

Universidad de las Ciencias Informáticas

Facultad 3



Sistema de Información Geográfica para la gestión de la información del transporte de los depósitos temporales de la Aduana General de la República de Cuba

Trabajo de Diploma para optar por el título de
Ingeniero en Ciencias Informáticas

Autores:

Lisandra Santana Puentes

Álvaro Rafael Rodríguez Gregorio

Tutor:

MSc. Rafael Rodríguez Puente

Cuidad de la Habana, junio 2012

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Declaramos ser autores de la presente tesis y reconocemos a la Universidad de las Ciencias Informáticas los derechos patrimoniales de la misma, con carácter exclusivo. Para que así conste firmo la presente a los ____ días del mes de _____ del año_____.

Lisandra Santana Puentes

Autor

Álvaro Rafael Rodríguez Gregorio

Autor

MSc. Rafael Rodríguez Puente

Tutor

AGRADECIMIENTOS

De Lisandra

Este triunfo he de agradecerlo a todas aquellas personas que de una forma u otra aportaron su granito de arena para que hoy pudiera festejar esta gran victoria. A mis amigos, compañeros de aula y de apartamentos. A todos los profesores que ayudaron en mi formación tanto profesional como revolucionaria. Pero en especial quiero agradecer:

A mis padres Olga Lidia Puentes González y Robeysis Santana Garlobo por haber sido mis guías, apoyo e inspiración. Por ser los diferentes protagonistas de esta conquista y ser los mejores padres del mundo. Los Adoro.

A mi compañero de tesis Álvaro Rafael Rodríguez Gregorio por haber sido más que amigo, mi luz, mi sostén y esperanza. Por haberme regalado su cariño y brindado todo su apoyo principalmente en los momentos difíciles, gracias por haber estado ahí para mí. Te amo.

Agradecer a mi hermano y tutor Rafael Rodríguez Puente por habernos ayudado y estado junto a nosotros en todo momento a pesar de todo el trabajo que le ocupa. Por haberse ocupado de mí en estos 5 años de carrera, y por estar ahí siempre que te necesite, Gracias

A mi familia por haber rezado tanto por mí y por brindarme mucho cariño. Es la mejor familia del mundo.

A mis otros hermanos que a pesar de no estar juntos mucho tiempo, son parte importante en mi vida.

A mi nueva familia por permitirme formar parte de ustedes y alegrar mi vida con su presencia.

Al tribunal por habernos dado seguimiento, dando siempre su opinión y aportando su granito de arena para que este trabajo llegara aquí hoy en el estado en que está.

Al oponente que además de haber sido nuestro primer maestro al ingresar al proyecto y nos ayudó a formarnos como profesionales, en esta etapa nos dio su criterio sobre la aplicación ayudándonos de esta forma a mejorarla.

Gracias a la Revolución y a mi comandante en jefe Fidel Castro Ruz por haberme dado la posibilidad de hacer realidad el sueño de prepararme profesionalmente logrando alcanzar el título de Ingeniero en Ciencias Informáticas. Muchas Gracias a todos por ayudar a hacer este sueño realidad

De Álvaro

Antes que nada quisiera agradecerle a mi familia por haber tenido siempre confianza en mí y apoyarme en cada una de mis decisiones. Siempre estuvieron ahí cuando me hizo falta y cada uno desde su pedacito ha puesto todo su empeño en formarme y en mi educación que gracias a ustedes he llegado a donde estoy. Especialmente mi mamá, por ser como es, una madre un padre, una amiga, una hermana, por ser exigente pero que siempre has estado a mi lado, por ser la primera en criticarme sin rodeos cuando hago algo mal, por sufrir mis problemas y apoyarme en cada una de mis metas. Gracias a mi abuelo por siempre tener un consejo que darme, a mi papá por ser más que mi papá mi amigo, a mi padrastro por siempre estar pendiente de mis cosas, a mi hermana por soportarme y ser la hermana mas ocurrente y cariñosa del mundo (saliste a mi), a mis tíos por ser mis cómplices y aconsejarme y ayudarme en todo lo que he necesitado, gracias a todos. Aunque algunas veces discutimos realmente no creo que fuera posible tener una familia mejor.

Gracias a mis compañeros de aula por todo este tiempo que hemos pasado juntos, por todas las experiencias que hemos compartido y por soportarme en el grupo. A Roberto por cargar conmigo desde primer año, a las niñas por volverse mis hermanas, a Gretel, a Rosalia, Irina por soportar mis pesadeces y siempre tener una sonrisa bien grande para darme, a Liu por ser la mejor compañera de mesa y de apartamento, un beso bien grande a todas. A los amigos del proyecto especialmente a Eddy, Leodán, Reinier y Lázaro por soportar que los vuelva loco a preguntas y siempre estar dispuesto a ayudarme. De verdad nunca los voy a olvidar y siempre van a ocupar un lugar especial en mi mente.

Gracias a Lisandra por ser mi apoyo, mi amiga, mi compañera de aula, por estar a mi lado en las buenas y en las malas. Por disfrutar cada una de mis alegrías y brindarme su sonrisa y su hombro cuando más lo he necesitado, gracias por brindarme tu amor y por volverte una persona especial en mi vida. Gracias por compartir conmigo este momento tan importante y ayudarme a realizarlo. Te amo.

Gracias a Rafael mi tutor por guiarnos y ayudarnos, por volverte mago sacando tiempo cada vez que nos hizo falta tu ayuda, por exigirnos, por apoyarnos y por defendernos durante todo el camino. Eres un ejemplo como profesional y como persona.

Gracias a todas las personas que he conocido aquí en esta bella escuela, gracias al tribunal por tratarnos con profesionalidad y justicia, por brindarnos su experiencia y aconsejarnos en cada uno de los cortes.

Y muchas gracias a todas las personas que han estado relacionadas con mi formación como profesional y como persona. GRACIAS.

DEDICATORIA

*A mis padres con todo mi amor,
Por haberse dedicado a mi formación,
Por confiar plenamente en mí,
Y no haber escatimado ni un momento, para ver realizado este
gran sueño...*

Lisandra Santana Puentes.

Esta tesis se la dedico a toda mi familia especialmente a mi abuelo Rafael Gregorio Lara por ser mi guía y mi ejemplo, por ser la persona más íntegra que conozco y porque mi objetivo en la vida es llegar a ser algún día como tú.

