podrá verificar cual es la situación real de esta organización. Es por esto que el control siempre va a existir para verificar el logro de los objetivos propuestos en la planeación, así como detectar las diferencias que se presentan entre lo planeado y lo ejecutado, siendo su objetivo principal prever y corregir errores.

Los pasos o etapas por lo que debe estar formado todo control son:

- ✚ Establecimiento de los medios de control.
- ✚ Operaciones de recolección de datos.
- ✚ Interpretación y valoración de los resultados.
- ✚ Utilización de estos resultados.

Flota

Una flota es un grupo de vehículos, de importancia numérica muy variable y que pueden ser terrestres, marítimos o aéreos. Cuando los vehículos comparten unas mismas características se dice que la flota es homogénea, y si son diferentes son clasificados como flota heterogénea. [9]

Control de Flota

A partir de los conceptos previamente vistos se puede llegar a la conclusión de que el control de flota es el mecanismo que permite verificar y constatar el comportamiento de una determinada flota de vehículos de acuerdo a indicadores como la ubicación de estos, la velocidad, rutas y trayectorias recorridas. Se realiza con el fin de lograr los objetivos propuestos en la planificación de estos recursos, poder detectar cualquier desvío de los patrones normales establecidos previamente y corregir estas desviaciones en el proceder de las flotas.

1.3 Objeto de Estudio

Descripción General

Como ya se ha mencionado el control de flotas es el encargado de detectar cualquier desvío de los patrones establecidos para el comportamiento de una flota de vehículos, posibilitando la regulación de estos recursos tan valiosos para el país. A través de este proceso se trabaja para minimizar o eliminar los riesgos asociados a la utilización desfavorable de estos recursos y se trata de mejorar su eficiencia y productividad cumpliendo con las normativas legales.

Como todo proceso de control está compuesto por fases o pasos que permiten a la administración mantener un funcionamiento de las flotas asociadas a la empresa conveniente y estable. Estas fases son:

- ✚ Planificación de rutas.
- ✚ Gestión de información.
- ✚ Análisis de la información.
- ✚ Toma de decisiones.

Como parte del proceso de control de flotas, todas las entidades, órganos y organismos estatales deben tener asociados diversos indicadores comunes que van a facilitar su cumplimiento. La mayoría de estos son utilizados durante las fases de planificación, gestión y análisis de la información.

Se debe confeccionar un registro de vehículos donde se incluyen los datos de todos los vehículos, el cual se incrementa cada vez que la empresa adquiere un vehículo y posteriormente puede ser actualizado en caso de ocurrir alguna variación significativa con estos. Además existe la hoja de ruta, que no es más que un modelo impreso que siempre va a estar con el chofer hasta el momento que llegue al final del mismo y se le haga necesario ir a la entidad por otro modelo. La hoja de ruta es de suma importancia ya que mediante esta se obtienen los kilómetros recorridos del vehículo a través del odómetro de éste, por la diferencia del inicio y al final del plazo fijado. Cada hoja de ruta consta con un número de serie diferente y en ella se reflejan otros datos relacionados con el vehículo. Al mismo tiempo, en la entidad llevan el control de la situación que presentan las hojas de rutas al ser entregadas por el chofer a las personas encargadas de procesarlas. Existe también un modelo llamado autorizo de parqueo que va a permitir conocer la dirección exacta donde el vehículo va a estar parqueado, del mismo modo se puede conocer a qué entidad pertenece, quién lo autoriza y diferentes datos del chofer y del vehículo.

Indistintamente de estos modelos, es importante además controlar parámetros comunes de los vehículos para su mejor control y aprovechamiento como son los kilómetros recorridos, que se obtienen del odómetro del vehículo por la diferencia reflejada en la hoja de ruta al inicio y al final de un plazo determinado fijado. De igual forma es necesario conocer los litros de combustible consumidos, que se obtienen de la información de combustible servido al vehículo, agregando el que tiene en el depósito al inicio del plazo y descontando el que mantiene en el depósito al final del período. El coeficiente de disponibilidad técnica promedio es otro indicador muy importante que es necesario tener en cuenta a la hora de controlar una flota de vehículos. Se obtiene por la relación de la sumatoria de los vehículos en buen estado técnico entre la sumatoria de los vehículos existentes en la entidad. Este coeficiente va a reflejar la aptitud de la flota para su utilización hacia la fecha en que se realice el cálculo, constituyendo un factor determinante a la hora de realizar la planificación de las rutas de los vehículos.

En la fase de planificación de las rutas es donde se van a definir las trayectorias a cumplir por los vehículos, para garantizar que exista una organización y un itinerario a seguir. Esta fase se realiza de forma diferente en cada entidad, dependiendo de la organización a la que pertenezca la flota, según las necesidades económicas, comerciales o sociales que debe atender. Se deben tener en cuenta el resultado del indicador coeficiente de disponibilidad técnica para obtener una planificación acorde a los recursos de la entidad.

Como parte primordial del proceso de control de flota se encuentra la fase siguiente a la planificación, la gestión de la información, que no es más que la recogida de los datos a través de los diferentes mecanismos creados para este fin. Ejemplo de estos mecanismos son las hojas de rutas que gestionan los conductores de los vehículos, así como los controles de parqueo realizados mediante el autorizo de parqueo.

El análisis de la información es otra de las fases importantes en el control de la flota y constituye el tratamiento dado a todo el cúmulo de información resultante de la fase anterior. Esta información es almacenada con el fin de ser analizada, donde según la planificación y los objetivos trazados se investigan y consideran las diferentes actuaciones de la flota. Durante esta fase se evalúan los indicadores de kilómetros recorridos y litros de combustible consumidos, pudiendo conocer y analizar el recorrido realizado por los vehículos de la flota en busca de evaluar su desempeño.

Dependiendo del resultado del análisis de la información, se pone en práctica la última fase de este proceso de control de flotas correspondiente a la toma de decisiones por parte de la administración. Durante esta fase si son detectadas irregularidades en cuanto al cumplimiento de lo planeado se procede a tomar las medidas pertinentes contra los implicados por parte de la dirección.

Descripción actual del dominio del problema

En la actualidad, la mayoría de las empresas y organizaciones del país cuentan con un determinado número de vehículos dentro de los recursos que explotan. Según el procedimiento estándar, los directivos de una base de transporte u otra entidad controlan sus vehículos mientras estos se encuentran en los límites de esta, una vez que pasan a circulación quedan fuera de su jurisdicción.

La gran mayoría de estas empresas proceden a realizar el control de estos recursos de forma manual. En el ejemplo propio de la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), según el subdirector de operaciones en transporte el compañero Joel Rodríguez González, en la universidad la Dirección de Transporte cuenta con un parque de ómnibus que son los encargados de la transportación del personal obrero en los diferentes horarios del día, además de la transportación asociada a actividades extensionistas, políticas y culturales planificadas por las distintas organizaciones. La planificación de las rutas se realizó a nivel de universidad con los principales directivos y según las necesidades existentes, quedando aprobadas un total de 37 rutas que logran satisfacer la demanda. La planificación de los viajes se realiza mediante la creación de un plan de trabajo diario, que se debe poner en práctica al día siguiente, según las necesidades de transportación de obreros así como las actividades de otra índole concebidas. La forma que se tiene actualmente de recoger el cumplimiento de esta planificación es a través de las hojas de ruta que administran los choferes de los ómnibus, a la par de los controles de parqueo realizados en la universidad y el control de la Policía Nacional Revolucionaria (PNR) e inspectores de tráfico que puedan intervenir en el proceso.

Toda esta información pasa a ser analizada por un técnico especialista en transporte que es la persona encargada de realizar todo el análisis de las hojas de ruta y los controles de parqueo sobre la base de los planes diarios realizados. En caso de encontrarse incumplimientos con las rutas previstas y los planes de trabajo se procede a tomar las medidas pertinentes con los implicados. Estas medidas son determinadas

por el consejo de dirección y van desde suspensión de la estimulación hasta la separación del centro en dependencia del grado de violación.

1.4 *Análisis de soluciones existentes*

El desarrollo de este epígrafe está centrado en el análisis de diferentes soluciones que pueden existir hoy a nivel internacional y nacional, vinculadas directamente al tema de los Sistemas de Información Geográfica para el control de flotas de vehículos. El objetivo de este análisis está dirigido a determinar cuáles de estos sistemas pudieran contribuir y servir de apoyo para el planteamiento de la solución a la cual se desea arribar al culminar esta investigación.

La necesidad de optimizar los costes de los servicios y el incremento de la competencia en el sector del transporte ha inducido a muchas empresas internacionales a interesarse por estos sistemas de seguimiento y control de flotas. Ejemplo de ello lo constituye la empresa española **Micronav**, creada en el 2004, que trabaja a solicitud de pequeñas y medianas empresas y su misión es disponer de soluciones tecnológicas estándares que permitan gestionar y controlar eficientemente los recursos de los que disponen estos clientes.

Dentro de las soluciones que ofrece está **Micronav Localización GPS Vehículos**, un sistema de software y hardware para el control y gestión de flotas mediante las tecnologías GPS e Internet. (Ver Figura 1)

Micronav Localización GPS Vehículos dispone de diversos paquetes de servicios, desarrollados para adaptarse de forma flexible a los requisitos del cliente y garantizar así el máximo aprovechamiento de los recursos. Esta solución está especialmente diseñada para empresas instaladoras, de reparto y de alquiler de vehículos o maquinarias.

Las principales funcionalidades que brinda para el servicio de control de flotas son:

-  Controlar su flota en tiempo real dentro del territorio nacional.
-  Descargar informes completos de la actividad de toda la flota o por vehículo.
-  Gestionar puntos de paso (número limitado de puntos) y supervisar el cumplimiento de rutas.
-  Visualizar la información cartográfica mediante Google Earth.



Figura 1: Arquitectura de Micronav Localización GPS Vehículos.[10]

El cliente pagará sólo por aquellos paquetes de servicios que quiere disfrutar, ya sea supervisión en tiempo real de su flota y el acceso a informes concisos pero completos con toda la información relevante relativa a cada uno de sus vehículos.

Otra de las soluciones con las que se cuenta en el plano internacional para el control de flotas de vehículos es la lanzada por la compañía mexicana **GlobalSat**, con más de 10 años de experiencia en la integración de tecnologías satelitales y líder en servicios avanzados de telecomunicación satelital. Es la creadora de **Localización de flotas GlobalSat**, sistema para el control de flotas y la localización de vehículos.

Con la aplicación **Localización de flotas GlobalSat** y el hardware que lo acompaña, se puede ver sobre un mapa por pantalla donde se encuentra en todo momento la flota de vehículos que se necesita controlar, además dónde han parado y cuánto tiempo han dedicado a cada parada. El programa nos permite comprobar de un vistazo el cumplimiento de la ruta prevista, para cualquier día y cualquier vehículo, ayudando al control de flotas.

Este sistema de localización es compatible con los navegadores GPS actuales e implementa el módulo de localización automática de vehículos con dispositivo de telefonía móvil, que además de encargarse de la transmisión de las posiciones y velocidad permite el registro de accionamiento de interruptores, grúas, cierre de puertas y botón de pánico. La información con que trabaja es almacenada para cualquier control y consulta futura. Al mismo tiempo este sistema puede brindar funcionalidades adicionales para el control

de flotas de vehículos especializados, como la comunicación por voz y el registro y transmisión de señales analógicas a digitales como la lectura de frío y la transmisión del nivel de gasolina.

Algunas características con las que cuenta la aplicación son:

- ✚ Seguimiento de vehículos automático y en tiempo real. La precisión de la localización de los vehículos es de 10 metros, y las posiciones se registran cada 8 segundos.
- ✚ La cartografía de la aplicación de control de flotas admite diversos niveles de zoom, y puede ser incorporada a medida.

Además de estas funciones para el control de flotas, el sistema dispone de otras funciones orientadas a la seguridad y antirrobo del vehículo. Para ello dispone de un tipo de alarma de movimiento con la que el sistema avisará por mail o sms, si el vehículo se ha movido los días y horas que se hayan establecido.[11]

Otra de las soluciones que se pueden mencionar es la creada por el grupo de Sistemas de Información Avanzados (IAAA) con sede en el Centro Politécnico Superior de la Universidad de Zaragoza, un grupo de I+D integrado por ingenieros y profesores adscritos al Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas de esta universidad. Este equipo de trabajo ha creado el sistema de información distribuido orientado a objeto para el seguimiento y control de flotas **OODISMAL** (Object Oriented Distributed Information System for Automatic Movil Location). Este sistema proporciona los componentes básicos para integrar las comunicaciones de radio, los datos GPS adquiridos en tiempo real y su análisis con SIG.

OODISMAL es un sistema de información integrado por un conjunto de componentes distribuidos sobre una red de área local (Ver figura 2). Éste se guía por los principios de sistemas abiertos en base a una arquitectura distribuida cliente/servidor utilizando las nuevas tecnologías de desarrollo de software orientado a objeto. Esta tecnología distribuida posibilita el desarrollo de aplicaciones ligeras proporcionando grandes posibilidades de escalamiento del sistema para ajustarlo a las peculiaridades del cliente.

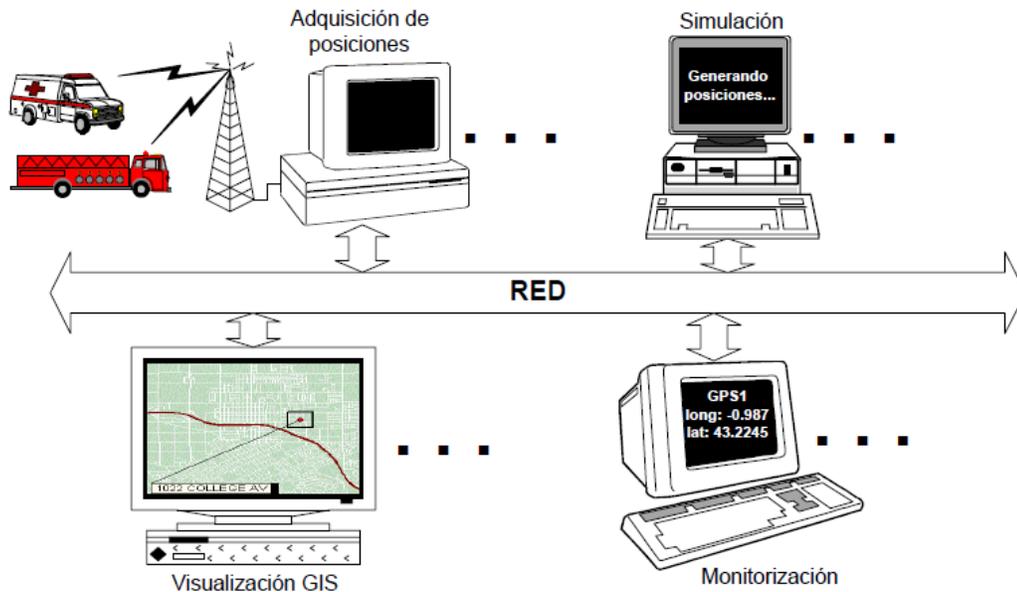


Figura 2: Arquitectura de OODISMAL.[12]

Esta aplicación está organizada sobre la base de diversos módulos que posibilitan la recopilación de parámetros reales del funcionamiento de la flota, ofreciendo información en tiempo real y permitiendo el control de incidencias.

El módulo de Servicios está constituido por las utilidades básicas tanto para el funcionamiento en tiempo real como el basado en datos almacenados. Estas funcionalidades son:[12]

- ✚ Adquisición de datos de los móviles a través de enlaces de comunicación.
- ✚ Utilidades para mejoras de precisión y de ajuste a rutas, análisis de rutas relacionados con distancias, tiempos, velocidades y posiciones, además de la correlación entre rutas reales y previstas.
- ✚ Interfaz gráfica de usuario para el acceso a los datos y visualización de datos en mapas digitales que pueden realizarse por Internet.

Otro de los módulos con que cuenta **OODISMAL** es el módulo de aplicaciones de usuario, que constituyen soluciones integradoras con objetivos más especializados según el cliente. Además cuenta con un módulo de visualización SIG basado en MapObjects, que no es más que un conjunto de componentes de mapeo y SIG para desarrolladores de aplicaciones sobre Windows. Este módulo de visualización de información

geográfica es utilizado para mostrar la posición de los móviles en mapas, y fue realizado utilizando desde C++ las librerías de objetos proporcionadas por MapObjects.[12]

Cuba no está exenta al desarrollo de aplicaciones de gestión para el manejo de la información espacial y geográfica acerca de los recursos móviles de las empresas. Inspirada en la afirmación del Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz de que el ahorro constituye una importante fuente de ingresos para el país, y siendo el transporte en todas sus modalidades un gran consumidor de combustible, recurso cada vez más escaso que se ha estado derrochando, y en el marco de la revolución energética fue necesario crear una herramienta que frenara dicha situación.