Álvaro Rafael Rodríguez Gregorio

RESUMEN

Hoy en día las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones son cada vez más utilizadas para la creación de herramientas de apoyo al proceso de toma de decisiones, producto a la gran cantidad de información existente en los principales sectores de la sociedad y la economía y la dificultad para gestionar la misma. Entre estas herramientas se encuentran los Sistemas de Información Geográfica. En el presente trabajo se desarrolla un Sistema de Información Geográfica (SIG) mediante el uso de herramientas de software libre. El mismo facilita la gestión de la información relacionada con la transportación de las mercancías entre los depósitos temporales de la Aduana General de la República de Cuba (AGRC).

Este trabajo se centra en una propuesta de un SIG web que se puede utilizar como herramienta de apoyo a la toma de decisiones en la AGRC. El sistema, brinda funcionalidades de control de la información relacionada con el transporte de mercancías entre los depósitos temporales, así como la posibilidad de calcular la ruta óptima entre dos depósitos. Estas funcionalidades contribuyen a un mayor control de la información relacionada con dichos viajes, así como al ahorro de combustible por concepto de transportación de mercancías.

PALABRAS CLAVE

Sistema de Información Geográfica, cálculo de rutas, toma de decisiones, transporte de mercancías.

TABLA DE CONTENIDOS	
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	I
DEDICATORIA.....	I
RESUMEN	I
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	6
Marco Teórico.....	6
Sistema de Información Geográfica.....	6
Tipos de SIG.....	7
Modo de representación de los datos en un Sistema de Información Geográfica.....	8
SIG vectorial.....	8
Modelo Topológico arco-nodo.....	8
Principales cuestiones que debe resolver un SIG.....	10
Análisis crítico de herramientas existentes.....	11
Tecnología a utilizar.....	13
Metodologías de desarrollo de software.....	15
Entorno de trabajo a utilizar.....	16
Herramientas de desarrollo.....	17
Herramienta CASE.....	17
Conclusiones parciales.....	18
CAPÍTULO 2: DISEÑO DEL SISTEMA.....	19
Requisitos funcionales.....	19
Arquitectura.....	20
Patrones arquitectónicos.....	20
Patrón Modelo Vista Controlador.....	20
Patrones de Diseño utilizados.....	21
Patrones GRASP.....	21
Patrones GoF.....	22
Diagrama de casos de uso del negocio.....	23
Diagrama de clases del diseño.....	23
Diagrama de secuencia.....	24
Arquitectura base del sistema.....	25

Diseño de la base de datos	26
Métricas para la validación del diseño:	27
Resultado de evaluación de las métricas.....	31
Conclusiones parciales:.....	31
CAPÍTULO 3: IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBA DE LA SOLUCIÓN	32
Estilo de codificación	32
Diagrama de componentes físicos.....	32
Interfaz de usuario	34
Pruebas	38
Pruebas de caja negra.....	38
Resultados de las pruebas	42
Conclusiones parciales.....	43
CONCLUSIONES	45
RECOMENDACIONES	46
GLOSARIO	47
BIBLIOGRAFÍA	48
ANEXOS ANEXO I. DESCRIPCIÓN DE REQUISITOS	52
ANEXO II. MODELO DE DOMINIO.....	65
ANEXO III. DIAGRAMAS DE SECUENCIA	66
ANEXO IV. GUÍA PARA LA CONFIGURACIÓN Y PUESTA A PUNTO DE LAS HERRAMIENTAS UTILIZADAS	69

INTRODUCCIÓN

El mundo ha sufrido un impacto tecnológico con el surgimiento de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), siendo estas utilizadas en el desarrollo de herramientas destinadas a la gestión de la información facilitando el proceso de toma de decisiones.

Se considera que entre el ochenta y el noventa por ciento de toda la información involucrada en la toma de decisiones de la sociedad a nivel mundial tiene una componente espacial [1], lo cual ha popularizado el uso de los Sistemas de Información Geográfica.

Cuba no se encuentra excluida de la necesidad de crear herramientas que permitan la gestión de la información en las principales ramas de la sociedad y la economía. Por ello, se ha enfocado en la informatización de los procesos de gestión de la información en entidades como la Aduana General de la República de Cuba; ya que su información es vital para la seguridad del país.

Dicha entidad se encuentra inmersa en la informatización de sus procesos de conjunto con la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), desarrollando el sistema Gestión Integral de Aduana (GINA). Este sistema cuenta con un subsistema de depósitos temporales para la gestión de las mercancías que están temporalmente en almacenes o en otros depósitos. Debido a las características de este subsistema, es necesaria la gestión y el control de los recursos utilizados para la transportación de dichas mercancías. Por lo cual se plantea la problemática: el subsistema de depósito temporal de la Aduana General de la República de Cuba no cuenta con un mecanismo que facilite el control de la salida, llegada y trayectoria del transporte que utilizado para trasladar la mercancía, esto trae consigo dificultades asociadas al proceso de toma de decisiones.

A partir de la situación antes mencionada se plantea el siguiente **problema**: La insuficiente disponibilidad de la información relacionada con el transporte de la mercancía existente en los depósitos temporales de la Aduana General de la República de Cuba dificulta el proceso de toma de decisiones en esta entidad.

Por lo tanto, el **objeto de estudio** se enmarca en los Sistemas de Información Geográfica y el **campo de acción** en la Gestión de información de transporte en Sistemas de Información Geográfica. El **objetivo general** de la presente investigación es: Desarrollar un Sistema de Información Geográfica que garantice la disponibilidad de la información relacionada con el transporte de los depósitos temporales de la Aduana General de la República de Cuba para contribuir al proceso de toma de decisiones.

A partir del objetivo antes definido se desglosan los siguientes **objetivos específicos**:

- Realizar un estudio sobre los Sistema de Información Geográfica que gestionan información relacionada con el transporte de mercancías.
- Diseñar un Sistema de Información Geográfica para la gestión de la información del transporte de los depósitos temporales para contribuir al proceso de toma de decisiones.

- Implementar el sistema propuesto.
- Validar el sistema.

Teniendo como base el problema a resolver se formuló la siguiente **hipótesis**: Si se desarrolla un Sistema de Información Geográfica que garantice la disponibilidad de la información relacionada con el transporte de los depósitos temporales de la Aduana General de la República de Cuba, entonces se contribuirá al proceso de toma de decisiones en esta entidad.