Esto ha sido el motivo de la creación de **MovilWeb**, una aplicación para el control de flota basada en la Infraestructura de Datos Espaciales de la República de Cuba (IDERC). Es una aplicación de Localización Automática de Vehículos (AVL, Automatic Vehicle Location), basada en Web, diseñada para controlar diferentes flotas de vehículos dentro de una arquitectura cliente/servidor, y sobre cartografía vectorial y raster.

Los antecedentes de esta aplicación están sustentados sobre la base de la IDERC que cuenta con un conjunto de datos y servicios de procesamiento geográfico basado en las especificaciones del Consorcio OpenGIS con vistas a garantizar la interoperabilidad de los sistemas.

MovilWeb presenta una arquitectura orientada a servicios, donde se produce la integración y encadenado de varios servicios de procesamiento y datos geoespaciales distribuidos sobre la web. En este esquema se obtienen los datos de posicionamiento de los móviles ya sea en tiempo real o diferido a través de la web hacia el servidor central de AVL donde residen las bases de datos centralizadas y la aplicación **MovilWeb**. Dicha aplicación interactúa con los servicios que recuperaran la información de posicionamiento de las bases de datos y los servicios disponibles en la IDERC para generar los diferentes mapas temáticos, resultado de combinar los datos y los mapas. (Ver Figura 3).

Esta aplicación web fue desarrollada en ASP¹ y se ejecuta sobre IIS². Utiliza como plataforma de base de datos SQL Server 2000 y los servicios Web geoespaciales disponibles en la IDERC, están desarrollados utilizando Borland Delphi 7.

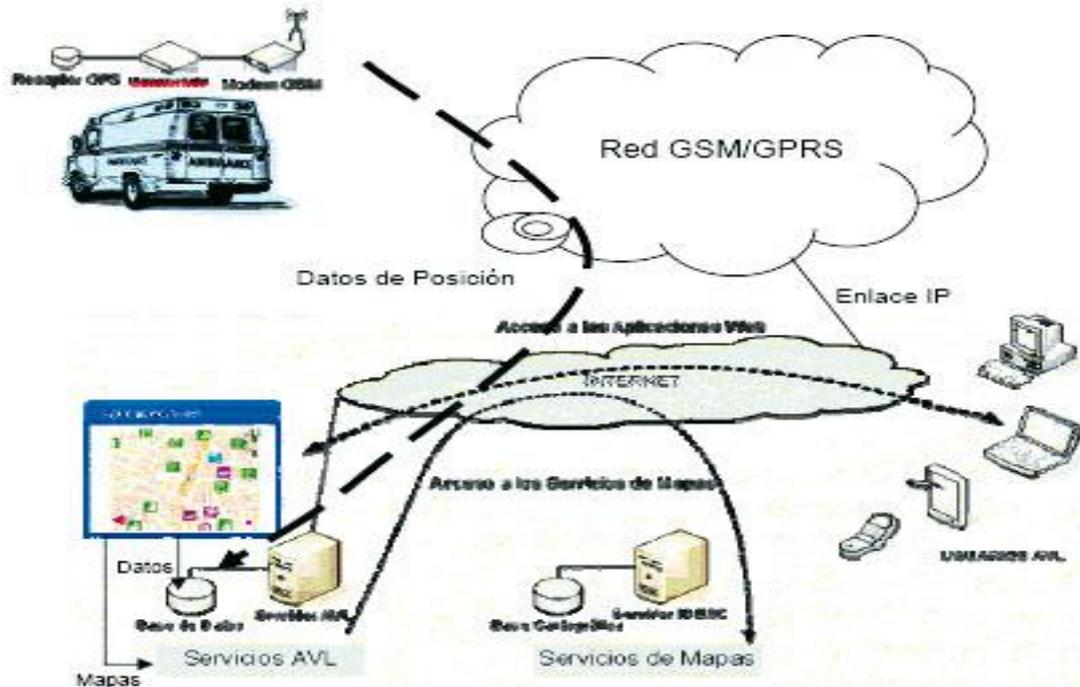


Figura 3: Arquitectura de MovilWeb.[13]

Entre las facilidades o utilidades del sistema se encuentran:[13]

- ✚ Seguimiento on-line a móviles de forma individual.
- ✚ Registro off-line del comportamiento de la flota mediante tarjetas de memoria.
- ✚ Auditoría visual posterior de todo lo que hicieron los móviles y almacenamiento de la información histórica.
- ✚ Puntos y zonas de interés como capas en la base de datos.
- ✚ Consultas y reportes sobre distancia de los recorridos y consumo de combustible, velocidad, detenciones autorizadas y sospechosas.
- ✚ Posibilidad de análisis temático utilizando la cartografía a través de mapas de recorrido, velocidad y detenciones.

¹ Active Server Pages es una tecnología de Microsoft del lado del servidor para páginas web generadas dinámicamente.

² Internet Information Services es un servidor web y un conjunto de servicios para el sistema operativo Microsoft Windows.

Para el registro off-line del comportamiento de la flota los datos obtenidos del computador de abordaje deben ser almacenados en un dispositivo de almacenamiento extraíble. Estos datos deben ser procesados y luego enviados desde la base de transporte a la base de datos centralizada.

Existen cuatro perfiles para agrupar a los usuarios del sistema: superadministrador, administrador, analista y supervisor. En dependencia del perfil al que pertenecen los usuarios pueden acceder a cuatro módulos:[13]

- ✚ Auditoría: análisis posterior de toda la información recogida de los móviles y almacenada en la base de datos histórica.
- ✚ Supervisión: agrupa las opciones para el monitoreo de los móviles en modo on-line.
- ✚ Actualización: permite definir para cada grupo los puntos y zonas de interés, así como las rutas e itinerarios de sus móviles.
- ✚ Administración: garantiza la administración de las bases de datos del sistema. Estas incluyen: Organizaciones, Entidades, Grupos, Móviles, Usuarios, Perfiles.

Contar con las bases de datos y la aplicación de forma centralizada facilita los procesos de actualización y mantenimiento. La provisión de la cartografía a partir de los servicios web de la IDERC también garantiza que los usuarios de **MovilWeb** se beneficien de las actualizaciones centralizadas de la cartografía.

Durante la aplicación de la solución Informática para el control de flotas de vehículos en Cuba **MovilWeb** arrojó buenos resultados lográndose la reducción de hasta un 30% del combustible asignado a los vehículos por los medios tradicionales.[13]

La investigación de estos sistemas puestos en el mercado por diversas empresas, arrojó que brindan una solución eficiente al manejo de la información espacial y geográfica para el control de flotas de vehículos. No obstante a ello entre las principales desventajas de su uso se encuentra; en primer lugar, que son software propietario y por lo tanto no comparten su diseño ni su código, como en el caso de las soluciones de producción extranjera analizadas. Tanto Localización de Flotas GlobalSat, como Micronav Localización GPS Vehículos y OODISMAL son aplicaciones que demandan la autorización de sus propietarios para su explotación a través de licencia, teniendo en contra el costo de adquisición que esto implica, un lujo que no se puede dar el país. Además de que no se le podrían agregar otras funcionalidades que sean necesarias pues no se tendría acceso a su diseño y código fuente.

Por todos es conocida la necesidad del país de migrar al software libre por ser un recurso verdaderamente valioso, fácilmente accesible y disponible pues su uso es gratuito y sin restricciones. Las herramientas sobre las que fue desarrollada la solución cubana MovilWeb son herramientas privativas, que exigen pago, tanto para su adquisición como para la licencia de su uso. Una razón en aumento para poner empeño a la tarea de producir nuestro propio sistema de información geográfico para el control de flotas de vehículos y crear una herramienta basada en tecnologías libres capaz de disminuir los errores en la gestión de la información resultante del proceso de control de flotas.

1.5 Conclusiones parciales

En este capítulo se han profundizado una serie de conceptos relacionados con el dominio del problema, que ayudarán a la comprensión del presente trabajo. Se realizó además una descripción exhaustiva del objeto de estudio, haciendo alusión a sus particularidades más importantes, demostrando que la ejecución manual de este proceso puede ser compleja y difícil de manejar. Conjuntamente se puede afirmar que las soluciones existentes para el control de flotas no cumplen con la política de migración de software libre aunque podrían contribuir al aporte de elementos a tener en cuenta a la hora de impulsar el desarrollo del sistema, quedando demostrado de esta manera la necesidad de crear un Sistema de Información Geográfica para el control de flotas que permita realizar un manejo eficiente de la información resultante de este proceso.

Capítulo 2: “Tendencias y tecnologías actuales a utilizar en el Sistema de Información Geográfica para el control de flotas”

2.1 Introducción

En el presente capítulo se fundamentan las tecnologías y herramientas a utilizar para la construcción del Sistema de Información Geográfica para el control de flotas. Este grupo de tecnologías lo conforman la metodología para guiar el proceso de desarrollo del sistema, el lenguaje de modelado encargado de proporcionar el entendimiento del proceso a través de diagramas, y la herramienta CASE que soporte dicho modelado. Además se definirá el gestor de base de datos a utilizar, el lenguaje de programación así como las principales librerías y el entorno de desarrollo en que estará soportado el sistema que se propone en el trabajo.

2.2 Metodologías de Desarrollo de Software

En la actualidad no es posible desarrollar una aplicación informática eficiente sin que el equipo de trabajo esté orientado por una metodología de desarrollo de software. Estas imponen un proceso disciplinado que tiene como principal objetivo aumentar la calidad del software que se produce en cada una de sus fases de desarrollo. Existen muchas propuestas metodológicas que inciden en el proceso de desarrollo de software y está en manos del equipo de desarrollo seleccionar una adecuada que posibilite obtener los resultados óptimos.[14]

Se debe tener en cuenta para ello que existen metodologías de desarrollo de software pesadas o tradicionales y las metodologías ágiles. Las metodologías tradicionales se caracterizan por centrarse en la definición detalladas de los procesos y tareas a realizar, además generan una extensa documentación y están orientadas a proyectos grandes y más complejos respecto en tiempo y recursos. Dentro de esta clasificación se encuentra Rational Unified Process (RUP). Por otro lado, las metodologías de desarrollo ágiles proveen una mayor adaptación al cambio y requieren bajos niveles de formalización en la documentación solicitada. Estas metodologías ágiles se ajustan a equipos de desarrollo pequeños con plazos reducidos para la entrega del producto y una de las más utilizadas es Programación Extrema (Extreme Programming, XP).

Rational Unified Process (RUP)

Proceso Unificado de Desarrollo (Rational Unified Process, RUP) es una de las metodologías pesadas más conocidas y utilizadas. Esta metodología proporciona un enfoque disciplinado para la asignación de tareas y responsabilidades dentro de una organización de desarrollo de software y tiene como objetivo garantizar la producción de software de alta calidad, que cumpla con las necesidades del usuario, en tiempo y dentro del presupuesto aprobado.

El proceso de desarrollo de software se establece a través de nueve flujos de trabajo organizados en cuatro fases de desarrollo. Los flujos de trabajo que define son: Modelado del Negocio, Levantamiento de Requisitos, Análisis y Diseño, Implementación, Prueba, Instalación, Gestión de Proyecto, Gestión de Configuración y Cambios y Ambiente. Del mismo modo se delimitan cuatro fases de desarrollo que definen su ciclo de vida y son:[15]

- ✚ Inicio: el objetivo es determinar la visión del proyecto y definir lo que se desea realizar.
- ✚ Elaboración: etapa en la que se determina la arquitectura óptima del proyecto.
- ✚ Construcción: se obtiene la capacidad operacional inicial.
- ✚ Transición: obtener el producto acabado y definido.

RUP puede ser visto desde dos dimensiones (Ver figura 4) donde horizontalmente se representa el tiempo y los aspectos dinámicos del proceso conforme se va desarrollando, expresado en fases, iteraciones e hitos. De otra forma, verticalmente representa lo estático del proceso, descrito en términos de componentes, disciplinas, actividades, flujos de trabajo, artefactos y roles.

Las características principales que definen a RUP y que hace que sea único son:[16]

Guiado por casos de uso: donde los casos de uso definen lo que el usuario desea a partir de la captura de requisitos y la modelación del negocio.

Centrado en la arquitectura: característica que brinda una visión completa del sistema, se describen los procesos del negocio que son más importantes, para comprenderlo, desarrollarlo y producirlo de una forma eficaz.

Iterativo e incremental: donde cada fase se desarrolla en iteraciones, de forma tal que se pueda dividir en pequeños proyectos mejorando su comprensión y desarrollo.

Dentro de las principales ventajas de usar la metodología RUP para el desarrollo de software se encuentra una gestión cuidadosa de requisitos, que permita verificar la calidad del sistema desde el principio y la mitigación temprana de posibles riesgos. Los conocimientos adquiridos en una iteración pueden aplicarse de iteración en iteración, donde en las primeras se abordan las cuestiones de alto riesgo y valor, denotando un progreso visible en las primeras etapas del desarrollo del software.

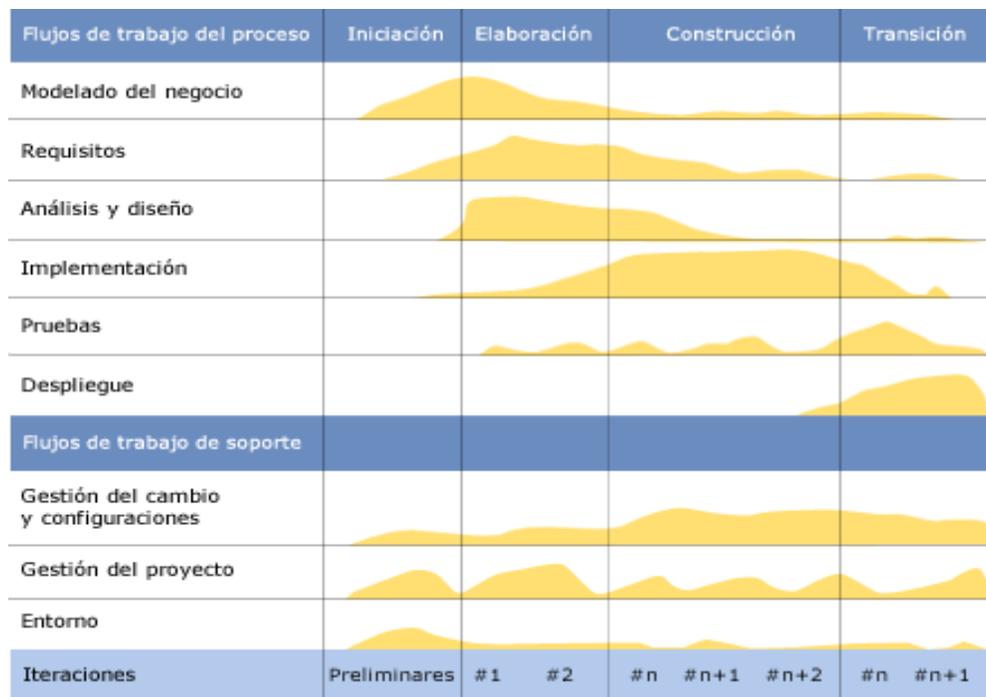


Figura 4: Diagrama del esfuerzo de actividades según la etapa del proyecto.[14]

Programación Extrema (XP)

XP es una metodología ágil, centrada en potenciar las relaciones interpersonales como clave para el éxito en el desarrollo de software, promoviendo el trabajo en equipo, preocupándose por el aprendizaje de los programadores y propiciando un buen clima de trabajo. Esta metodología se basa en la retroalimentación

continua entre el cliente y el equipo de desarrollo, comunicación fluida entre todos sus participantes, y en la simplicidad del trabajo desarrollado sin hacer mucho énfasis en la arquitectura.[17]

Las características fundamentales de esta metodología son:[17]

- ✚ Desarrollo iterativo e incremental: pequeñas mejoras al sistema, unas tras otras. Permite la corrección de todos los errores antes de añadir una nueva funcionalidad y hacer entregas frecuentes a los clientes.
- ✚ Frecuente interacción del equipo de programación con el cliente o usuario: es recomendable que un representante del cliente trabaje junto al equipo de desarrollo.
- ✚ Programación por parejas: supone mayor calidad del código escrito pues de esta manera el código es revisado y discutido mientras se escribe y propone la propiedad del código compartida al dividir la responsabilidad en el desarrollo de cada módulo.
- ✚ Refactorización del código: reescribir ciertas partes del código para aumentar su legibilidad y mantenibilidad pero sin modificar su comportamiento.
- ✚ Pruebas unitarias continuas: frecuentemente repetidas y automatizadas, incluyendo pruebas de regresión.
- ✚ Simplicidad en el código: la programación extrema apuesta que es más sencillo hacer algo simple y tener un poco de trabajo extra para cambiarlo si se requiere, que realizar algo complicado y quizás nunca utilizarlo.

Estas características hacen que XP sea apropiado para entornos volátiles, donde se necesite estar preparados para el cambio en los requisitos de último momento para reducir el coste que esto implicaría. Además supone una planificación más transparente para los clientes permitiéndoles conocer las fechas de entrega de las funcionalidades vitales y tener retroalimentación de los usuarios a medida que se van probando. Al ser iterativo e incremental, permitirá definir en cada iteración cuales son los objetivos de la siguiente, manteniendo la presión a lo largo de todo el proyecto y no en una entrega final.

Fundamentación de la metodología seleccionada

Como metodología de desarrollo de software para el desarrollo del Sistema de Información Geográfica para el control de flotas se ha seleccionado Rational Unified Process (RUP), por ser una metodología

robusta capaz de guiar el desarrollo del sistema con precisión, que contribuye a obtener un software fiable, de alta calidad y sin errores. Esta metodología propicia un enfoque de trabajo organizado, donde se controla y documenta todo lo relacionado con el desarrollo del software y pueden eliminarse los riesgos que podrían presentarse en el mismo, lo cual no pudiera lograrse sin el empleo de una metodología eficaz que se adapte a estas características. RUP se va a centrar en la definición detallada de los procesos y tareas a realizar con una gestión cuidadosa de requisitos, que es necesario realizar para el desarrollo del sistema que se propone, mientras que la metodología ágil XP es aplicable en entornos volátiles, donde los requisitos no se conocen con exactitud y están sujetos a variaciones frecuentes.

La constante retroalimentación con el cliente es otra desventaja de las metodologías ágiles por esta misma razón de los cambios durante el desarrollo, lo que hace que el cliente tenga participación activa en el desarrollo del sistema, mientras que en RUP no se hace necesaria la presencia de éste en todas las iteraciones, teniendo en cuenta además que aún no existe un cliente definido para el proyecto. El conocimiento adquirido en una iteración puede aplicarse de iteración a iteración, abordando las cuestiones de alto riesgo y valor en las primeras pudiendo verificarse continuamente la calidad desde el comienzo. Las metodologías ágiles como XP están más enfocadas hacia la generación de código y de entregables en programación que en la documentación que respalde el sistema, cuestión que es primordial si se utiliza la metodología RUP, lo cual sería más factible para el equipo de trabajo teniendo en cuenta que se necesita garantizar la continuidad del proyecto, siendo esta una ventaja aportada por RUP al sistema.

2.3 Lenguaje Unificado de Modelado (UML v2.0)

Uno de los lenguajes de modelado más utilizado en el mundo por las empresas productoras de software es el Lenguaje Unificado de Modelado o UML del inglés, respaldado por el OMG (Object Management Group) y definido como un lenguaje visual de modelado para visualizar, especificar, construir y documentar los artefactos de un sistema de software.[18]

UML es un lenguaje gráfico de modelado que usa conceptos de orientación por objetos, además tiene una sintaxis y una semántica bien definida, utilizado para todas las etapas de desarrollo de software. Estos elementos se agrupan en diagramas preestablecidos que corresponden a diferentes proyecciones del sistema, ya sean dinámicas o físicas.

UML permite que se represente de manera natural la estructura general del sistema y presenta como principales características las siguientes:[18]

- ✚ Es un lenguaje consolidado, fácil de aprender y permite la documentación de todo el ciclo de desarrollo del sistema.
- ✚ Puede ser usado en todas las etapas de desarrollo del sistema y su representación gráfica puede ser usada para comunicarse con los usuarios o entre el equipo de desarrollo.
- ✚ Se ha venido adoptando en diferentes medios empresariales y académicos como el lenguaje estándar para el análisis y diseño de los sistemas de software.

Dentro de las ventajas que proporciona usar este lenguaje de modelado para el desarrollo del Sistema de Información Geográfica para el control de flotas se puede considerar la especificación de la estructura y el comportamiento del sistema y poder comunicarlo a todos los integrantes del proyecto. No solo compete al equipo de desarrollo, cualquier otra persona debe ser capaz de entender en un lenguaje visual común el funcionamiento del sistema a través de los esquemas. Permite la documentación de todo el ciclo de desarrollo del sistema, con vista a facilitar el desarrollo de futuras versiones o mejoras. Además se puede hablar de mejora en el entendimiento de los riesgos del proyecto antes de construir el sistema, optimizando así mismo el tiempo total de desarrollo. Otra de las ventajas que podría proporcionar UML estaría basada en un aumento de la calidad del sistema y un mejor soporte al planeamiento y control del proyecto.

2.4 Sistema Gestor de Base de Datos

Un sistema gestor de base de datos (SGBD) está diseñado para gestionar grandes volúmenes de información de forma clara, sencilla y ordenada. Estos tienen como objetivo fundamental facilitar el acceso a los datos y contribuir a que los tiempos de respuesta a las solicitudes de los usuarios sean reducidos.[19] Existen diferentes gestores que en la actualidad son utilizados, como por ejemplo PostgreSQL, Oracle, MySQL, entre otros. De estos gestores de base de datos mencionados se hará énfasis sólo en los de código abierto pues Oracle, a pesar de ser considerado uno de los gestores de base de datos más completos destacando su estabilidad y escalabilidad es privativo.

MySQL

MySQL es uno de los SGBD más utilizados a nivel mundial, que permite un acceso seguro y fácil a los datos y está desarrollado bajo la filosofía de código abierto sobre los términos de la licencia GPL, siempre y cuando el producto que se vaya a desarrollar no sea de carácter comercial. Diseñado para entornos de producción con alta carga de trabajo, MySQL tiene como una de sus principales ventajas la velocidad de lectura de datos, la robustez y facilidad de uso. Dentro de sus características principales están la portabilidad entre sistemas, trabajando en distintas plataformas y sistemas operativos, aprovechando gracias a su implementación multihilo la potencia de sistemas multiprocesos. Es además un flexible sistema de contraseñas y gestión de usuarios, y soporta gran cantidad de tipos de datos para las columnas.

La base de datos MySQL da soporte a extensiones espaciales que permite la generación, almacenamiento y análisis de tablas con información espacial. Provee un conjunto de funciones para realizar operaciones de consulta y análisis sobre estos datos que se pueden dividir en funciones para conversión del formato de la geometría, funciones de la geometría, además de funciones para crear nuevas geometrías a partir de las existentes y otras para describir sus relaciones. Posee algunas limitaciones en cuanto a la indexación espacial, pues la mayoría de las tablas que presentan columnas espaciales no pueden ser indexadas.[20]

PostgreSQL v8.4

PostgreSQL es un SGBD objeto-relacional, orientado a objetos y multiplataforma dirigido por una comunidad de desarrolladores y organizaciones comerciales denominada PGDG (PostgreSQL Global Development Group). Se puede considerar el gestor de base de datos de código abierto más avanzado que se puede utilizar hoy en día. [21]

Dentro de las características principales que se pueden atribuir a este sistema se encuentra que ofrece soporte para el lenguaje SQL92\SQL3, integridad de transacciones y extensibilidad de tipos de datos. Además, sirve de soporte a los lenguajes de programación más populares como PHP, C, C++, Java, Python, entre otros. El número de base de datos que puede contener es ilimitada y posee gran escalabilidad y rendimiento bajo grandes cargas de trabajo. PostgreSQL puede aportar potencia y

flexibilidad con características como las restricciones (constraints), disparadores (triggers) y reglas (rules), del mismo modo al incorporar los conceptos de clase, herencia, tipos y funciones se alcanza extender fácilmente el sistema.

Dentro de los módulos con lo que cuenta se encuentra PostGIS, de gran utilidad a la hora de trabajar con bases de datos espaciales. Esta tipología de base de datos se diferencia por contener además información referente a la localización espacial de objetos geográficos, elementos que tienen forma y ubicación en el espacio.

PostGIS v1.5

PostGIS es el módulo espacial de PostgreSQL que permite la manipulación y almacenamiento de datos espaciales. Además, es capaz de implementar metadatos y funciones geométricas y topológicas para el trabajo con datos espaciales basados es el estándar del OpenGis Consortium. PostGIS es capaz de tratar grandes volúmenes de datos con escalabilidad y puede usarse, con adaptaciones, en cualquier plataforma. Es de código abierto, distribuido bajo la licencia GNU (General Public License).

Dentro de las características que lo hacen ser el sistema idóneo para trabajar con SIG se puede mencionar que utiliza las librerías Proj4 para dar soporte para reproyección dinámica de coordenadas, y la librería GEOS para realizar pruebas y operaciones de geometría. Asegura además la integridad de los datos y maximiza el rendimiento al realizar una representación reducida de la geometría. Soporta funciones básicas para el análisis espacial de objetos. Entre esas funciones se pueden encontrar: [22]

- ✚ Analizar si dos geometrías cuentan con un punto en común (Disjoint ()).
- ✚ Analizar si dos geometrías poseen alguna intersección (Intersects ()).
- ✚ Analizar si dos geometrías se cruzan (Crosses ()).
- ✚ Analizar si una geometría contiene a la otra (Contains ()).
- ✚ Mostrar una geometría en su representación textual (AsText ()).
- ✚ Devuelve la diferencia entre dos geometrías dadas (Difference ()).

Fundamentación del gestor seleccionado

Dentro de las soluciones open source que pueden manejar datos espaciales se encuentran PostgreSQL con PostGIS y MySQL. Se puede llegar a la conclusión de que PostGIS ha tenido mayor desarrollo y actualmente cuenta con mayores capacidades para la realización del Sistema de Información Geográfica para el control de flotas. Éste incluye la mayoría de las funciones necesarias para el tratamiento de los datos espaciales mientras que, MySQL aún teniendo soporte para este tipo de datos, sus funciones son muy limitadas. Además no cuenta con funciones de especificación como son Intersection y Buffering y su soporte para índices espaciales es únicamente para tablas MyISAM. PostgreSQL con PostGIS ofrece la mejor solución para un desarrollo con soporte para datos y funciones SIG, de gran interoperabilidad, libre y de alto rendimiento además de ofrecer garantía de integridad de los datos. Posee numerosas funciones de integración con MapServer, el servidor de mapas que se utilizará para el desarrollo del sistema y el equipo de desarrollo tiene experiencia en su utilización.

2.5 Lenguaje de desarrollo Web

Java

Java es un lenguaje de programación de alto nivel desarrollado por Sun Microsystems de Stanford University Network, a principios de los años 90. Esta propia compañía lo describe como un lenguaje simple, orientado a objetos, distribuido, interpretado, robusto y seguro, de arquitectura neutra, portable, de altas prestaciones, multitarea y dinámico. [23]

La mayor parte del código Java se encuentra bajo licencia GPL excepto las bibliotecas de clases de Sun. Java constituye un lenguaje eficaz y muy versátil y permite a los desarrolladores crear un sistema informático en una plataforma y ejecutarlo en otra distinta de la inicial. Se caracteriza por su potencia, y a la vez elimina las características menos usadas y más complejas de otros lenguajes como C y C++.

Dentro de las principales características del lenguaje se encuentran[23]:

- ✚ Java se enfoca en los datos (objetos) y en la manera de llegar a ellos (interfaces), no en las herramientas que se utilizan para manejarlos.

- ✚ Las aplicaciones se pueden ejecutar en cualquier sistema, siempre y cuando este sistema instrumente la máquina virtual de Java.
- ✚ Java es un lenguaje intérprete. El compilador de Java genera bytecode que son para la máquina virtual de Java (JVM - Java Virtual Machine), en vez de código nativo de máquina.

De Java se pueden ver como ventajas que es un lenguaje robusto, puesto que no permite el manejo directo de memoria, además las aplicaciones no pueden ser atacadas por virus, pues para que estos tengan efecto deben utilizar rutinas de acceso directo a memoria, que Java no tiene. Es un lenguaje que los programadores pueden aprender con rapidez.

Sobre la base de este lenguaje se encuentra el motor de las páginas JSP (Java Server Page) basado en los Servlets de Java, que no son más que programas en Java destinados a ejecutarse en el servidor, métodos para la creación de páginas web dinámicas en el servidor usando el lenguaje Java. Con JSP se pueden crear aplicaciones web que se ejecuten en varios servidores web, y las páginas están compuestas de código HTML/XML mezclado con etiquetas especiales para programar scripts de servidor en sintaxis Java, por lo que estas páginas pueden escribirse con un editor HTML/XML habitual. Estas páginas se ejecutan en una máquina virtual Java, lo cual permite que, en principio, se puedan usar en cualquier tipo de ordenador, siempre que exista una máquina virtual para él.

PHP

PHP es el acrónimo de Hypertext Preprocesor, un lenguaje de programación de alto nivel e interpretado, embebido en páginas HTML. Además, este lenguaje es ejecutado en el servidor lo que permite acceder a los recursos que tenga éste, del mismo modo sólo el resultado de su ejecución es enviado al navegador y es normalmente una página HTML. En esto radica la ventaja de que no sea necesario que PHP sea soportado por el navegador al ser independiente de éste. El objetivo fundamental del lenguaje es permitir rápidamente a los desarrolladores la generación dinámica de páginas, para ello se pueden realizar consultas a bases de datos, crear imágenes, leer y escribir en archivos y comunicarse con servidores remotos.

PHP se distribuye de forma gratuita bajo una licencia abierta, es un lenguaje sencillo y cómodo a la hora de usarlo y trabajar con su sintaxis. Algunas de las características más relevantes de este lenguaje son su

rapidez a pesar de ser interpretado, su soporte multiplataforma tanto de diversos sistemas operativos, como servidores de aplicaciones y bases de datos. Dispone de librerías externas que facilitan el desarrollo de las aplicaciones y es soportado por una gran comunidad de desarrolladores facilitando que sea mantenido y actualizado con mayor frecuencia que el código desarrollado en otros lenguajes.[25]

Fundamentación del lenguaje seleccionado

Luego de revisar las principales características de los lenguajes de programación que podrían emplearse en el desarrollo del Sistema de Información Geográfica para el control de flotas se escoge PHP v5.2.6 como lenguaje para la construcción del sistema. PHP cumple con el enfoque que se necesita para realizar el sistema sobre herramientas libres, además por su capacidad de expandir su potencial utilizando numerosas librerías que facilitan el desarrollo. Ejemplo de ello es la librería GD que permite generar imágenes dinámicamente, contribuyendo en el trabajo con mapas y reduciendo el tiempo de desarrollo, así como la librería Pgsqll que va a facilitar el trabajo del programador con la gestión de la base de datos, con funciones predefinidas que permiten interactuar con el gestor de forma sencilla y rápida, teniendo en cuenta que el SGBD que se utilizará es PostgreSQL con la extensión PostGIS.

Asimismo el código fuente escrito en este lenguaje es invisible al navegador y al cliente, haciendo que el desarrollo en PHP sea seguro y confiable para garantizar el manejo adecuado de los datos confidenciales como los que serán tratados por el sistema. Las prestaciones de la aplicación son mayores en cuanto a rendimiento cuando se programa con PHP que con Java porque el primero es mucho más ligero, dado que se necesita mayor presteza en el tratamiento de mapas y de imágenes así como en el procesamiento de datos. Java hace uso de la máquina virtual de Java para la interpretación del código lo que en cuestiones de rapidez no lo benefician pues tiene altos requisitos de hardware.

2.6 Servidor de mapas MapServer v5.2.1

MapServer según su sitio oficial, es un entorno de desarrollo Open Source para la creación de capacidades espaciales de aplicaciones web en Internet.[26] No es un SIG completo, simplemente es una herramienta para la creación de aplicaciones cartográficas interactivas de los SIG, con el fin de visualizar, consultar y analizar la información geográfica en forma de mapas. Funciona con todas las principales plataformas de Windows, Linux y Mac OS y funciona al mismo tiempo de forma combinada con el Apache

y con el servidor de bases de datos PostgreSQL, basado en la generación del lado del servidor web de imágenes estáticas (jpeg, gif, png, etc.) como resultado del proceso de las peticiones realizadas por los clientes.

Las características por las que se destaca este servidor de mapas y que constituyen ventajas al desarrollo del sistema son por la sencillez de su configuración y administración, por la velocidad de acceso a los datos y la cantidad de formatos tanto vectoriales como ráster soportados. Teniendo en cuenta lo anterior se decidió utilizar MapServer, ya que además de cumplir con lo antes mencionado, es el servidor de mapas de código abierto más utilizado en Internet y existe experiencia en el desarrollo de SIG en la universidad utilizando el mismo y se encuentra provisto de abundante documentación.[27]

2.7 Servidor de aplicaciones Apache v2.2.10

El servidor de aplicaciones que se usará para el desarrollo del sistema es el Apache v2.2.10 el cual proporciona una red segura, eficiente y extensible, además de servicios HTTP para los sistemas operativos que se podrían utilizar. Funciona de forma integrada con el MapServer v5.2.1 y con el PostgreSQL y es el encargado de gestionar la totalidad de las funciones de lógica de negocio y acceso a los datos de la aplicación. Dentro de las posibilidades que brinda se encuentra el filtrado inteligente, la mejora de caché, proxy de equilibrio de carga, apoyo para archivos grandes y posibilidades de autenticación y autorización.