Las **tareas de la investigación** que se llevarán a cabo para darle cumplimiento a los objetivos específicos trazados son:

- Realización del marco teórico para definir los principales conceptos asociados al campo de acción y al objeto de investigación.
- Análisis de la información existente relacionada con Sistemas de Información Geográfica que gestionan información relacionada con el transporte de mercancías para establecer el estado del arte.
- Revisión bibliográfica sobre las herramientas MapServer, OpenLayer y PgRouting para ser utilizadas en el desarrollo del sistema.
- Selección de las herramientas que se ajustan a las necesidades de la investigación para realizar el desarrollo del sistema propuesto.
- Integración de las herramientas estudiadas para la construcción del sistema diseñado.
- Especificación de los casos de uso y las interfaces de usuario para la implementación del sistema.
- Implementación de los casos de uso diseñados para el desarrollo del sistema.
- Realización de pruebas para la puesta a punto del sistema desarrollado.
- Escritura del artículo: “Propuesta de software libre para la implementación de Sistemas de Información Geográfica destinados al cálculo de rutas” para enviar a la Serie Científica.
- Escritura del artículo: “Guía para la configuración y puesta a punto de un Sistema de Información Geográfica para cálculo de rutas haciendo uso de software libre” para enviar a la Serie Científica.
- Diseño de un SIG para gestionar información relacionada con el transporte de los depósitos temporales de la AGRC.

Para realizar las tareas antes expuestas se emplearán los siguientes **Métodos científicos**.

- **Métodos Teóricos:**
 - Método hipotético-deductivo: fue utilizado en la elaboración de la Hipótesis de investigación y para proponer líneas de trabajo a partir de los resultados parciales.
 - Método histórico-lógico: fue utilizado para llevar a cabo el estudio crítico de los modelos existentes en la actualidad para realizar cálculo de rutas en SIG.

- Método de modelado: fue utilizado para el desarrollo del diseño del sistema.
- Método sistémico: fue utilizado para desarrollar el sistema informático y lograr que los elementos que formen parte de la aplicación real sean un todo que funcione de manera armónica.

Estructura del trabajo

La estructura de la tesis se expone haciendo uso de la perspectiva de anillo en la Figura 1 presentado a continuación, el mismo está concebido a partir del objeto de estudio: Sistemas de Información Geográfica.

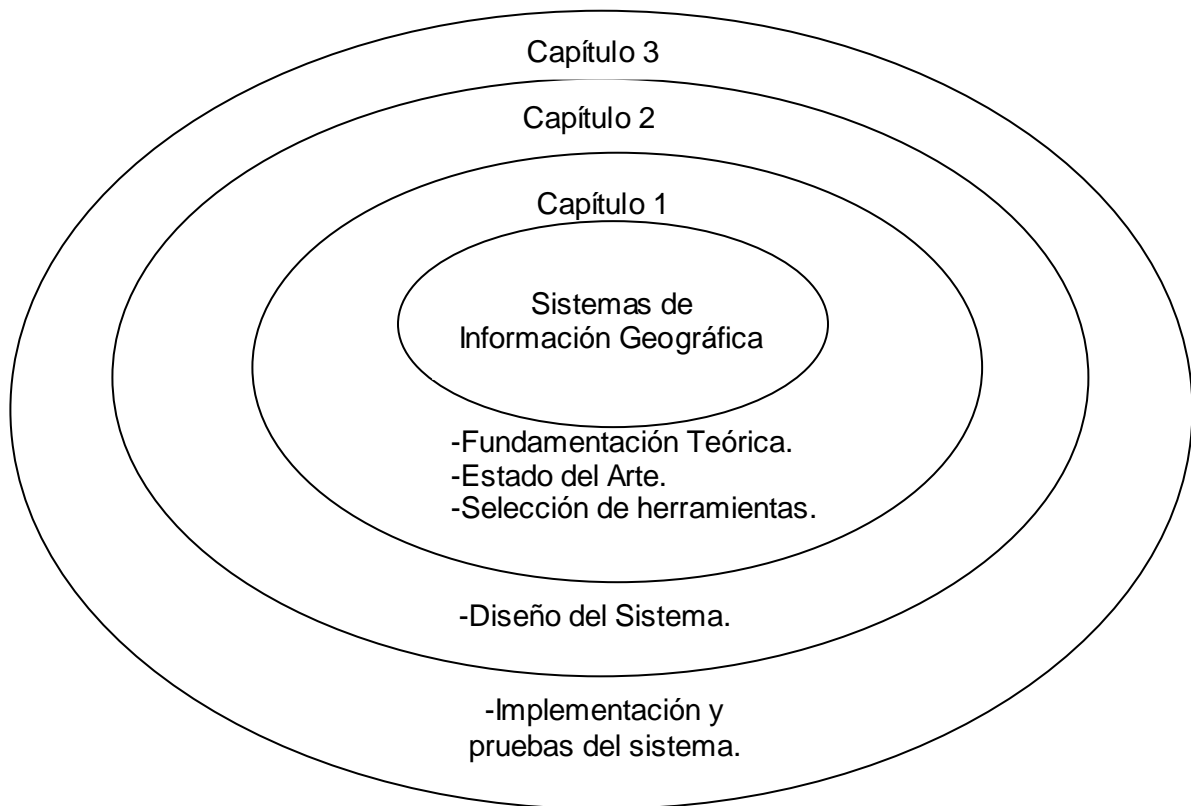


Figura 1 Estructura de la investigación.

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Introducción

En el presente capítulo serán abordados los conceptos y definiciones necesarias para la comprensión del trabajo y las herramientas que facilitan el desarrollo de aplicaciones basadas en SIG. Además, se definen las tecnologías y metodología de desarrollo de software a utilizar para el diseño e implementación del sistema propuesto.

Marco Teórico

A continuación se enuncian varias definiciones que contribuirán a la comprensión del presente trabajo.

Mapa: El concepto de mapa proviene del término latino *mappa*. Se trata de una representación gráfica y métrica de una porción de territorio sobre una superficie bidimensional, que por lo general suele ser plana, aunque también puede ser esférica como en el caso de los globos terráqueos [2].

Imágenes vectoriales: son imágenes digitales compuestas por objetos geométricos independientes. Estos objetos (por ejemplo, polígonos o segmentos) están definidos por atributos matemáticos que establecen su color, posición y otras características [3].

Topología: Rama de las matemáticas que trata especialmente de la continuidad y de otros conceptos más generales originados de ella, como las propiedades de las figuras con independencia de su tamaño o forma [4].

Entidad: En un Sistema Gestor de Bases de Datos (SGBD), una entidad es un objeto del mundo real, algo que tiene interés para el usuario [5].