2.8 Framework OpenLayers v1.9

OpenLayers es un cliente web para SIG, un proyecto de software libre y código abierto que se encarga de visualizar información geográfica y permite su manipulación a través de herramientas básicas de navegación y análisis. Es visto además como una interfaz de programación de aplicaciones (API). Está escrito en JavaScript y no depende de servidores de mapas en concreto para manejar la navegación de mapas en la web y suministrar los elementos necesarios para que los usuarios interactúen con los mapas. Las características por las que destaca OpenLayers en la comunidad es la simplicidad de uso, el soporte de tiles y caché así como por las funcionalidades básicas de edición en línea. En la mayoría de las aplicaciones solo se utiliza parte de las clases y funciones por lo que la carga de toda la librería sería innecesaria.

2.9 Librería para el tratamiento de la interfaz de usuario ExtJS

ExtJS es una librería JavaScript para el desarrollo de aplicaciones Web interactivas usando tecnologías como AJAX, HTML y DOM y brinda facilidades para la creación de la interfaz visual con la que interactúa el cliente. Es generalmente usada en sistemas que requieren altos niveles de interacción con el usuario y la comunicación con el servidor se realiza en segundo plano, permitiendo solicitar o enviar datos y procesar la información recibida en tiempo real.

Dentro de los componentes que pueden incluirse dentro de una aplicación web se encuentran los cuadros y áreas de texto, campos numéricos y para fechas, combos, así como elementos y árboles de datos, radiobuttons y checkboxes, pestañas y otros elementos. Varios de estos componentes están capacitados para comunicarse con el servidor usando AJAX y tiene numerosas funcionalidades que permiten añadir interactividad a las páginas HTML, como cuadros de diálogos y quicktips para mostrar mensajes de validación e información sobre campos individuales.

2.10 Herramientas propuestas para el desarrollo de la aplicación

Visual Paradigm v6.4

Visual Paradigm for UML 6.4 Enterprise Edition es una herramienta CASE (Ingeniería de Software Asistida por Ordenador del inglés Computer Aided Software Engineering), que apoya las actividades que tienen lugar a lo largo de todo el ciclo de vida de un proyecto aumentando la productividad en el desarrollo de software así como la calidad de los productos. Visual Paradigm utiliza UML como lenguaje de modelado y está diseñado para construir sistemas fiables con el uso del paradigma orientado a objetos, incluyendo actividades como ingeniería de software directa e inversa, análisis de sistemas y análisis de negocios.

[16]

De forma general, esta herramienta ofrece un entorno de creación de diagramas para UML con el uso de un lenguaje estándar, común a todo el equipo de desarrollo, facilitando la comunicación. Se encuentra disponible en múltiples versiones según la necesidad así como puede ser utilizado en diversas plataformas y en varios idiomas. Es un software muy funcional y fácil de usar que puede integrarse con los

principales IDE (Integrate Development Environment) y se encuentra bajo el respaldo de una licencia de software libre.

Dentro de las principales ventajas que puede ofrecer trabajar con esta herramienta están su usabilidad, pues los diagramas se agrupan por categorías propiciando la organización. Además ante cambios que puedan presentarse, permite adaptar rápidamente los modelos realizados, lo cual evita escribir código sin analizar los cambios en el modelo. Brinda la posibilidad de exportar los diagramas en formato de imagen y generar código en múltiples lenguajes. Por lo anteriormente expuesto se optó por modelar el sistema a construir con Visual Paradigm 6.4, y además por ser la herramienta con que se encuentra familiarizado el equipo de desarrollo.

Zend Studio for Eclipse v6.0

Zend Studio for Eclipse está diseñado para crear un ambiente de desarrollo profesional de aplicaciones dinámicas basadas en la web, combinando las tecnologías Zend Studio y para el lenguaje PHP. Es un entorno de desarrollo integrado (IDE) de código abierto y multiplataforma para la construcción, despliegue y gestión del software en todo su ciclo de desarrollo, proveyendo funcionalidades de edición, análisis, depuración y bases de datos. [28]

Dentro de sus principales características se encuentran su soporte para múltiples idiomas, sistemas operativos y buscadores y su compatibilidad con las versiones más avanzadas de PHP. El editor de código tiene potentes características como resaltado de sintaxis, analizador y completado de código, asistente para la creación de elementos PHP y depurador gráfico. El entorno de depuración permite diagnosticar y solucionar problemas con la integración de vistas, y además incluyendo puntos de interrupción y seguimiento de variables. Además, Zend Studio permite a los desarrolladores la carga y descarga de forma segura de los archivos de proyecto desde y hacia los servidores remotos transparentemente, contribuyendo a preservar la integridad y confidencialidad de la información sensible que pueda ser tratada en el sistema, teniéndose en cuenta el tipo de aplicación que se desarrollará y según las necesidades de los futuros clientes de mantener la seguridad de sus datos. Además puede ayudar a simplificar proyectos complejos y aumentar la productividad haciendo las aplicaciones más robustas. Por estas razones resulta ser un poderoso ambiente de desarrollo para el lenguaje de

programación con que se va a implementar el Sistema de Información Geográfica para el control de flotas de vehículos.

PgAdmin III

PgAdmin III es una aplicación gráfica de código abierto que brinda la posibilidad de administrar el SGBD PostgreSQL, soportando sus características y proveyendo su administración. Posee herramientas de consultas SQL, editor de código procedural y agente de planificación SQL y puede ser ejecutado bajo diversas plataformas. No solo está diseñada para responder a consultas SQL simples, puede además desarrollar bases de datos complejas.

2.11 Conclusiones parciales

En el presente capítulo se realizó un análisis de las principales características de la metodología de desarrollo de software, lenguaje de programación, así como herramientas a utilizar durante el desarrollo del Sistema de Información Geográfica para el control de flotas. Se puede llegar a la conclusión de que el desarrollo del sistema estará orientado a la utilización de herramientas soberanas que posibiliten la mayor eficiencia y usabilidad del producto final, teniendo en cuenta la política de utilización de software libre llevada a cabo en el país.

Después de comparadas y evaluadas las herramientas y tecnologías se determinó que se hará uso de la metodología de desarrollo RUP por ser una metodología pesada, que genera la documentación necesaria para garantizar un adecuado seguimiento al sistema combinando fortaleza y rapidez. Se modelará el sistema con UML, utilizando para esto Visual Paradigm v6.4 como herramienta CASE. Se hará uso además de PHP como lenguaje de programación aprovechando las librerías para el tratamiento de información espacial así como su rapidez y PostgreSQL v8.4 será el encargado de gestionar los datos de la aplicación con su módulo espacial PostGIS. Una vez concluido el presente capítulo se puede decir que están creadas las bases para el posterior desarrollo de la solución propuesta.

Capítulo 3: “Presentación de la solución propuesta para el Sistema de Información Geográfica para el control de flotas”

3.1 *Introducción*

En el presente capítulo se procede a realizar la descripción de la solución propuesta para esta investigación, lo que permitirá llegar a una concepción general del Sistema de Información Geográfica para el control de flotas. Para ello se describirán los procesos del negocio que estarán agrupados en un modelo de dominio debido a la escasa estructuración que poseen, para lograr un mejor entendimiento del contexto en que se ubica el sistema. Además se describirán los requisitos funcionales y no funcionales que debe tener el sistema que se propone para cumplir el objetivo planteado. Se mostrará en forma de diagramas los casos de usos que de estos requisitos se derivan, así como sus descripciones y las interacciones con los actores. Los artefactos que serán descritos en este capítulo estarán definidos como parte de la metodología de desarrollo de software RUP, con UML como lenguaje de modelado.

3.2 *Modelo de dominio*

Teniendo en cuenta que no existe un negocio real, donde no se puede precisar la estructura de sus procesos, así como no es posible identificar los trabajadores del negocio debido a que existe una sobrecarga de responsabilidades se emplea el modelo de dominio como alternativa para comprender los principales conceptos que se tratan en el entorno a informatizar, logrando un mejor entendimiento del sistema y empleando para ello un glosario de términos. En este modelo se capturan los objetos y eventos más importantes sin importar quién es el responsable de realizar las actividades pues los procesos no están bien definidos, por ello se resume en la representación visual de estos objetos y conceptos.

Para una mejor comprensión del sistema y para ayudar a los usuarios, clientes, desarrolladores a utilizar un vocabulario común y entender el contexto en el que se desarrollará el sistema, a continuación se verán reflejados los principales conceptos que se manejarán en el modelo de dominio.

Cartógrafo: Es la persona que se dedica profesionalmente a la realización y estudio de mapas, es el encargado de elaborar las cartas geográficas que se utilizarán en el sistema.

Cliente: Persona que trabaja en una empresa, organismo u organización que necesite trabajar o consultar algún tipo de información incluida en el mapa y concerniente a las flotas.

GeoCuba: Grupo empresarial dedicado a la elaboración, producción y venta de planos y mapas con diversos fines. Además se encarga de realizar estudios geográficos, de impacto ambiental e investigaciones científicas en el campo de la geociencia, desarrollando productos informativos terminados con alta calidad y fiabilidad.

Entidad: Empresa, organismo u organización que solicita un servicio determinado utilizando un mapa y que proporciona la información socioeconómica referente al mismo.

Datos socioeconómicos: Es un conjunto organizado de datos procesados referentes al aspecto social y económico de cualquier lugar de interés del país. En este caso va a ser el conjunto de datos espacio-temporales ubicados en la base de datos y que el cliente proporciona y se ubican en un mapa.

Mapa: Es una representación gráfica de una porción territorial sobre una superficie que generalmente es plana. Base mediante la cual se obtiene todo el flujo de datos necesario para realizar las funcionalidades del sistema.

Leyenda: Explicación de los símbolos, los colores, las tramas y los sombreados empleados en un mapa. Los símbolos empleados en los mapas pueden llegar a contener un gran volumen de información, que por su facilidad de lectura permiten una rápida interpretación.

Escala: Es la relación que existe entre la distancia de dos puntos en un mapa y la distancia de esos dos puntos en la superficie terrestre. Cuanto mayor sea la escala en un mapa, mayor será la aproximación que tiene éste en correspondencia con la superficie terrestre que representa.

Capa: es un mapa monotemático que se integra a una serie de mapas para formar uno de carácter más específico en un sistema de información geográfica.

Ruta: Es la unión de diferentes puntos en el mapa que se identifican como un camino y que está definida por un punto de origen y otro de destino representado en un mapa.

Flota: Conjunto de vehículos pertenecientes a una entidad.

Vehículo: Medio de locomoción que permite el traslado de un lugar a otro.

El modelo de dominio es representado en UML con diagramas de clases en los que se van a mostrar estos conceptos u objetos del dominio del problema llamados clases conceptuales, sus asociaciones y sus atributos.

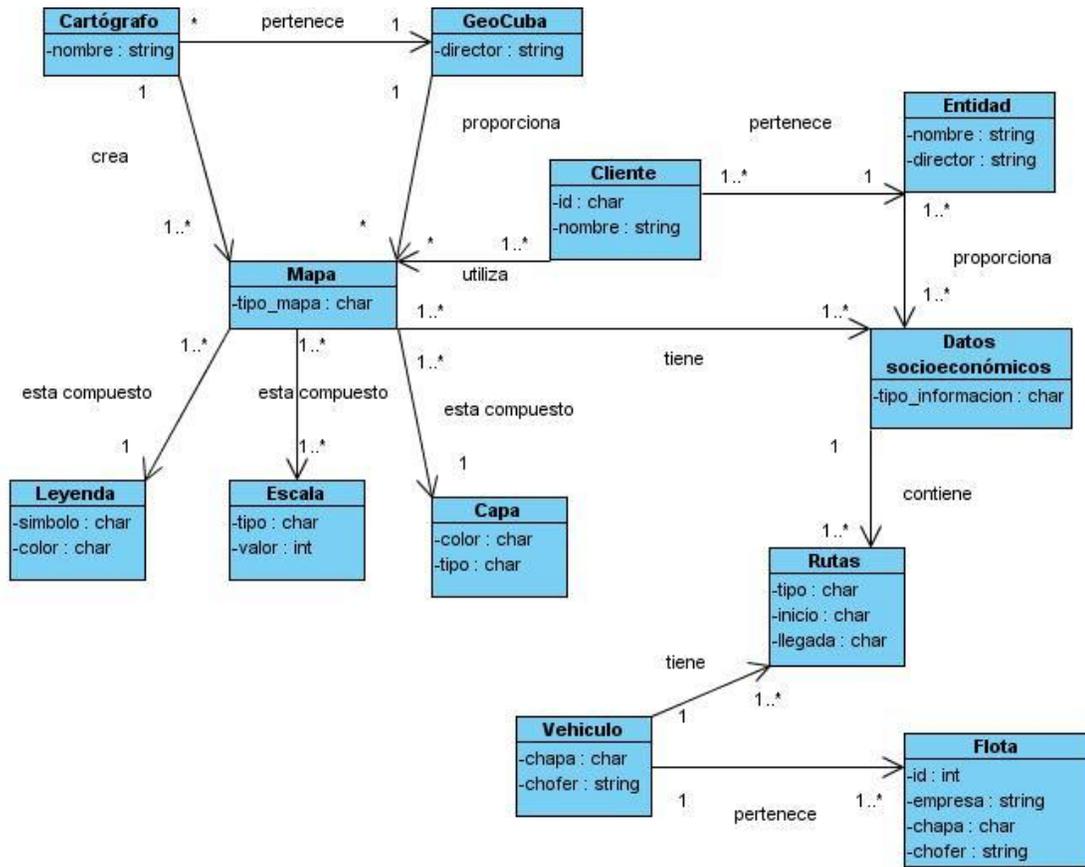


Figura 5: Modelo de dominio.

Un mapa está compuesto por varias capas, cada una de ellas representan elementos de una misma geometría, como lo pueden ser puntos, líneas o polígonos. Los mapas se agrupan por capas independientes y contienen además la escala en la que se muestran así como la leyenda para una mejor comprensión por parte de los usuarios y toda la información socioeconómica que representan, tratada en los distintos tipos de datos. Los clientes pueden ser el administrador del sistema o un usuario estándar que acceden según su rol a los diferentes mapas que están almacenados en la base de datos y van a pertenecer a un organismo o institución que será la encargada de proporcionar todos los datos socioeconómicos que se quieren representar en los mapas. Estos datos van a contener la información de

las rutas que tienen asignados los vehículos de una flota determinada perteneciente a la entidad. Por último GeoCuba va a ser la empresa que va a crear y distribuir los mapas específicos a las necesidades de la empresa que lo solicite y para ello los cartógrafos pertenecientes a esta empresa van a ser los encargados de crear estos mapas.

3.3 Especificación de los requisitos

Cuando se habla de características requeridas, las cuales se sabe que van a ser satisfechas por medio de la adición de un subsistema o bloque de código en el software, entonces se dice que se está ante un requisito funcional, por cuanto es un requisito que denota una funcionalidad del sistema, que indica una capacidad de acción del mismo, generalmente expresada en una declaración en forma verbal. Por otro lado, los requisitos no funcionales son propiedades o cualidades que el producto debe tener y debe pensarse en estas propiedades como las características que hacen al producto atractivo, usable, rápido o confiable. Por lo tanto, un requisito no funcional es una característica requerida del sistema, que señala una restricción del mismo. A continuación se muestran los requisitos funcionales y no funcionales propuestos para el Sistema de Información Geográfica para el control de flotas.

Requisitos funcionales

Para el desarrollo de la aplicación fueron identificados los siguientes requisitos funcionales, agrupados en cuatro módulos a implementar. En el Módulo de Seguridad estarán contenidos los requisitos funcionales referidos a la seguridad del sistema, relacionados con la gestión de usuarios, roles y permisos así como de la flota. Además se encuentran el Módulo de Navegación y el Módulo de Selección, que van a contener funcionalidades básicas y fundamentales de los sistemas de información geográfica para el trabajo con los mapas y la información socioeconómica representada en los mismos. Igualmente, como módulo principal y más importante para el sistema se encuentra el Módulo de Análisis que encapsula los requisitos funcionales para el control de flotas de vehículos.

Para el **Módulo de Seguridad** el sistema debe:

RF1. Permitir al usuario identificarse ante el sistema con el objetivo de que le sean asignados los permisos y pueda acceder solo a las secciones del sistema a las que está autorizado.

RF2. Permitir al administrador gestionar la información de los usuarios que harán uso de la aplicación.

- 2.1 Permitir adicionar los datos asociados a un usuario del sistema.
- 2.2 Permitir modificar los valores de los datos de un usuario del sistema.
- 2.3 Permitir eliminar los datos de un usuario ya existente en el sistema.

RF3. Permitir gestionar los roles de los usuarios que harán uso de la aplicación.