Depósito temporal de mercancías: Lugar o instalación autorizado por la Aduana para el almacenamiento de mercancías que no hayan sido declaradas, extraídas, reclamadas, formalizadas o que esperen un destino final después de haberse aceptado o declarado su abandono, o cualesquiera otras que la Ley disponga. Puede ser de frontera (portuario o aeroportuario) o interior [6].

Almacén Destino: Lugar o instalación que no pertenece a la Aduana y para la cual se transportan las mercancías desde los depósitos temporales [6].

Sistema de Información Geográfica

Los SIG son utilizados en la actualidad para la gestión de recursos, la arqueología, la planificación urbana y la cartografía entre otras aplicaciones ya que facilitan el análisis de la información y brindan una información detallada, confiable y referenciada espacialmente.

Existen varias definiciones de Sistema de Información Geográfica entre las que se encuentra:

- Una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñada para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información

geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión geográfica [7].

- Un sistema de Información concebido para trabajar con datos referenciados en el espacio (geográfico). Tiene capacidades específicas para manejar datos espaciales y analizarlos mediante un conjunto de operaciones [8].

Teniendo en cuenta las definiciones estudiadas, en el marco de esta investigación será asumida la siguiente definición:

- Un SIG es un modelo de una parte de la realidad referido a un sistema de coordenadas terrestre y construido para satisfacer unas necesidades concretas de información. En el sentido más estricto, es un sistema de información capaz de integrar, almacenar, editar, analizar, compartir y mostrar la información geográficamente referenciada. En un sentido más genérico, los SIG son herramientas que permiten a los usuarios crear consultas interactivas, analizar la información espacial, editar datos, mapas y presentar los resultados de todas estas operaciones [9].

Tipos de SIG

Los SIG pueden ser divididos en 4 grupos de programas informáticos según su dominio en el mercado internacional [10]:

- SIG de escritorio: Utilizados para crear, editar, administrar, analizar y visualizar los datos geográficos, son clasificados en tres categorías según su funcionalidad:
 - ✓ Visor SIG: Son software que permiten desplegar información geográfica a través de una interfaz que funciona como visor, en la cual se pueden agregar varias capas de información.
 - ✓ Editor SIG: Es aquel SIG orientado principalmente al tratamiento previo de la información geográfica para su posterior análisis. Antes de introducir datos a un SIG es necesario prepararlos para su uso en este tipo de sistemas.
 - ✓ SIG de análisis: Disponen de funcionalidades de análisis espacial y modelización cartográfica de procesos.
- Componentes de desarrollo SIG: Paquete de herramientas que permiten la programación de funciones de visualización y consulta de información geográfica.
- SIG Web: Permiten la visualización de datos y acceder a funcionalidades de análisis y consulta de servidores SIG a través de una red de computadoras.
- SIG móviles: Usados para la recogida de datos a través de dispositivos móviles. Con la adopción generalizada por parte de estos dispositivos de localización *Global Positioning System* (GPS) integrados, el software SIG permite utilizarlos para la captura y manejo de datos en campo.

Modo de representación de los datos en un Sistema de Información Geográfica

El modo en que son representados los datos en un SIG se agrupa en dos categorías principales. La primera son los **SIG Raster**, los cuales están centrados en las propiedades del espacio más que en la precisión de la ubicación, son utilizados en estudios medioambientales donde no se requiere una elevada precisión espacial (por ejemplo, contaminación atmosférica, distribución de temperaturas, localización de especies marinas, análisis geológicos, etc.). La segunda categoría contiene los **SIG Vectoriales**, estos centran su interés en representar con precisión la localización de los elementos geográficos sobre el espacio y son utilizados en el análisis de redes. Por ello en el marco de este trabajo se referenciarán solamente a los SIG vectoriales.

SIG vectorial

Modelo vectorial: El modelo vectorial es utilizado para almacenar datos geográficos. Los datos vectoriales pueden ser: puntos, líneas o arcos y polígonos. Los nodos son los puntos donde se cruzan varios arcos. La localización de los nodos y la estructura topológica es almacenada de forma explícita. Las entidades quedan definidas por sus límites solamente y los segmentos curvos son representados como una serie de arcos conectados. El almacenamiento de los vectores implica el almacenamiento explícito de la topología, sin embargo solo almacena aquellos puntos que definen las entidades y todo el espacio fuera de éstas no está considerado [11].

En un SIG vectorial las características geográficas se expresan con imágenes manteniendo las características geométricas de las figuras. Cada una de estas imágenes está relacionada con fila en una base de datos que almacena sus atributos. Esta información puede ser utilizada para crear un mapa vectoriales (ver Figura 2) que describa un atributo particular contenido en la base de datos [11].



Figura 2 Mapa vectorial. Tomado de: [12].

Modelo Topológico arco-nodo.

La topología más robusta que utilizan los SIG vectoriales es la topología arco-nodo. Dicha topología estructura la información geográfica en pares de coordenadas, las cuales son las entidades básicas para el modelo de datos. Con esos pares de coordenadas forman los puntos y con ellos forman los vértices y nodos como muestra la Figura 3. Agrupando los nodos forman las líneas y a su vez con estas se forman los polígonos (ver Figura 4). Para poder implementar esto el SIG requiere la conexión de los mismos en una o varias bases de datos. Estas bases de datos en sus tablas contienen la información de las entidades graficadas [13].



Figura 3 Formación de líneas en la topología Arco-Nodo. Tomado de:[14].



Figura 4 Formación de polígonos en la topología Arco-Nodo. Tomado de:[14].

Para modelar de forma digital las entidades del mundo real utilizan los tres elementos geométricos antes mencionados:

- Puntos: Utilizados para las entidades geográficas que deben ser expresadas por un solo punto de referencia; por ejemplo, puntos de interés turístico o zonas en una escala pequeña como una ciudad en el mapa del mundo.
- Líneas o poli-líneas: Las líneas o poli-líneas son usadas para representar carreteras, ríos o líneas topográficas de nivel.
- Polígonos: Los polígonos son utilizados para representar áreas que cubren un área de la superficie de la tierra, como son: lagos, provincias o secciones de suelo que sean de interés especial.

Los SIG vectoriales establecen relaciones entre las entidades estableciendo un modelo topológico de las mismas. En un SIG se designa como topología a las relaciones espaciales que existen entre sus diferentes elementos gráficos (nodo, arco/línea, polígono) y a su posición en el mapa. Debido a estas relaciones topológicas, el SIG puede establecer cuestiones tales como: proximidad entre dos entidades que integran el mapa, definir cuando una entidad está incluida dentro de otra, cuándo se conectan dos carreteras, qué sucesión de líneas forman un puente, definir una parcela de tierra específica permitiendo especificar la vecindad entre las mismas, entre otras. Esas relaciones topológicas permiten realizar análisis de alto nivel de complejidad en los datos.

Cálculo de rutas en Sistemas de Información Geográfica

Un SIG destinado al cálculo de rutas debe ser capaz de definir el camino más corto entre dos puntos teniendo en cuenta tanto direcciones y sentidos de circulación como direcciones prohibidas y áreas inaccesibles. También debe simular flujos a lo largo de una red como son puntos necesarios de abastecimiento, cantidad de combustible necesario para realizar un recorrido, entre otros, dependiendo de los requerimientos del tipo de red a la que esté destinado su funcionamiento.

El sistema PgRouting es una extensión del SGBD PostgreSQL, lo cual le posibilita utilizar todas las potencialidades que brinda dicho sistema como almacenamiento y realizar consultas, se utiliza para búsquedas de caminos mínimos en un SIG. Dicho sistema hace uso del modelo relacional extendido (MRE) y realiza la búsqueda a partir de una cartografía almacenada en la base de datos.

Principales cuestiones que debe resolver un SIG

Hasta el momento han sido descritas las capacidades de un SIG para satisfacer las demandas espaciales relacionando datos en correspondencia a una ubicación geográfica. Pero un SIG moderno también debe resolver cuestiones importantes para darle cumplimiento a las demandas requeridas por el usuario [15]. Tales como:

- **Localización:** Se refiere a que el SIG debe ser capaz de identificar qué es lo que se encuentra en un lugar determinado. La localización puede indicarse de varias formas como son un código postal o por las coordenadas geográficas en los ejes de coordenadas.
- **Rutas:** El sistema debe ser capaz de calcular rutas óptimas entre dos o más puntos.

Existen varios modelos utilizados para representar redes en un SIG, los más relevantes entre ellos son:

- **Modelo relacional extendido.** En este modelo se consideran tres elementos fundamentales: entidades, atributos y relaciones [5]. Una entidad es un conjunto de ocurrencias que comparten las mismas propiedades, el atributo es algo que la caracteriza y una relación es la relación de esta entidad con otras entidades [16].
- **Modelo Orientado a Objetos.** El modelo orientado a objetos se basa en la representación de entidades como objetos que pueden representar calles, edificios, etc. La ventaja que tiene este modelo sobre el modelo relacional es que es posible incluir un objeto en concreto con sus variables y los métodos que lo modifican. Estos objetos pertenecen a clases que pueden establecer relaciones de herencia, asociación y agregación así como el polimorfismo y el encapsulamiento. Ello posibilita modelar una red de transporte pero los mismos no se pueden manejar de forma natural [17].

Análisis crítico de herramientas existentes

Inicialmente hasta finales de los años 90 los SIG eran utilizados para mantener registros internos y el software era desarrollado como un producto independiente. A finales del Siglo XX y principios del XXI, debido al uso cada vez mayor de las redes locales y la internet asociado al aumento de la demanda de datos geográficos, los SIG han cambiado su perspectiva hacia la distribución de datos a través de las redes; existiendo una gran cantidad de empresas proveedoras de servicios como Google, Microsoft, MapInfo, Smallworld, entre otras. En el presente epígrafe se realizará un análisis de las diferentes soluciones y software existentes en la actualidad.

Existen varias herramientas SIG dedicadas a la gestión del transporte, entre las que se encuentra TransCAD. Esta herramienta es un SIG diseñado especialmente para profesionales de transporte con el objetivo de almacenar, mostrar y analizar datos de transporte. Integra un SIG con las herramientas de análisis de Transporte [18].

El SIGTEBAL es un sistema el cual es construido a partir del diseño de una base de datos geográfica de la red viaria regional de Mallorca, a la cual se le incorpora información correspondiente al sistema de rutas de transporte escolar (paradas, itinerarios, colegios, etc.). El proceso analítico y de planificación de rutas es realizado a partir de la implementación de diversos métodos de optimización. El objetivo final ha sido el diseño y la implementación de un aplicativo orientado al personal técnico de la Consejería de Educación del Gobierno Balear para facilitar las tareas de gestión de rutas escolares [19]. Otro sistema es INTRUPUBA (Investigación de Transporte Público Urbano del área Metropolitana de Buenos Aires), el mismo realiza corrección cartográfica, corrección de información alfanumérica, inclusión de hitos y ajuste geográfico de la cartografía [20].

Existen así también varios artículos dedicados al cálculo de rutas óptimas en un SIG, entre los que se encuentran: “Cálculo de rutas óptimas mediante SIG en el territorio de la ciudad Celtibérica de Segeda. Propuesta Metodológica” este artículo muestra una propuesta metodológica para el cálculo de rutas óptimas entre yacimientos de un mismo momento cronológico. Este modelo ha sido aplicado sobre asentamientos celtibéricos del entorno de la ciudad-estado de Segeda [21]. Otro trabajo relacionado con la temática es “Integración de un SIG con modelos de cálculo y optimización de rutas de vehículos CVRP y Software de Gestión de Flotas”, el mismo presenta los resultados alcanzados en un proyecto cuyo principal objetivo es el desarrollo de una herramienta informática profesional que resuelva problemas reales de flotas de vehículos capacitados CVRP, el cálculo de rutas, y su gestión [22].

En el trabajo “Cálculo de rutas óptimas para el transporte de residuos tóxicos y peligrosos”, se utiliza un SIG (PC Arc/Info) para calcular una serie de rutas de transporte de residuos tóxicos y peligrosos, a través de un importante corredor industrial de la región de Madrid: el Corredor del

Henares. El objetivo de este trabajo era calcular rutas de costo y riesgo mínimo con una doble finalidad [23].

Otro de los trabajos sobre este tema es “Herramienta de cálculo de rutas óptimas según parámetros de accesibilidad física en itinerarios urbanos”, el mismo es la síntesis del trabajo realizado en el contexto del Proyecto PATRAC, para desarrollar una herramienta informática capaz de calcular rutas óptimas en ámbitos urbanos teniendo en cuenta ciertos parámetros de accesibilidad física, como son la pendiente, la anchura y la altura mínimas o la iluminación [24].

En Cuba se han desarrollado SIG en el sector de la salud para la gestión de estadísticas, entre las que se encuentran el Sistema de Información Geográfica de Epidemiología (SIG-EPI) [25], encargado de realizar análisis de tipo epidemiológicos en el país. El mismo no brinda funcionalidades de cálculo de rutas.