- 3.1 Permitir asignar un rol a un usuario determinado.
- 3.2 Permitir modificar el rol de un usuario determinado.
- 3.3 Permitir eliminar los datos de un rol ya existente en el sistema.

RF4. Permitir al administrador gestionar la información de la flota cuya trayectoria será representada.

- 4.1 Permitir adicionar los datos asociados a un vehículo.
- 4.2 Permitir modificar los valores de los datos de un vehículo.
- 4.3 Permitir eliminar los datos de un vehículo ya existente en el sistema.

Para el **Módulo de Navegación** el sistema debe:

RF5. Mostrar el mapa dado una cartografía.

RF6. Permitir la selección de las capas del mapa que desean visualizarse.

RF7. Mostrar un mapa de referencia más pequeño que se muestre en su totalidad, donde se señale la porción del mapa que está siendo visualizada por el usuario.

RF8. Permitir cambiar la escala gráfica a la que se visualiza el mapa.

RF9. Permitir al usuario navegar por el mapa variando el grado de detalle con que éste se visualiza.

- 9.1 Permitir al usuario aumentar el grado de detalle en el que se visualiza el mapa.
- 9.2 Permitir al usuario disminuir el grado de detalle en el que se visualiza el mapa.
- 9.3 Permitir al usuario mostrar el mapa en su máxima extensión.
- 9.4 Permitir al usuario volver al grado de detalle anterior en el que se visualizaba el mapa.
- 9.5 Permitir al usuario visualizar el mapa al grado de detalle siguiente en el que se visualizaba.

RF10. Permitir al usuario visualizar el mapa centrado.

RF11. Permitir al usuario mover el mapa sin modificar su escala, variando con el puntero del ratón la vista que se presenta.

RF12. Permitir al usuario mover el mapa marcando en el mapa de referencia el punto donde quiere recentrar el mapa.

Para el **Módulo de Selección** el sistema debe:

RF13. Permitir al usuario seleccionar con el puntero del ratón una región determinada del mapa.

13.1 Realizar selección de un punto específico en el mapa.

13.2 Realizar selección de un área de forma lineal en el mapa.

13.3 Realizar selección de un área en forma de polígono irregular en el mapa.

RF14. Permitir al usuario eliminar la selección realizada.

Para el **Módulo de Análisis** el sistema debe:

RF15. Efectuar dado dos o más puntos mediciones de distancia en el mapa.

RF16. Realizar mediciones de perímetro en un área seleccionada en el mapa.

RF17. Realizar cálculos de áreas en un área seleccionada en el mapa.

RF18. Representar o eliminar una ruta recorrida por un vehículo, dado los datos obtenidos de un dispositivo GPS.

RF19. Permitir la visualización de todos los datos asociados a una ruta seleccionada.

Requisitos no funcionales

Software

La aplicación funcionará bajo los conceptos de arquitectura cliente/servidor. Por tanto, el usuario final debe tener como requerimientos mínimos de software:

Para las PCs clientes:

- ✚ Un Navegador como Mozilla Firefox, Safari u otro navegador que cumpla con los estándares W3C y sea capaz de interpretar el código JavaScript.
- ✚ Sistema operativo: GNU/Linux, Windows y Mac OS.

Para los Servidores:

- ✚ Sistemas operativos GNU/Linux o Windows Server 2000 o superior.
- ✚ Servidor Web Apache 2.0 o superior, con módulo PHP 5 configurado con la extensión pgsql incluida.
- ✚ PostgreSQL como Sistema Gestor de Base de Datos.
- ✚ PostGIS como extensión de PostgreSQL y soporte de datos espaciales.
- ✚ MapServer 5.2.x o superior, con extensión PHP mapscript.

Hardware

La aplicación funcionará bajo los conceptos de arquitectura cliente/servidor. Por tanto, el usuario final debe tener como requerimientos mínimos de hardware:

Para las PCs clientes:

- ✚ Adaptador de red, ya sea una tarjeta o integrado en la placa madre con velocidad de 10 Mb/s.
- ✚ 128 MB de memoria RAM.
- ✚ 100 MB de disco duro disponible.
- ✚ Procesador a 512 MHz.
- ✚ Periféricos Teclado y Mouse PS2 o USB.

Para los servidores:

- ✚ Adaptador de red, ya sea una tarjeta o integrado en la placa madre con velocidad de 10 Mb/s.
- ✚ 2GB de memoria RAM y 2GB de disco duro disponible para el Servidor de Mapas.
- ✚ 2GB de memoria RAM y 10GB de disco duro disponible para el Servidor de BD.
- ✚ Procesador a 3 GHz.

Apariencia o Interfaz de Usuario

- ✚ El sistema debe proveer de forma ordenada y detallada las funcionalidades del sistema.
- ✚ Las funcionalidades principales del sistema estarán representadas por iconos para un mayor reconocimiento visual por parte del usuario.
- ✚ El sistema debe tener un diseño sencillo, con pocas entradas, donde no sea necesario mucho entrenamiento para ser utilizado.
- ✚ La aplicación debe verse correctamente en todas las resoluciones.

Restricciones en el diseño y la implementación

- ✚ El producto de software final debe diseñarse sobre una arquitectura cliente/servidor.
- ✚ Se deben emplear los estándares establecidos para el diseño de interfaces, base de datos y codificación especificados en el documento Restricciones de Nomenclatura y Estándares de Codificación del expediente del proyecto Control de Flotas.

Usabilidad

- ✚ El sistema está concebido para ser usado por los especialistas en transporte de cualquier entidad del país con conocimientos del negocio que estén calificados para gestionar e interpretar los resultados de los análisis.
- ✚ El sistema será utilizado por cualquier miembro del equipo de desarrollo con los conocimientos suficientes para trabajar en él en futuras actualizaciones.
- ✚ La documentación de la arquitectura y la documentación generada por el sistema en general, deberá ser realizada de manera detallada y clara tal que pueda ser comprensible para futuros desarrollos.

Confiabilidad

- ✚ Las salidas del sistema deben de ser exactas evitando los errores en el procesamiento de los datos, de las rutas y las posiciones pues el sistema controlará determinado medio de transporte de una entidad del estado y cualquier resultado erróneo o dato inconsistente influirá negativamente en las decisiones a tomar por los especialistas y por ende en la economía del país.

Eficiencia

- ✚ El tiempo de respuesta y la velocidad de procesamiento estará dado por la cantidad de información a procesar, entre mayor cantidad de información mayor será el tiempo de procesamiento de actualización y recuperación.

Soporte

- ✚ A medida que se vayan liberando las versiones del producto es responsabilidad del líder del proyecto instalar y configurar el mismo para un primer uso de los clientes.
- ✚ Los líderes del proyecto gestionarán con el cliente el mantenimiento del software después del despliegue.

Portabilidad

- ✚ El sistema debe ser implementado de tal forma que pueda ser ejecutado en cualquier ambiente de sistema operativo que se esté usando.

Escalabilidad

- ✚ El sistema debe ser escalable de modo que futuras funcionalidades puedan ser implementadas e incorporadas.

Seguridad

- ✚ La información manejada por el sistema estará protegida de acceso no autorizado y divulgación ya que los usuarios del sistema deben autenticarse antes de realizar cualquier actividad para garantizar que las funcionalidades del sistema se muestren de acuerdo con los permisos del o los roles asignados al usuario que esté autenticado.

Disponibilidad

- ✚ La disponibilidad de la información del sistema al personal autorizado se le garantizará después de su acceso en todo momento, mientras no haya un fallo (fluido eléctrico, conexión de red u otros). Los dispositivos o mecanismos utilizados para lograr la seguridad no ocultarán o retrasarán al personal para obtener los datos deseados en un momento dado.

Requisitos legales, de derecho de autor y otros

- ✚ El sistema debe ajustarse y regirse por la ley, decretos leyes, decretos, resoluciones y manuales (órdenes) establecidos, que norman los procesos que serán automatizados.
- ✚ La totalidad de las herramientas de desarrollo son libres.
- ✚ Como producto, SIGFlotas se distribuye amparado bajo las normativas legales establecidas en el registro comercial emitido por las entidades jurídicas de la Universidad de las Ciencias Informáticas.

3.4 Descripción del sistema

Descripción general de los actores del sistema

Actor	Descripción
Administrador	Es el actor encargado de la administración del sistema, de la gestión de la flota y de la gestión de permisos y usuarios.

Usuario	Es el actor que representa a todas aquellas personas autorizadas a interactuar con la aplicación, la persona encargada de ejecutar las principales funcionalidades del sistema.
---------	---

Tabla 1: Descripción de los actores del sistema.

Diagrama de casos de uso del sistema

Después de realizado el levantamiento de requisitos e identificadas las condiciones que el sistema debe tener y cumplir, se puede mostrar la relación que existe entre el usuario final y las funcionalidades que el sistema poseerá mediante el diagrama de casos de uso del sistema (Ver Figura 6).

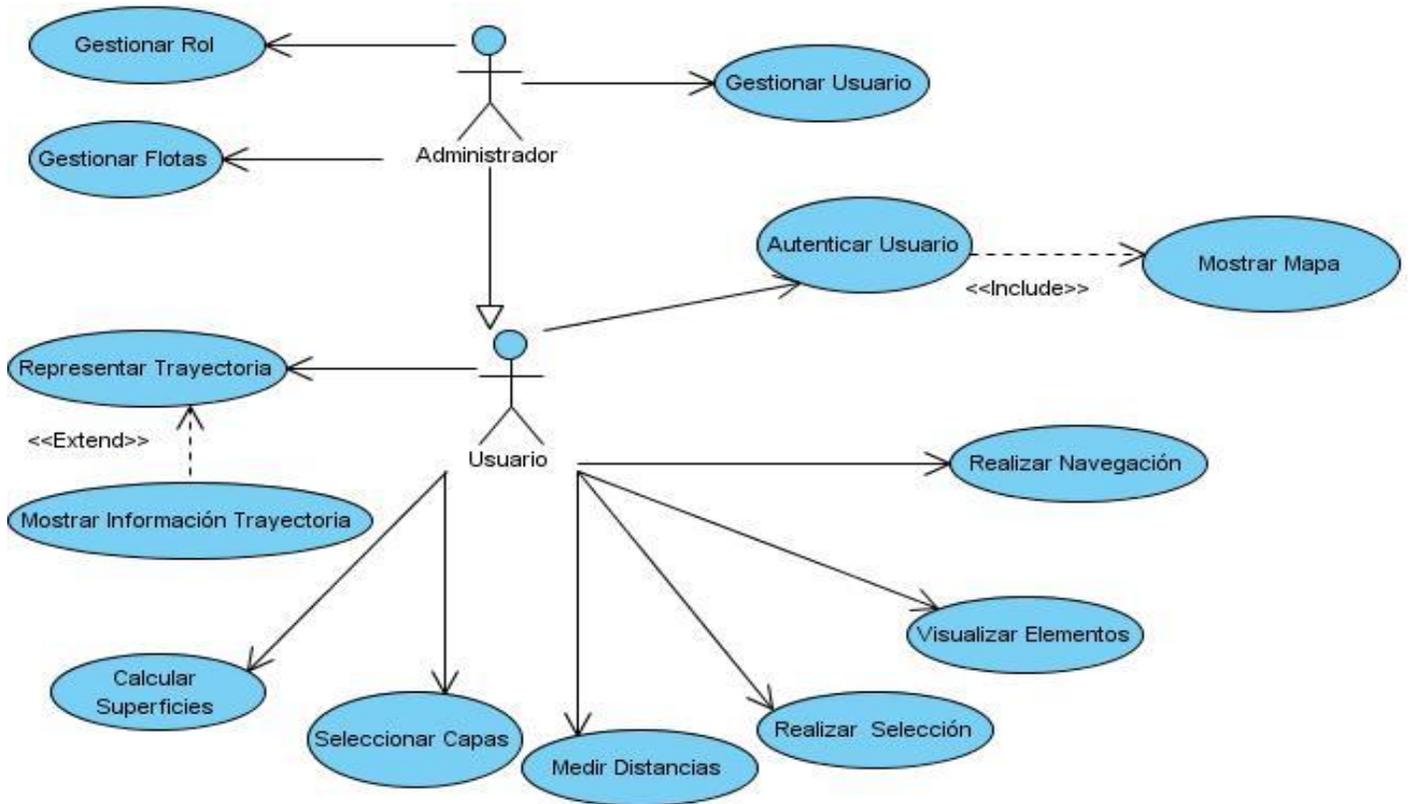


Figura 6: Diagrama de casos de uso del sistema.

Descripción textual de los principales casos de uso del sistema

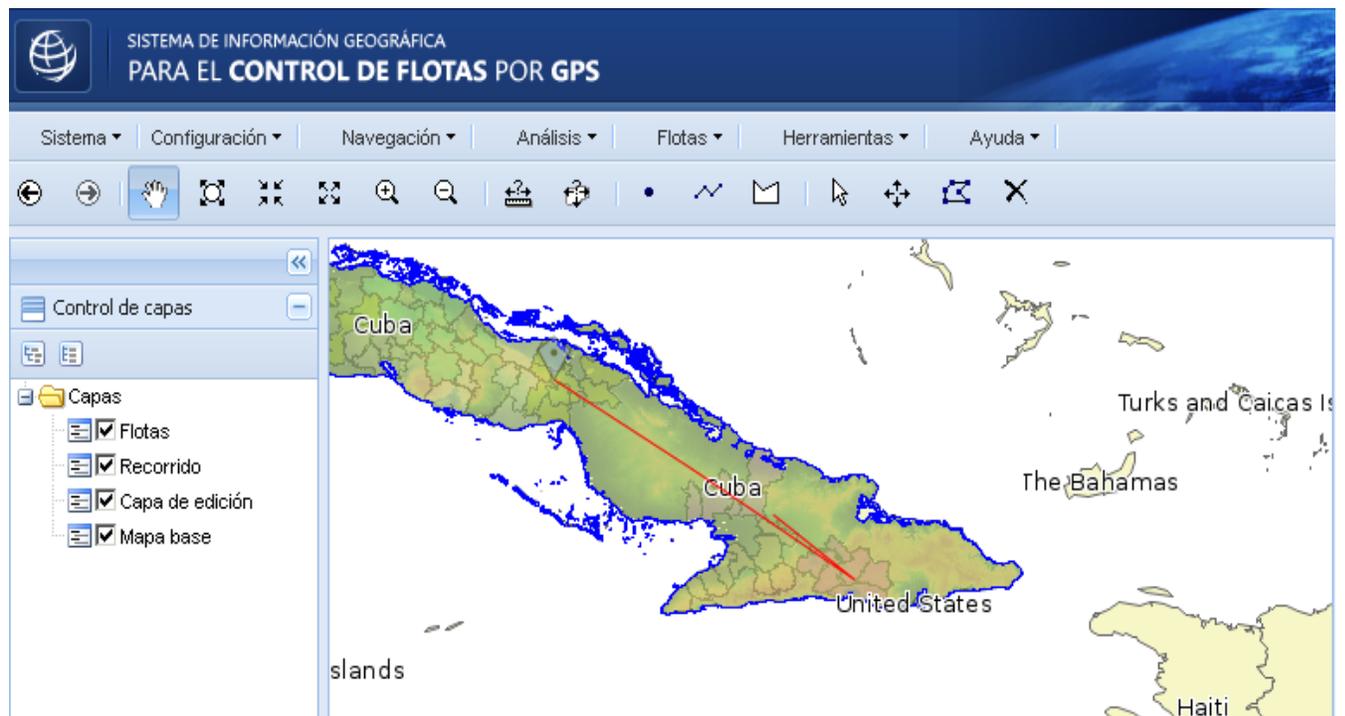
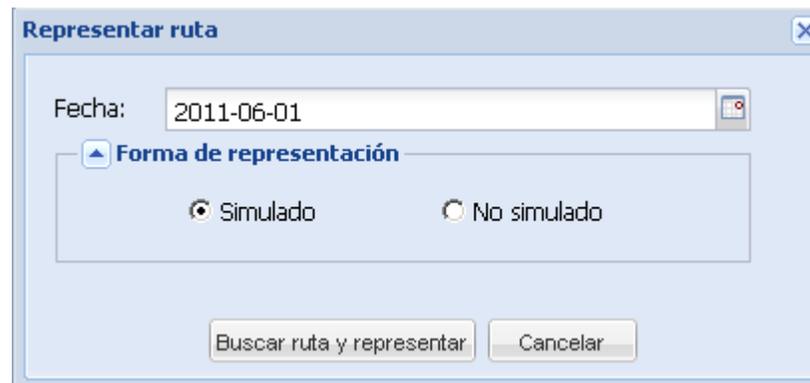
En las tabla 2 y 3 se muestran las descripciones de los casos de uso Representar trayectoria y Mostrar Información de la trayectoria respectivamente, donde se explica paso a paso las interacciones entre el actor y el sistema que forman parte de estas funcionalidades, que van a permitir solucionar el problema que se plantea y satisfacer la necesidad existente. Para acceder a las descripciones de los restantes casos de uso ver Anexo I.