También existe el Sistema de Información Geográfica para la Gestión de la Estadística de Salud de Cuba (SIG-ESAC) [26], el cual representa las estadísticas de la salud en una cartografía, este sistema no realiza cálculo de rutas. Son usados también en proyectos de planeación urbana y de gestión del medio ambiente dándole seguimiento con mayor prioridad a las zonas de posibles inundaciones [27].

En la Universidad de las Ciencias Informáticas se desarrolló el SIG UCI [28], una aplicación que muestra el mapa de la universidad y brinda información de todas sus edificaciones, a pesar de sus características, el sistema presenta las siguientes deficiencias:

- No realiza cálculos de camino mínimo.
- No permite ubicar puntos de control.

Teniendo en cuenta las prestaciones de este sistema, podemos decir que no satisface en su totalidad el problema planteado en la investigación. Su uso es recomendado en caso de que se necesite información de las edificaciones de la UCI.

Otro sistema es el SIGRUTAS, el cual facilita al usuario la selección del destino en el sistema de transportación de trabajadores en la UCI [29]. Brinda información de las rutas de la transportación de los trabajadores en la UCI y representa gráficamente dichas rutas en la cartografía. A pesar de las características del sistema mencionadas con anterioridad, el mismo presenta la siguiente deficiencia:

- No realiza cálculos de camino mínimo.

Teniendo en cuenta las características del sistema, se puede decir del mismo, que no satisface las necesidades planteadas por el usuario, y se recomienda su uso en caso de que sea necesario saber el destino de una transportación de trabajadores en la UCI en específico.

Otro sistema existente es el SIG_Verano, este brinda información asociada a la disponibilidad de los distintos locales destinados a la recreación familiar durante el verano [30], el sistema presenta las siguientes deficiencias:

- No realiza el cálculo de caminos mínimos.
- No permite ubicar puntos de control.

Teniendo en cuenta las características del sistema, se puede decir que no cumple con las funcionalidades que exige el usuario, y se recomienda su uso cuando se necesite información geográfica de un lugar de recreación en específico.

Después de haber realizado el análisis crítico de los sistemas existentes en Cuba, se afirma que hasta el momento no existe ninguno que cumpla con las exigencias de la AGRC para el transporte de las mercancías almacenadas en los depósitos.

Tecnología a utilizar

En este epígrafe se realizará la selección de las herramientas a utilizar en la implementación de la solución.

1. Servidores de mapas de código abierto

En los últimos tiempos ha crecido exponencialmente el uso del software libre, de igual manera también ha incrementado el uso de herramientas SIG. Entre los servidores de mapas de código abierto existentes en el mundo se pueden mencionar los siguientes: Map Guide Open Source [31], Geoserver [32], Deegree [33] y UMN Mapserver [34]. Para el desarrollo del presente trabajo fue escogido este último por poseer una serie de características que necesarias para el desarrollo del sistema propuesto. Dichas características son:

Salidas cartográficas avanzadas.

- Ejecución de la aplicación y dibujo de elementos según la escala.
- Generación automática de los elementos de un mapa (barra de escala, mapa de referencia y leyenda).

Soporte a los lenguajes de scripting y ambientes de desarrollo más populares.

- PHP, Python, Perl, Ruby, Java y .NET.

Soporte multiplataforma.

- Linux, Windows, Mac OS X, Solaris, entre otros.

Múltiples formatos de datos vectoriales y raster.

- Shapefile de ESRI.

2. Herramientas de cálculo de rutas

Existen varias herramientas para el cálculo de rutas óptimas entre las que se encuentran CC-Link [25], PgRouting [35], entre otras. Fue escogida para el desarrollo de la aplicación la biblioteca PgRouting, por ser una de las herramientas más utilizada en el ámbito de software libre. PgRouting.

está disponible bajo la licencia GPLv2 [36], es una extensión de PostgreSQL que permite trabajar con redes y hace uso de las funcionalidades que brinda PostGIS [37].

Las principales funcionalidades que brinda son las siguientes:

- Camino mínimo (Dijkstra): Cálculo de rutas
- Camino mínimo (A-Star): Cálculo de rutas para conjunto de datos grandes (con heurísticas)
- Cálculo de ruta (ISO líneas)

3. Servidores web

Existen varios servidores web entre los que se encuentran Microsoft IIS [38], Sun [39], Java System Web Server [39] y Apache2 [40]. Se escogió este último porque además de estar definido su uso por el proyecto presenta un grupo de características que se mencionan a continuación:

- Es un servidor web HTTP de código abierto, tiene soporte para varias plataformas, como son: Unix (BSD, GNU/Linux, etc.), Microsoft Windows, Macintosh, entre otras.
- Es una potente y robusta plataforma para el desarrollo y distribución de aplicaciones basadas en la web.

4. Lenguajes de programación de código abierto

Entre los lenguajes de programación de código abierto están: ASP.NET [41], Perl [42], PHP5 [43], entre otros. El uso de este último está definido por el proyecto productivo GINA, a continuación se presentan algunas de sus características:

- Es un lenguaje multiplataforma;
- Facilita la conexión con un gran número de bases de datos como PostgreSQL, MySQL, Oracle, Informix, entre otros.
- Es extensible a través de la creación de módulos y bibliotecas externas.

5. Tecnologías SIG del lado del cliente

Existen varias tecnologías SIG del lado del cliente entre las que se encuentran Openlayer [44] y GeoExt [45]. Para el desarrollo de la aplicación se escogió GeoExt (ExtJS + Openlayer) con el objetivo de mantener el formato de las interfaces visuales definidas por el proyecto GINA. Esta tecnología presenta otras características como son:

- Permite crear, de forma fácil, aplicaciones para la visualización, edición y diseño de datos geoespaciales.
- Es utilizada en la creación de las siguientes herramientas:
 - *Styler*: Una aplicación de diseño interactivo de datos geoespaciales.
 - *GeoExplorer*: una herramienta para navegar a través de datos geoespaciales en la web. El panel del mapa, árbol de capas y la leyenda.

6. Sistema Gestor de Base de Datos

PgRouting es una extensión de PostgreSQL, por lo que se escogió este SGBD para el desarrollo del sistema propuesto. PostgreSQL es un potente gestor de bases de datos de código abierto que tiene las siguientes características [46]:

- Perteneciente al ámbito del software libre.
- Es robusto, cumple con los estándares SQL y es escalable.
- Cuenta con versiones para una amplia gama de sistemas operativos, entre ellos: Linux, Windows, Mac OS X, Solaris, BSD y Tru64.