Caso de Uso:	Representar trayectoria.
Actores:	Usuario
Propósito:	El caso de uso tiene como objetivo que el usuario conozca la trayectoria recorrida por un vehículo determinado en un instante de tiempo, representada en el mapa de la aplicación.
Resumen:	El caso de uso se inicia cuando el usuario desea conocer el recorrido realizado por un vehículo determinado, selecciona la opción representar trayectoria y termina cuando el sistema muestra en el mapa la trayectoria que siguió el vehículo en su recorrido.
Precondiciones:	Que el usuario se encuentre autenticado en el sistema.
Referencias	RF18
Prioridad	Crítico
Flujo Normal de Eventos	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
1. El usuario selecciona la opción Representar Trayectoria.	2. El sistema muestra una ventana con todos los vehículos listados para que el usuario seleccione el que desea representar.
3. El usuario selecciona un vehículo de la lista y selecciona la opción Representar ruta.	4. El sistema muestra una ventana con un campo para que el usuario seleccione la fecha en la que desea conocer la trayectoria del vehículo, así como para que seleccione la forma de representación de la trayectoria.
5. El usuario selecciona la fecha en la cual desea conocer el recorrido del vehículo y selecciona la forma de representación de la trayectoria, da clic en	6. El sistema busca si existen registros de la trayectoria del vehículo en la fecha seleccionada.

la opción Buscar ruta y representar.

7. El sistema crea una capa temporal donde dibuja la trayectoria recorrida por el vehículo seleccionado en el intervalo de tiempo especificado.

Prototipo de Interfaz



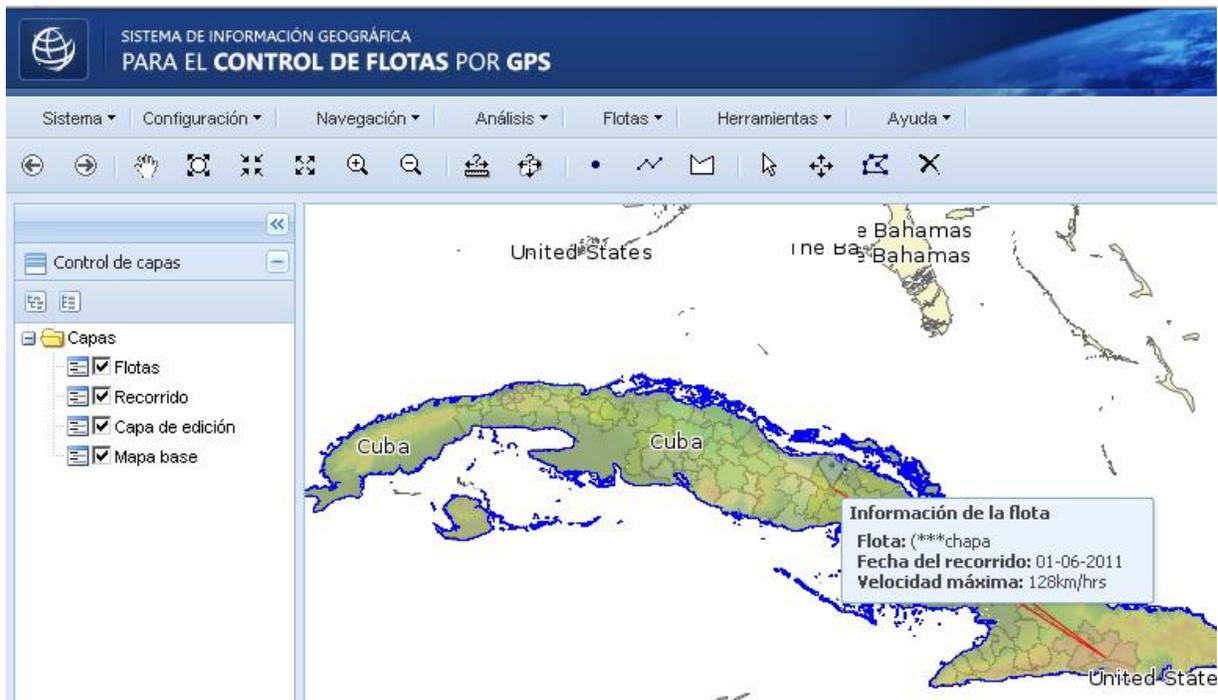
Flujo alterno	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	<p>7*a el sistema muestra un mensaje de error informando que no existen datos de la trayectoria de ese vehículo en el instante de tiempo especificado.</p> <p>Mensaje: No se encontró ningún record dado esos parámetros.</p> <p>Regresa al paso 6 del flujo normal de eventos.</p>
<p>Prototipo de Interfaz</p> 	
Poscondiciones	El sistema visualiza la trayectoria del vehículo seleccionado por el usuario.

Tabla 2: Descripción textual del caso de uso Representar trayectoria.

Caso de Uso:	Mostrar información de trayectoria.
Actores:	Usuario
Propósito:	El caso de uso tiene como propósito que el usuario conozca la información referente a una trayectoria realizada por un vehículo y representada en el mapa.
Resumen:	El caso de uso se inicia cuando el usuario desea conocer los datos asociados a una ruta que está representada en el mapa de la aplicación y termina cuando el sistema muestra una ventana con los datos asociados a la ruta seleccionada por el usuario.
Precondiciones:	Que el usuario se encuentre autenticado en el sistema, que se haya ejecutado el caso de uso Representar trayectoria.
Referencias	RF19
Prioridad	Crítico
Flujo Normal de Eventos	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
1. El usuario selecciona con el mouse una trayectoria dibujada en el mapa de la aplicación.	2. El sistema muestra una ventana con los datos asociados a la trayectoria.

Datos del vehículo, Velocidad máxima, fecha del recorrido.

Prototipo de Interfaz



Poscondiciones

Tabla 3: Descripción textual del caso de uso Mostrar información de trayectoria.

3.5 Conclusiones parciales

Durante la realización de este capítulo se ha descrito la propuesta de solución para el Sistema de Información Geográfica para el control de flotas. Se realizó un modelo de dominio que posibilitó una mejor comprensión del entorno donde se presenta el problema. A partir del análisis de este modelo donde se exponen los principales conceptos, entidades, sus relaciones y atributos, quedaron definidas las funcionalidades que el sistema debe tener y cumplir para satisfacer el objetivo planteado, expresadas en los requisitos funcionales y no funcionales del sistema. Sobre la base de estos requisitos funcionales definidos fueron identificados y descritos los casos de uso y los actores del sistema, siendo de vital importancia para que el equipo de desarrollo centre sus esfuerzos en la posterior implementación satisfactoria de estas funcionalidades.

Capítulo 4: “Construcción de la Solución Propuesta para el Sistema de Información Geográfica para el control de flotas”

4.1 Introducción

En el presente capítulo luego de analizar las funcionalidades que se proponen para el Sistema de Información Geográfica para el control de flotas y siguiendo el flujo de trabajo de la metodología RUP se procede a realizar el diseño e implementación del sistema.

Puesto que RUP expone que, para realizar el proceso de implementación de un software no necesariamente se deben llevar a cabo los procesos del análisis si se realiza una buena definición del diseño y se consideran los diferentes procesos que se informatizarán, el análisis del sistema no se realizará. Se procederá a realizar el diseño del sistema de manera que soporte todos los requisitos, para ello se elaborarán los diagramas de clases del diseño que resumen la definición de las clases que serán implementadas. Se realizará el diseño de la base de datos dentro de éste, el modelo lógico y el modelo físico, así como serán descritas las principales tablas con las que trabajará el sistema. Además, como parte del modelo de implementación se elaborará el diagrama de componentes del sistema y el diagrama de despliegue. Se realizarán las pruebas pertinentes al sistema para demostrar el cumplimiento de los estándares de calidad necesarios para satisfacer los requisitos propuestos.

4.2 Patrón arquitectónico Modelo Vista Controlador

El patrón de arquitectura de las aplicaciones de software Modelo Vista Controlador (MVC) aleja la lógica del negocio de la interfaz de usuario, facilitando la evolución por separado de ambos aspectos e incrementando la reutilización y la flexibilidad de los sistemas. Es usado principalmente en aplicaciones que manejan gran cantidad de datos y transacciones complejas, y se requiere una mejor separación de conceptos para que el desarrollo esté estructurado de manera más eficiente. Otras de las ventajas que puede traer la utilización del patrón arquitectónico MVC están referidas a facilitar el mantenimiento y la escalabilidad del sistema así como tener mayor claridad a la hora del diseño.[29]

MVC divide una aplicación interactiva en 3 áreas: procesamiento, salida y entrada, para esto, utiliza las siguientes abstracciones:[29]

Modelo: Consiste en la representación de la información que maneja la aplicación. Se puede decir que son los datos puros que proveen de información al usuario o a la aplicación misma.

Vista: Consiste en la representación del modelo en forma gráfica, disponible para la interacción con el usuario. Múltiples vistas con varios propósitos pueden existir para un mismo modelo.

Controlador: Consiste en la capa encargada de manejar y responder a las solicitudes del usuario, procesando la información necesaria y modificando el modelo de ser necesario.

En MVC las vistas y los controladores conforman la interfaz de usuario. La separación del modelo de los componentes vista y del controlador permite tener múltiples vistas del mismo modelo. Si el usuario cambia el modelo a través del controlador de una vista, todas las otras vistas dependientes deben reflejar los cambios. Por lo tanto, el modelo notifica a todas las vistas siempre que sus datos cambien. Las vistas, por su parte, recuperan los nuevos datos del modelo y actualizan la información que muestran al usuario (Ver Anexo II). En una aplicación web como la que se quiere realizar, la vista estaría representada por la página HTML, el controlador contiene el código y obtiene los datos dinámicamente generando el contenido HTML y finalmente el modelo lo constituye la información almacenada en una base de datos junto con las reglas de negocio que transforman esa información teniendo en cuenta las acciones de los usuarios.

4.3 *Modelo del diseño*

Un modelo de diseño es un modelo de objetos que describe la realización física de los casos de uso, traduciendo todos los requisitos funcionales y no funcionales obtenidos en la etapa de análisis en una representación de software. Éste se comporta como una guía que se pueda leer y entender para los que construyen el código, los que prueban y mantienen el software, proporcionando una idea completa de lo que es el sistema.

En este modelo los casos de uso son realizados por las clases del diseño y sus objetos mostrando la relación que existe entre estas clases del diseño a través de un diagrama de clases. Estos diagramas están considerados como uno de los pilares básicos en el modelado UML, son de estructura estática y muestran de forma abstracta cómo estará implementado el sistema.

Diagrama de clases del diseño

A continuación se muestra el diagrama de clases del diseño para los casos de uso Representar trayectoria y Mostrar información de la trayectoria en las Figuras 7 y 8. Los restantes diagramas de clases del diseño pueden ser consultados en el Anexo III.

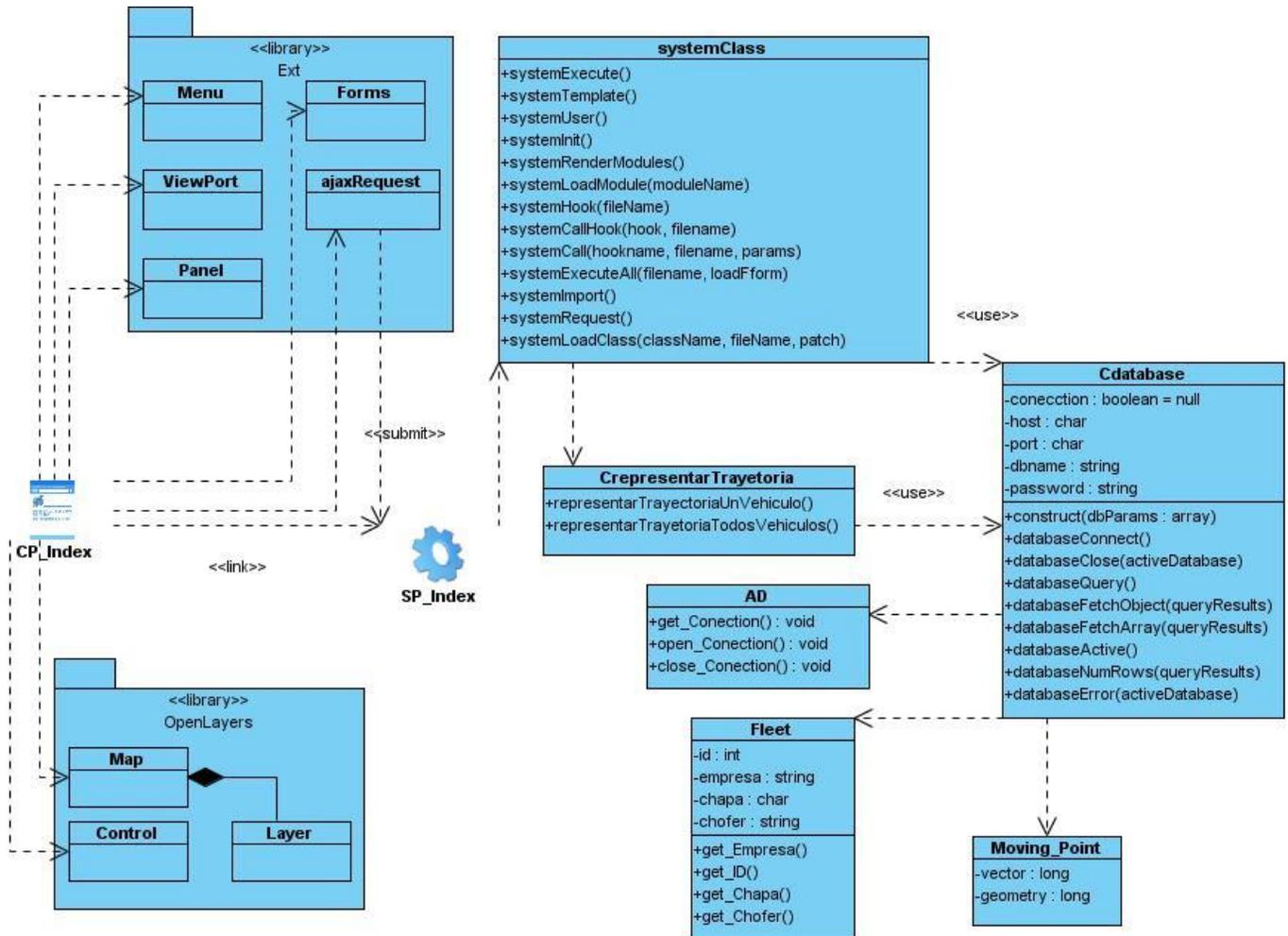


Figura 7: Diagrama de clases del diseño del caso de uso Representar trayectoria.

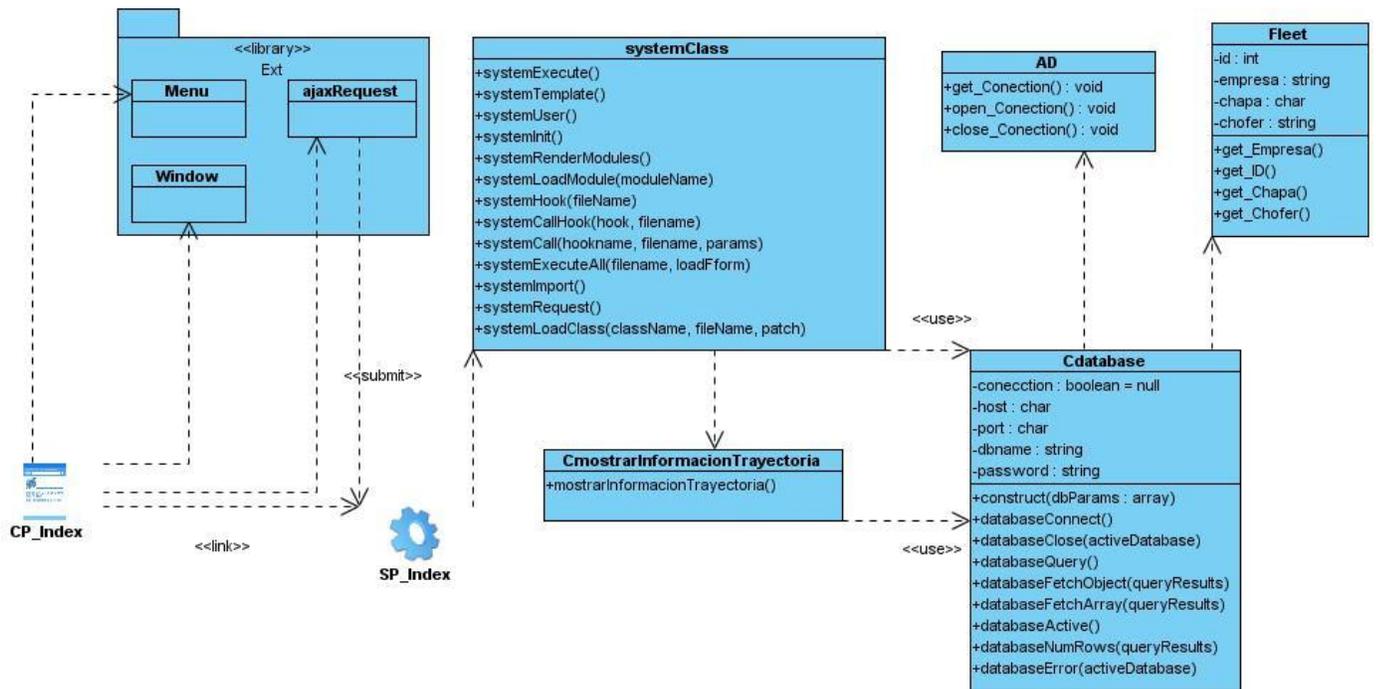


Figura 8: Diagrama de clases del diseño del caso de uso Mostrar Información de trayectoria.