Metodologías de desarrollo de software

Las metodologías de desarrollo de software surgen ante la necesidad de utilizar una serie de procedimientos, técnicas, herramientas y soporte documental a la hora de desarrollar un producto software. Dichas metodologías pretenden guiar a los desarrolladores al crear un nuevo software, pero los requisitos de un software a otro son tan variados y cambiantes, que ha dado lugar a que exista una gran variedad de metodologías para la creación del software [47].

Existen varias metodologías entre las están Programación Extrema o XP (*Extreme Programming*), RUP (*Rational Unified Process*), entre otras.

Para el desarrollo del presente trabajo fue utilizada RUP, debido a que el equipo de desarrollo está familiarizado con la misma, es una metodología mediante la cual se generan los artefactos necesarios para el correcto diseño del sistema. La misma presenta las siguientes características [47]:

RUP es un proceso y en su modelación define como sus principales elementos:

- Trabajadores (“Quién”): Define el comportamiento y responsabilidades (rol) de un individuo, grupo de individuos, sistema automatizado o máquina, que trabajan en conjunto como un equipo. Ellos realizan las actividades y son propietarios de elementos.
- Actividades (“Cómo”): Es una tarea que tiene un propósito claro, es realizada por un trabajador y manipula elementos.
- Artefactos (“Qué”): Productos tangibles del proyecto que son creados, modificados y usados por las actividades. Pueden ser modelos, elementos dentro del modelo, código fuente y ejecutables.
- Flujos de actividades (“Cuándo”): Secuencia de actividades realizadas por trabajadores y que produce un resultado.

El ciclo de vida de RUP presenta tres características fundamentales: dirigido por casos de uso, centrado en la arquitectura, iterativo e incremental.

- **Dirigido por casos de uso:** Los casos de uso reflejan lo que los usuarios futuros necesitan y desean, estos son captados cuando se modela el negocio y representados a través de los requerimientos. A partir de aquí los casos de uso guían el proceso de desarrollo ya que los

modelos que obtenidos como resultado de los diferentes flujos de trabajo, representan la realización de los casos de uso (cómo se llevan a cabo).

- **Centrado en la arquitectura:** La arquitectura muestra la visión común del sistema completo en la que el equipo de proyecto y los usuarios deben estar de acuerdo, por lo que describe los elementos del modelo que son más importantes para su construcción, los cimientos del sistema que son necesarios como base para comprenderlo, desarrollarlo y producirlo económicamente.

- **Iterativo e Incremental:** RUP propone que cada fase sea desarrollada en iteraciones. Una iteración involucra actividades de todos los flujos de trabajo, aunque desarrolla fundamentalmente algunos más que otros.

RUP divide el proceso de desarrollo en ciclos, teniendo un producto funcional al final de cada ciclo, cada ciclo se divide en fases que finalizan con un hito donde se toma una decisión importante, las cuatro fases que incluye RUP son:

- Inicio: el objetivo en esta etapa es determinar la visión del proyecto.
- Elaboración: en esta etapa el objetivo es determinar la arquitectura óptima.
- Construcción: en esta etapa el objetivo es obtener la capacidad operacional inicial.
- Transición: el objetivo es llegar a obtener el *release* del proyecto.

Entorno de trabajo a utilizar

En el desarrollo de software, un entorno de trabajo o marco de trabajo es una estructura de soporte definida sobre la cual un proyecto puede ser organizado y desarrollado. Puede incluir soporte de programas, bibliotecas y un lenguaje de programación para desarrollar y unir los diferentes componentes de un proyecto. Representa una arquitectura de software que modela las relaciones generales de las entidades del dominio. Provee una estructura y una metodología de trabajo, la cual extiende o utiliza las aplicaciones del dominio. Los entornos de trabajo son diseñados con la intención de facilitar y agilizar el desarrollo de software, permitiendo a los diseñadores y programadores pasar más tiempo identificando requerimientos de software que tratando con los tediosos detalles de bajo nivel de proveer un sistema funcional [48].

Symfony

Symfony es un entorno de trabajo desarrollado en el lenguaje PHP. El mismo facilita el desarrollo de aplicaciones web en dicho lenguaje. Se encarga de todos los aspectos comunes de las aplicaciones web, dejando que el programador se dedique a aportar valor desarrollando las características únicas de cada proyecto. Aumenta la productividad y contribuye a mejorar la calidad de las aplicaciones web aplicando un conjunto de buenas prácticas y patrones de diseño que son definidos para la web [49].

Symfony es el entorno de trabajo definido en el proyecto GINA y el mismo presenta las siguientes características [50]:

- Fácil de instalar y configurar en sistemas Windows, Mac y Linux
- Brinda soporte para la conexión con los siguientes SGBD: MySQL, PostgreSQL, SQLite, Oracle, MS SQL Server.
- Compatible solamente con PHP 5 desde hace años, para asegurar el mayor rendimiento y acceso a las características más avanzadas de PHP.
- Preparado para aplicaciones empresariales, ya que se adapta con facilidad a las políticas y arquitecturas propias de cada empresa u organización.
- Extensible mediante un mecanismo de *plugins*.

Herramientas de desarrollo

Las herramientas de desarrollo de software permiten a los desarrolladores la creación de aplicaciones para sistemas concretos. Las más comunes incluyen técnicas de soporte para la detección de errores de programación, la generación automática de código, entre otras características que facilitan y agilizan el desarrollo de soluciones de software. Frecuentemente incluyen también códigos de ejemplo, notas técnicas y documentación de soporte [51].

Netbeans

Netbeans es una herramienta para que los programadores puedan escribir, compilar, depurar y ejecutar programas. Está escrito en Java, pero se utiliza para desarrollar en varios lenguajes de programación [52].

Características:

- Netbeans es un Entorno de Desarrollo Integrado (IDE) de código abierto y gratuito.
- Es multiplataforma, haciendo posible su uso en diversos sistemas operativos.
- Brinda las herramientas necesarias para el desarrollo en lenguajes como Java, XML, HTML, PHP y Java Script.
- Presenta aplicaciones para la detección y tratamiento de errores.
- Tiene una amplia comunidad de desarrollo y soporte.

Herramienta CASE

Las herramientas CASE (Computer Aided Software Engineering) brindan soporte para desarrollar y mantener software. Son herramientas individuales que ayudan al desarrollador de software o administrador de proyecto durante una o más fases del desarrollo de software (o mantenimiento) [53].