El funcionamiento de los diagramas de clases del diseño para los casos de uso del sistema se han realizado según el patrón arquitectónico modelo vista controlador, además basado en la arquitectura de programación del lenguaje y el entorno de desarrollo utilizado, siendo PHP y Zend Studio respectivamente. Como resultado de la aplicación de buenas prácticas a la hora del diseño de clases se ha tenido en cuenta la aplicación de los patrones de diseño como el controlador, logrando obtener un intermediario entre las clases interfaces y las clases de lógica del negocio, en este caso se evidencia en las clases controladoras de interfaz, encargadas de recibir los datos y enviarlas a las clases que manejan el modelo.

En las clases ubicadas en el modelo se aplica el principio de asignación de responsabilidades en la que cada una de ellas implementa funcionalidades de acuerdo a la información que posee evidenciándose el patrón experto. Bajo el patrón creador se identifican las clases responsables de la creación o instanciación de nuevos objetos, como son las clases que componen el modelo del sistema. Los patrones de alta cohesión y bajo acoplamiento están estrechamente relacionados pues un mayor grado de cohesión implica uno menor de acoplamiento. Esto puede observarse en todas las clases implementadas donde la información que almacenan estas clases es coherente y está en la medida de lo posible relacionada con la

clase, garantizando que cada una realice una labor única dentro del sistema así como que exista poca dependencia entre ellas. Se emplea el patrón Singleton para el acceso a la base de datos con la intención de garantizar que la clase cDatabase tenga una única instancia proporcionando un punto de acceso global a ella, asegurando de este modo que la conexión a la base de datos sea única.

4.4 Modelo de Datos

Se conoce que la información que manejará el sistema será persistente, por lo que estará soportada por una base de datos relacional. Es en el modelo de datos donde se va a describir la representación física de las tablas que conforman dicha base de datos, con sus llaves y descripciones de campos (Anexo IV).

A continuación se muestra el diseño de la base de datos del sistema propuesto a través de los diagramas de clases persistentes y el esquema de la base de datos generados a partir de éste, con el modelo de datos.

Diagrama de clases persistentes.

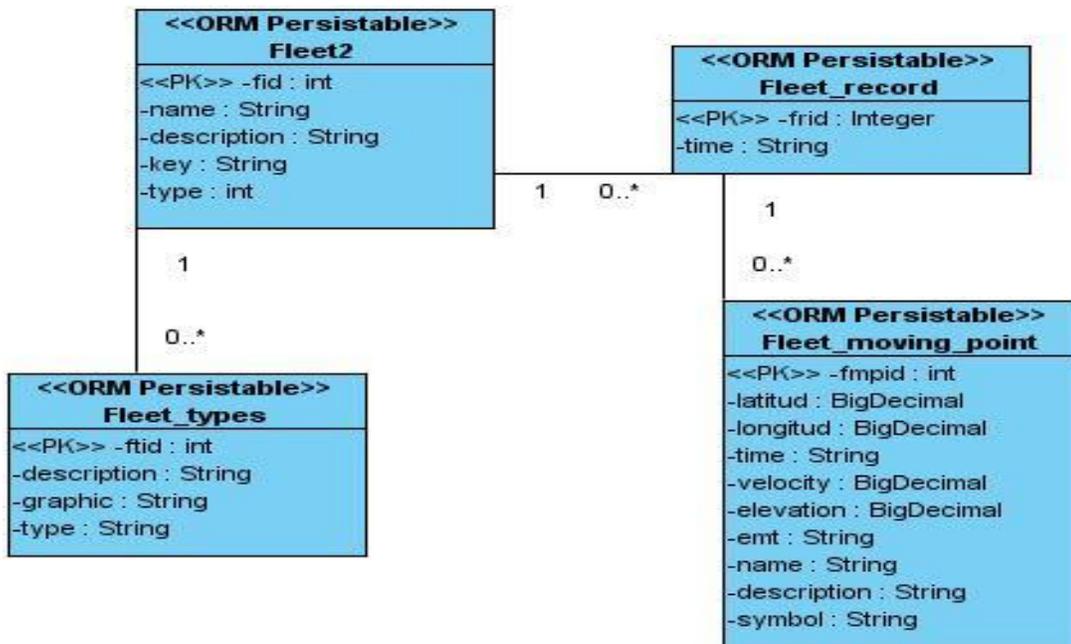


Figura 9: Diagrama de clases persistentes del sistema.

Diagrama entidad - relación.

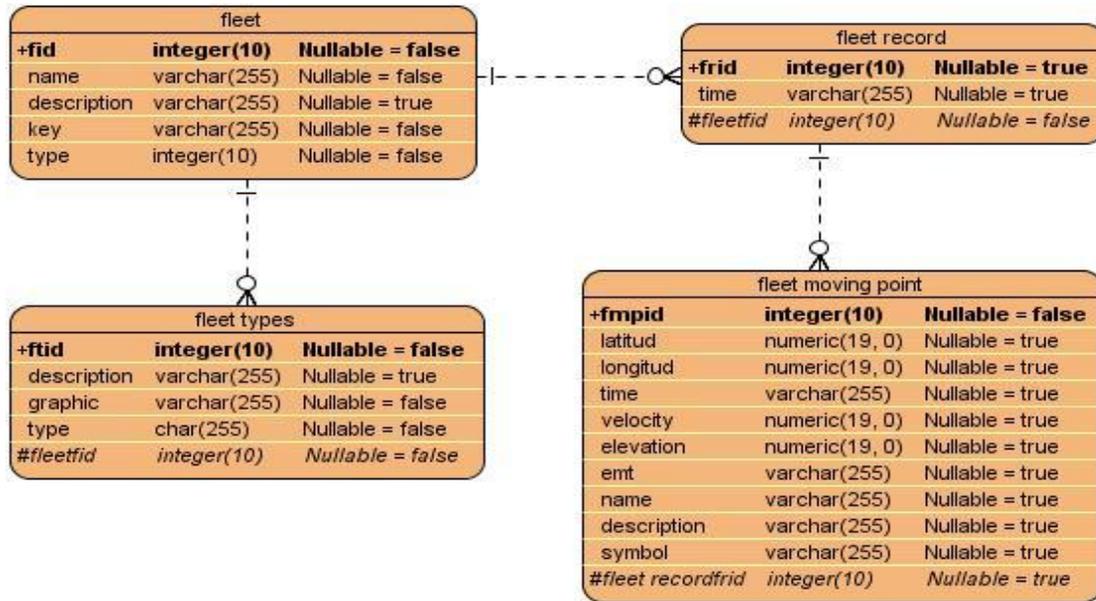


Figura 10: Diagrama entidad – relación del sistema.

4.5 Diagrama de Componentes

El diagrama de componentes es una colección de componentes y los subsistemas que los contienen, y son usados para modelar los elementos que se utilizan en la fabricación de un sistema informático y las relaciones existentes entre dichos elementos de implementación. En el diagrama de componentes que se muestra a continuación se observa la correspondencia entre las clases y las relaciones que existen entre los ficheros utilizados en la construcción del sistema.

Los componentes más importantes que conforman al Sistema de Información Geográfica para el control de flotas de vehículos se pueden observar en el diagrama de la Figura 11.

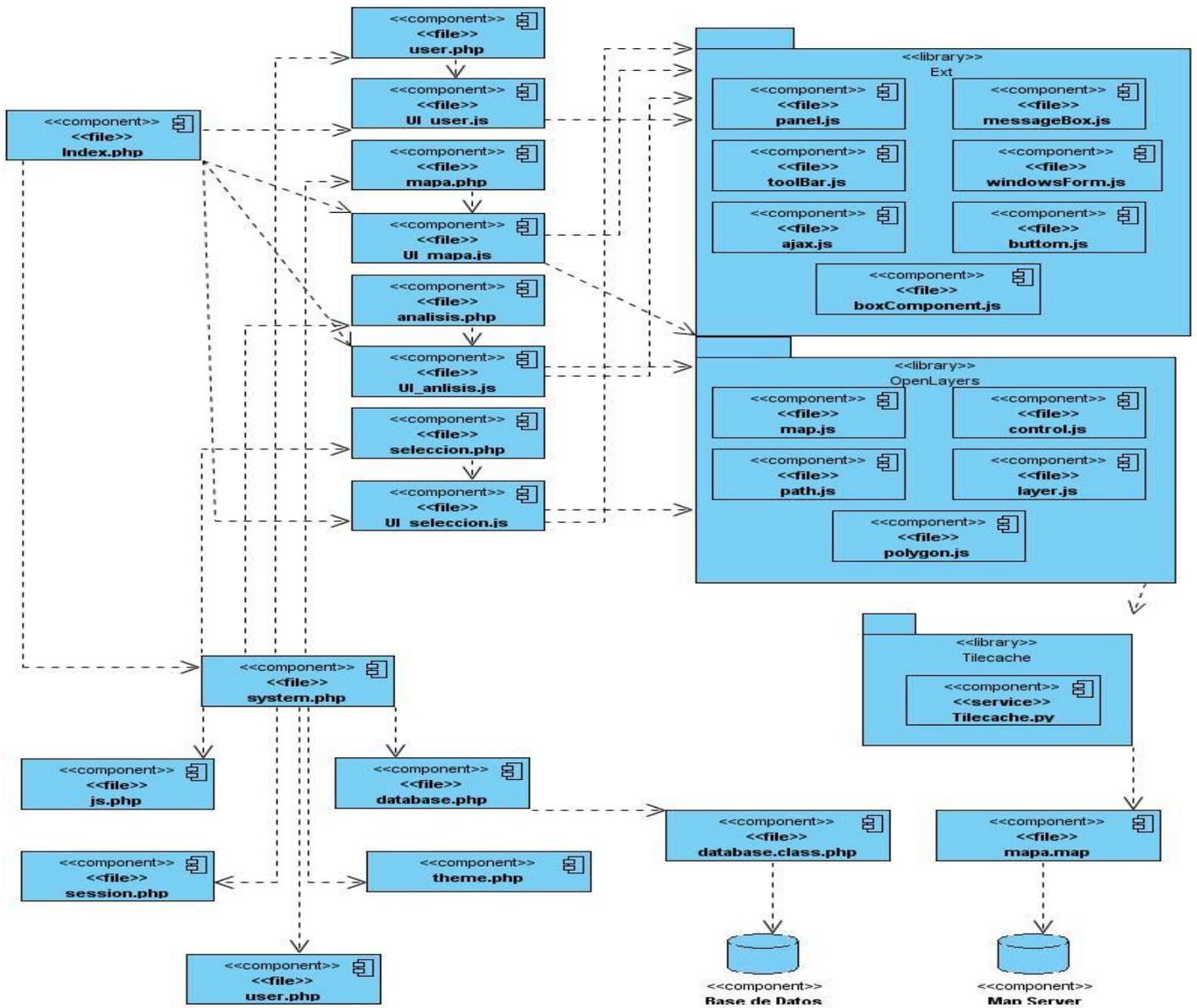


Figura 11: Diagrama de componentes del sistema.

4.6 Modelo de Despliegue

El modelo de despliegue muestra la correlación de los elementos de procesamiento del sistema en tiempo de ejecución, los enlaces de comunicación entre ellos y posiblemente otros dispositivos, representados a

través de nodos físicos, permitiendo la distribución de comportamiento entre los nodos que se deben representar. Este modelo posibilita comprender y representar la relación entre la arquitectura de software y la arquitectura de hardware del sistema, que en este caso debe disponer de computadoras clientes, servidor de aplicaciones web, servidor de mapas, y servidor para bases de datos. A continuación en la Figura 12, se muestra el diagrama de despliegue idóneo para el Sistema de Información Geográfica para el control de flotas:

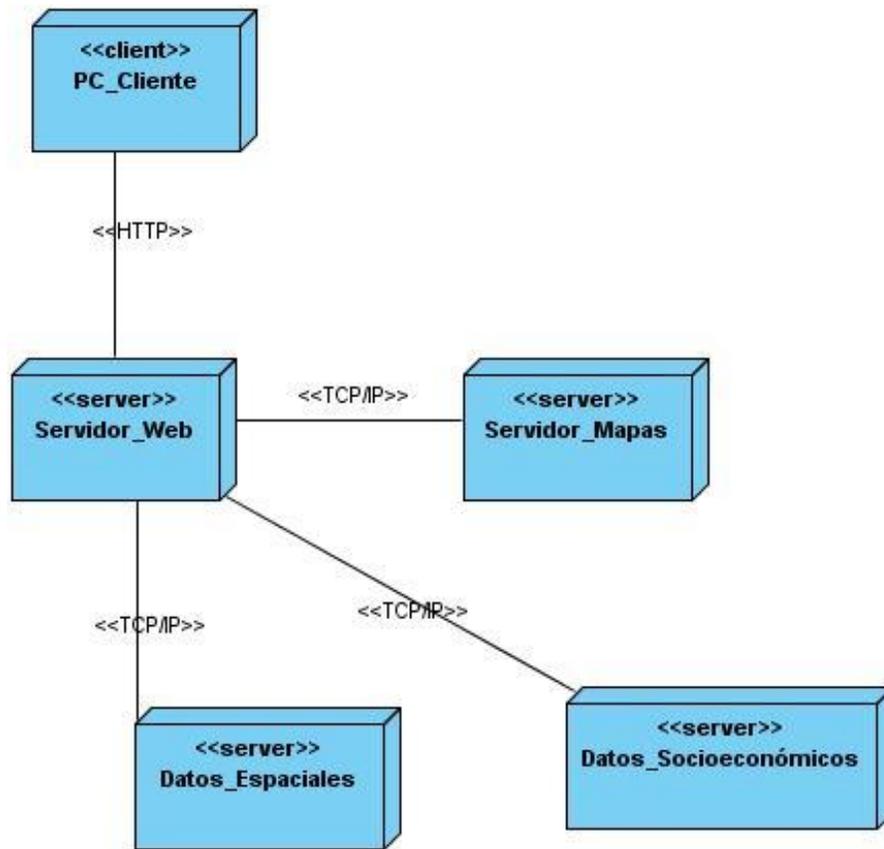


Figura 12: Diagrama de despliegue del sistema.

4.7 Pruebas del sistema propuesto

Los errores en el desarrollo del software pueden manifestarse desde el comienzo del proceso, por lo que las pruebas al software pueden realizarse desde la fase de inicio, aunque es en la de construcción donde más se desarrollan. Las pruebas son fundamentales para garantizar la calidad del software y son

esenciales en la revisión final de las especificaciones del diseño y de la codificación, verificando el cumplimiento de los requisitos planteados inicialmente.

Las pruebas fundamentales son denominadas: pruebas de caja blanca y pruebas de caja negra. En las de caja blanca se conoce el código y se trata de ejecutar cada uno de los elementos del mismo, mientras las de caja negra, solamente se conoce la interfaz y se intenta probar cada uno de los elementos que la componen. En las pruebas de caja negra solo interesa la forma de interactuar del sistema con el medio que le rodea, entendiendo qué es lo que hace sin prestar importancia al cómo lo hace, pretendiendo demostrar que las funciones del software son operativas, que la entrada se acepta de forma adecuada y se produce una salida correcta, por lo que las entradas y salidas quedan bien definidas e intentan hallar errores como [30]:

- ✚ Funciones incorrectas o ausentes.
- ✚ Errores de interfaz.
- ✚ Errores en estructuras de datos o accesos a bases de datos externas.
- ✚ Errores de rendimiento.
- ✚ Errores de inicialización y de terminación.

Pruebas de Caja Negra

Para probar un sistema mediante el método de caja negra pueden ser utilizadas diferentes técnicas, una de las más prácticas es la técnica de la Partición de Equivalencia, que divide el campo de entrada en clases de datos que tienden a ejercitar determinadas funciones del sistema. Esta técnica brinda la posibilidad de examinar las entradas del sistema con valores válidos e inválidos, descubriendo de forma inmediata una clase de errores que, de otro modo, requerirían la ejecución de muchos casos antes de detectar el error genérico.

Para preparar los casos de pruebas hacen falta un número de datos que ayuden a la ejecución de estos casos y que permitan que el sistema se ejecute en todas sus variantes. Éstos pueden ser datos válidos o inválidos para el sistema según lo que se desee, hallar un error o probar una funcionalidad. Los datos se escogen atendiendo a las especificaciones del problema, sin importar los detalles internos del sistema, a fin de verificar que el mismo funcione correctamente.

A continuación se muestran los casos de prueba para los casos de uso Representar trayectoria y Mostrar Información de la trayectoria. Para acceder a los casos de pruebas realizados a los restantes casos de uso se puede consultar el Anexo V.

Caso de uso: Representar Trayectoria.

Descripción general del caso de uso: El caso de uso tiene como objetivo que el usuario conozca la trayectoria recorrida por un vehículo determinado en un instante de tiempo, representada en el mapa de la aplicación.

Condiciones de ejecución: El sistema debe tener cargada la configuración acorde a los permisos del usuario autenticado.

Secciones a probar en el caso de uso:

Nombre de la sección	Escenarios de la sección	Descripción de la funcionalidad	Flujo Central
SC1. Representar trayectoria de los vehículos.	EC 1.1. Representar trayectoria del vehículo seleccionado.	Se actualiza la visualización del mapa representando la trayectoria del vehículo seleccionado en el instante de tiempo especificado.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar un vehículo para representar la trayectoria. 2. Seleccionar la opción Representar ruta para el vehículo seleccionado. 3. Introducir el intervalo de tiempo en el que se desea conocer la trayectoria. 4. Seleccionar la forma de representación de la trayectoria. 5. Seleccionar la opción Buscar ruta y representar. 6. Se representa la trayectoria del vehículo seleccionado.
	EC 1.2. Representar trayectoria del vehículo seleccionado sin que existan registros.	Se muestra un mensaje informando que no existen registros de la trayectoria del vehículo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar un vehículo para representar la trayectoria. 2. Seleccionar la opción Representar ruta para el vehículo seleccionado.

		en la fecha seleccionada.	<p>3. Introducir el intervalo de tiempo en el que se desea conocer la trayectoria.</p> <p>4. Seleccionar la forma de representación de la trayectoria.</p> <p>5. Seleccionar la opción Buscar ruta y representar.</p> <p>6. El sistema muestra un mensaje de error informando que en la fecha seleccionada no existen registros de trayectoria para ese vehículo.</p>
--	--	---------------------------	---

Descripción de las variables:

No.	Nombre del campo	Clasificación	Requerido	Descripción
1	Fecha	Campo de Fecha	Si	El usuario debe seleccionar datos para un campo de tipo date.
2	Forma de representación de la trayectoria.	Botón radial	Si	El usuario debe seleccionar una de las opciones de representación de trayectoria marcando un botón.

Matriz de datos SC 1. Representar trayectoria de los vehículos. (V-válido, I-inválido).

Escenario	Fecha	Forma	Respuesta del Sistema
EC 1.1. Representar trayectoria del vehículo seleccionado.	V	V	El sistema crea una capa temporal donde representa la trayectoria que realizaron los vehículos en el intervalo de tiempo seleccionado.
EC 1.2. Representar trayectoria del vehículo seleccionado sin que existan registros.	V	V	El sistema comprueba que para la fecha seleccionada no existen registros para el vehículo y muestra un mensaje de error informándolo.

Ejecución de la prueba para SC 1. Representar trayectoria de todos los vehículos.

Escenario	Fecha	Forma	Respuesta del Sistema	Resultado de la prueba
EC 1.1. Representar trayectoria del vehículo seleccionado.	25/05/2011-27/05/2011	Simulado	El sistema crea una capa temporal donde representa la trayectoria que realizaron los vehículos en el intervalo de tiempo seleccionado.	Satisfactoria.
EC 1.2. Representar trayectoria del vehículo seleccionado sin que existan registros.	25/05/2011-21/05/2011	No Simulado	El sistema comprueba que para la fecha seleccionada no existen registros para el vehículo y muestra un mensaje de error informándolo.	Satisfactoria.

Caso de uso: Mostrar información de trayectoria.

Descripción general del caso de uso: El caso de uso se inicia cuando el usuario desea conocer los datos asociados a una ruta que está representada en el mapa de la aplicación.

Condiciones de ejecución: El sistema debe tener cargada la configuración acorde a los permisos del usuario autenticado y se haya ejecutado el caso de uso Representar trayectoria.

Secciones a probar en el caso de uso:

Nombre de la sección	Escenarios de la sección	Descripción de la funcionalidad	Flujo Central
SC1. Mostrar información de trayectoria.	EC 1.1. Mostrar información de trayectoria.	Esta funcionalidad permite al usuario conocer los datos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Selecciona con el mouse una trayectoria dibujada en el mapa de la aplicación. 2. El sistema muestra una ventana con los datos

		asociados a una trayectoria representada en el mapa.	asociados a la trayectoria recorrida por el vehículo.
--	--	--	---

Descripción de las variables: No existen variables asociadas en este caso de prueba.

Matriz de datos SC1. Mostrar información de trayectoria.

Escenario	Respuesta del Sistema
EC 1.1. Mostrar información de trayectoria.	El sistema muestra una ventana con los datos asociados a la trayectoria seleccionada.

Ejecución de la prueba SC1. Mostrar información de trayectoria.

Escenario	Respuesta del Sistema	Resultado de la prueba
EC 1.1. Mostrar información de trayectoria.	El sistema muestra una ventana con los datos asociados a la trayectoria seleccionada.	Satisfactoria.

4.8 Conclusiones parciales

Como resultado de este capítulo se han modelado los artefactos relacionados con los flujos de trabajo de diseño e implementación, quedando definidas las clases del diseño y realizándose los diagramas de clases del diseño para cada caso de uso. Para garantizar un funcionamiento adecuado de los datos del sistema se obtuvo el diagrama de clases persistentes y el modelo de datos, diseñando la estructura de las tablas y las relaciones de la base de datos. Además se culmina la modelación de la solución propuesta con la obtención del modelo de implementación, desglosado en el diagrama de despliegue y de componentes del sistema, concretándose todo el estudio y análisis realizado en los capítulos anteriores y sentando las bases para la implementación del sistema. Se realizaron casos de pruebas para validar las entradas y salidas del mismo sobre la interfaz del sistema, denominadas pruebas de caja negra, demostrándose que cumple con la calidad y las restricciones de diseño especificadas para éste.

Conclusiones

El sistema propuesto en el presente trabajo de diploma automatiza el proceso de control de flotas de vehículos y constituye una herramienta útil para incrementar la efectividad y eficiencia de este proceso en el marco en donde se desarrolle. Su puesta en práctica aporta ventajas como la disminución de los errores en la gestión de la información resultante de este proceso, generando resultados de análisis sobre bases sólidas. El desarrollo del Sistema de Información Geográfica para el control de flotas de vehículos permitió dar cumplimiento a los objetivos trazados al inicio de esta investigación, con la cual se pudo arribar a las siguientes conclusiones:

- ✚ Se cumplieron las tareas previamente acordadas, dando cumplimiento al objetivo general de la investigación.
- ✚ El uso de métodos de investigación facilitó el estudio profundo del objeto de estudio demostrando que el proceso de control de flotas vigente en cualquier empresa del país genera grandes volúmenes de datos, difíciles de procesar manualmente.
- ✚ La explotación del Sistema de Información Geográfica para el control de flotas aportará mayor rendimiento a dicho proceso pues el tiempo de espera para el resultado de los análisis disminuirá, así como el procesamiento de los datos será más fiable debido a la reducción de errores por actividad humana.
- ✚ Las tecnologías, herramientas, lenguajes y framework seleccionados para el desarrollo de la aplicación obedecen a criterios de selección de tecnologías libres y multiplataforma, en concordancia con la política que abraza la universidad y el país en sentido general.
- ✚ Todos los requisitos funcionales y no funcionales capturados en el momento correspondiente fueron debidamente implementados. Además fueron validados a través del diseño y ejecución de pruebas de caja negra, comprobándose en todos los casos que el sistema cumple con las especificaciones requeridas quedando certificada la calidad del sistema.

Recomendaciones

Con el desarrollo del Sistema de Información Geográfica para el control de flotas de vehículos se logra dar un tratamiento diferente y eficaz a la información resultante de este proceso garantizando seguridad, eficiencia y rapidez a los especialistas encargados del tema en las empresas cubanas. La presente solución informática es el primer paso del Sistema de Información Geográfica para el control de flotas, por lo que se recomienda:

- ✚ Continuar el ciclo de desarrollo del sistema, realizando nuevas iteraciones y agregando los Módulos de Configuración y Gestión de Avisos para ganar en usabilidad y eficiencia y obtener una herramienta libre y competitiva en el mercado del software.
- ✚ Proponer, tras garantizar un desempeño exitoso de la aplicación, la utilización y generalización de esta en todas las empresas para un mejor control del transporte de las mismas.

Trabajos citados

1. Guillaumet, A., Cellini, Andres y Coen, Fernando (2000) Minería de Datos Espaciales.
2. Domingo Yagüez, I.A.J.C.y.L., Rubén. Sistema de Información Geográfica (S.I.G.). Available from: http://www.inta.gov.ar/barrow/info/documentos/SIG/que_es_sig.htm..
3. Langhi, R.y.D.Y., Ing.Agr. Julio. ¿Qué es un SIG? Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria 2002; Available from: http://www.inta.gov.ar/barrow/info/documentos/SIG/que_es_sig.htm.
4. Geomática: ciencia geográfica y tecnología aplicada al territorio. 2006; Available from: <http://genesis.uag.mx/revistas/escholarum/articulos/cyt/geomatica.cfm>..
5. Linde, J.M.M. ¿ Qué es un SIG?; Available from: http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=133..
6. Sistema de Información Geográfica. 2009; Available from: <http://www.geoinfo-int.com/htmls/sig.html>..
7. Pozo, A., y otros Sistema de Posicionamiento Global(GPS): Descripción, análisis de errores, aplicaciones y futuro. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
8. Pereiro, L.P., SIG, GPS, Su relación y beneficios en la sociedad actual.
9. Definición de... . Available from: <http://definicionde.com>..
10. Micronav, servicio de control de flotas mediante GPS. 2009; Available from: <http://www.micronav.net/>.
11. GlobalSat: Localización Vehiculos GlobalSat. Available from: <http://home.globalsat.com.mx>..
12. Bañares, J.A., y otros (2001) Incorporación de componentes de visualización SIG.
13. Herrera González, M.L., Cruz Iglesias, M. I., Capote Fernández, M. I., & González Suárez, M. L. (2008) Mapping Interactivo. MovilWeb:Aplicación para el control de Flotas basada en la Infraestructura de Datos Espaciales de la República de Cuba.
14. Martín, Metodología de desarrollo del software. 2008.
15. Paper, R.S.W., Rational Unified ProcessBest Practices for Software Development Teams 2001.
16. Rumbaugh, J.B., El proceso unificado de desarrollo de software. 2000.
17. Ailin Orjuela Duarte, M.M.R., Las metodologías de desarrollo ágil como una oportunidad para la ingeniería de software educativo., in Revista Avances en Sistema e Informática. 2008: Universidad de Pamplona, Colombia.

18. Booch, J.R.e.I.J., The Unified Modeling Language User Guide. Rational Software Corporation. 1999, Addison-Wesley.
19. Kronos, J.T.y. 2000.; Available from: <http://tramullas.com/documatica/2-4.html>.
20. Goretty, MySQL. 2000.
21. PostgreSQL Available from: <http://postgresql.org/docs/>.
22. Espinosa, A.M. (2010) Fundamentos del Mapserver, Mapscript, PostGIS y su integración con el Cartoweb.
23. Javier García de Jalón, J.I.R., Iñigo Mingo, Jesús Calleja, Aprenda Java como si estuviera en primero. 2000, San Sebastián.
24. Álvarez, M.Á. Lenguaje de programación de propósito general, orientado a objetos, que también puede utilizarse para el desarrollo web. 2010; Available from: <http://www.desarrolloweb.com/articulos/1325.php>
25. Hinostroza, R.R. Características de PHP. 2009; Available from: www.linuxcentro.net.
26. MapServer. Available from: <http://mapserver.gis.umn.edu>.
27. Kropla, B., BeginingMapServer: Open Source GIS Development. 2005: New York.
28. Eclipse, Zend Studio for Eclipse. Available from: www.zend.com.
29. Pavón, J., Estructura de las Aplicaciones Orientadas a Objetos El patrón Modelo-Vista-Controlador (MVC) Programación Orientada a Objetos Facultad de Informática, Complutense, Editor: Madrid.
30. Pressman, R., Ingeniería de Software. Un enfoque Práctico. Quinta ed, ed. E.E.M. Hill. 2002, España.

Bibliografía

1. Domingo Yagüez, Ing.Agr. Julio C. y Langhi, Ruben. Sistema de Información Geográfica (S.I.G.). . [En línea] http://www.inta.gov.ar/barrow/info/documentos/SIG/que_es_sig.htm..
2. Pérez, Yasmany Zapata. Estrategia para la Replicacion de Datos Espaciales en Sistemas de Informacion Geografica. La Habana : s.n., 2008.
3. Geomática: ciencia geográfica y tecnología aplicada al territorio. [En línea] Septiembre de 2006. <http://genesis.uag.mx/revistas/escholarum/articulos/cyt/geomatica.cfm..>
4. Linde, José Manuel Miñano. Mapping Interactivo. ¿ Qué es un SIG? [En línea] http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=133..
5. Sistema de Infoemación Geografica. [En línea] 2009. <http://www.geoinfo-int.com/htmls/sig.html..>
6. Pereiro, Lorena Paredes. SIG, GPS, Su relacion y beneficios en la sociedad actual. 1997.
7. Definicion de... [En línea] <http://definicionde.com..>
8. GlobalSat. Localizacion Vehiculos GlobalSat. [En línea] Noviembre de 2010. <http://home.globalsat.com.mx..>
9. Bañares, J A, y otro. Incorporación de componentes de visualización SIG. Zaragoza : s.n., 2001.
10. Herrera González, M. L., Cruz Iglesias, M. I., Capote Fernández, M. I., & González Suárez, M. L. Mapping Interactivo. MovilWeb:Aplicacion para el control de Flotas basada en la Infraestructura de Datos Espaciales de la República de Cuba. [En línea] Septiembre de 2008.

Glosario de términos

API: Interfaz de Programación de Aplicaciones, por sus siglas en inglés (Application Programming Interface).

CASE: Ingeniería de Software Asistida por Computadora, por sus siglas en inglés (Computer Aided Software Engineering), son diversas aplicaciones informáticas destinadas a aumentar la productividad en el desarrollo de software.

Caso de Uso: Es una descripción de un conjunto de secuencias de acciones, incluyendo variaciones, que un sistema lleva a cabo y que conduce a un resultado observable de interés para un actor determinado.

Consortio OpenGIS: (Open GIS Consortium, OGC). Consortio encargado de definir los estándares a seguir por los SIG. Es un consorcio internacional formado por 256 empresas, organismos estatales y universidades, que participan en un proceso para el desarrollo de especificaciones de interfaces disponibles para el público en general.

Escala gráfica: Línea graduada, mediante la cual las distancias en el mapa se pueden medir en términos de distancia en el terreno.

Framework: Se definen como un diseño reutilizable de todo o parte de un sistema, representado por un conjunto de componentes abstractos, y la forma en la que dichos componentes interactúan.

IDE: Integrated Development Environment (Entorno de Desarrollo Integrado). Es un programa compuesto por un conjunto de herramientas para un programador.

Mapa de referencia: Mapa pequeño que se posiciona comúnmente en la esquina inferior de los sistemas de información geográfica que muestra al usuario el mapa en toda su extensión y señala la porción que esta visualizando el usuario.

Polígono: Figura plana y cerrada limitada por lados rectos.

Polilínea: Conjunto ordenado de segmentos orientados de forma ordenada en una fila, es decir, de manera que el segundo punto final de un segmento coincide con el primer punto de la siguiente y no adyacentes es decir, de manera que un segmento y su posterior no pertenecen a la misma línea.

RAM: Memoria de Acceso Aleatorio, por sus siglas en inglés (Random Access Memory).

Tiles Caché: Desarrollado por MetaCarta, es un software de servidor intermedio que permite cachear peticiones a servidores de mapas de forma que los clientes reciban la secciones de los mapas para ser visualizadas sin tener que ir directamente al origen de datos, incrementando el rendimiento de los servicios en uno o dos órdenes de magnitud.

XML: Extensible Markup Language. Es un lenguaje extensible de etiquetas desarrollado por el World Wide Web Consortium.