Visual Paradigm

Es una herramienta CASE profesional que soporta el ciclo de vida completo del desarrollo de software: análisis y diseño orientados a objetos, construcción, pruebas y despliegue. El software de

modelado UML ayuda a una rápida construcción de aplicaciones de calidad, mejores y a un menor coste. Permite dibujar todos los tipos de diagramas de clases, código inverso, generar código desde diagramas y generar documentación. La herramienta CASE también proporciona abundantes tutoriales de UML, demostraciones interactivas de UML y proyectos UML [54].

Características:

- Soporte de UML versión 2.1.
- Diagramas de Procesos de Negocio.
- Ingeniería inversa.
- Modelo a código, diagrama a código.
- Diagramas de flujo de datos.
- Soporte ORM.
- Generación de bases de datos.
- Transformación de diagramas de Entidad-Relación en tablas de base de datos.
- Distribución automática de diagramas.

Conclusiones parciales

Luego del análisis realizado se arribó a las siguientes conclusiones:

- Con el estudio realizado, de los Sistemas de Información Geográfica seleccionados en este capítulo, se llega a la conclusión de que ninguno responde a las necesidades de la AGRC, determinándose de esta forma que ninguno puede ser parte íntegra de la solución.
- Durante el diseño y la implementación de la solución, las herramientas y tecnologías utilizadas serán las descritas en el presente capítulo.

CAPÍTULO 2: DISEÑO DEL SISTEMA

En el presente capítulo se enuncia el análisis y diseño del SIG para la gestión de la información del transporte de los depósitos temporales de la AGRC. Comenzando por la enumeración de los requisitos funcionales (RF) que debe poseer el mismo, los cuales contribuirán a la comprensión del sistema de forma general. También se describirá la arquitectura y los patrones de diseño a utilizar en la implementación del sistema y se presentan los diagramas de clases del diseño con estereotipos web, diagramas de actividades así como el modelo de clases del sistema.

Requisitos funcionales

- **Requisito 1:** Mostrar mapa: El sistema debe mostrar el mapa en el navegador web, permitiendo que el usuario escoja la capa con la que desea interactuar.
- **Requisito 2:** Gestionar información geográfica de los depósitos temporales: Los depósitos temporales son locales que utiliza la AGRC para almacenar temporalmente mercancía, para luego transportarla a un depósito o almacén de destino. El sistema permitirá al usuario adicionar, modificar y eliminar los datos geográficos de dichos depósitos temporales. Estos datos serán almacenados utilizando el SGBD PostgreSQL.
- **Requisito 3:** Gestionar información geográfica de los almacenes destinos: Estos se comportan de manera similar que los depósitos temporales, pero sólo pueden ser el destino de una extracción, nunca el origen porque al no ser propiedad de la AGRC, la transportación de la mercancía a partir de estos no corresponde a la misma.
- **Requisito 4:** Calcular ruta: El sistema será capaz de calcular la ruta más corta entre un depósito temporal de origen y un depósito temporal o almacén de destino.
- **Requisito 5:** Gestionar ruta: Existen rutas definidas para la transportación de las mercancías entre los depósitos temporales y almacenes destinos de la AGRC. El sistema permitirá adicionar, modificar y eliminar dichas rutas.
- **Requisito 6:** Gestionar información de las unidades de transporte: Las unidades de transporte son los vehículos con los que cuenta la AGRC para la transportación de mercancías. El sistema permitirá adicionar, modificar y eliminar la información almacenada el SGBD PostgreSQL de la unidad de transporte.
- **Requisito 7:** Gestionar puntos de control: Los puntos de control son lugares establecidos en los cuales se controla la transportación de la mercancía. El sistema permitirá adicionar, modificar y eliminar la información de estos puntos.
- **Requisito 8:** Gestionar reporte de punto de control: Cuando un transporte pasa por un punto de control es emitido un reporte con una serie de datos establecidos para el control del mismo. El sistema permitirá adicionar, modificar y eliminar dichos reportes.

- **Requisito 9:** Gestionar viaje: Un viaje es el transporte de la mercancía desde un depósito temporal hacia otro depósito temporal o a un almacén de destino. El sistema permitirá adicionar, modificar y eliminar dicho viaje.
- **Requisito 10:** Mostrar Información: El sistema permitirá mostrar la información almacenada de las diferentes entidades de interés para el negocio.
- **Requisito 11:** Generar el reporte del viaje: El reporte del viaje es generado con todos los datos del viaje, del vehículo asociado y los reportes de puntos de control por los que paso dicho transporte. El sistema permitirá generar dicho reporte.
- **Requisito 12:** Exportar a PDF el reporte del viaje: El sistema permitirá exportar este reporte en formato PDF.

Arquitectura

“La Arquitectura de Software es la organización fundamental de un sistema encarnada en sus componentes, las relaciones entre ellos y el ambiente y los principios que orientan su diseño y evolución” [55]. La misma está compuesta por los artefactos más significativos, permitiendo establecer un esquema de cómo va a quedar constituido el software. Sobre la arquitectura inicial se van agregando nuevos artefactos propiciando así una arquitectura más robusta, describiéndose en la misma los principales aspectos tomados en cuenta para la construcción del software de forma progresiva.

Patrones arquitectónicos

Un patrón es una descripción de un problema bien conocido que suele incluir: descripción, escenario de uso, solución concreta, consecuencias de utilizar el patrón, ejemplos de implementación y lista de patrones relacionados [56].

En el mundo del software los patrones implementan soluciones a problemas frecuentes, brindando un vocabulario de entendimiento común entre los desarrolladores [57].

El uso del entorno de trabajo Symfony [58] para el desarrollo del sistema brinda facilidades a los desarrolladores del software, pues este fusiona buenas prácticas de trabajo por sí mismo, propiciando de esta forma que los desarrolladores no tengan que preocuparse por implementar varios patrones de diseño y arquitectónicos de los más utilizados hoy día, pues el mismo entorno de trabajo lo maneja internamente [59]. A continuación se mencionan varios patrones de diseño y arquitectónicos que han sido utilizados durante el desarrollo de la solución.

Patrón Modelo Vista Controlador (MVC)

Symfony está basado en el patrón de arquitectura MVC [60]. Dicho patrón está formado por tres niveles como se muestra en la Figura 5:

- El modelo representa la información con la que trabaja la aplicación, es decir, su lógica de negocio.

- La vista transforma el modelo en una página web que permite al usuario interactuar con ella.
- El controlador se encarga de procesar las interacciones del usuario y realiza los cambios apropiados en el modelo o en la vista.

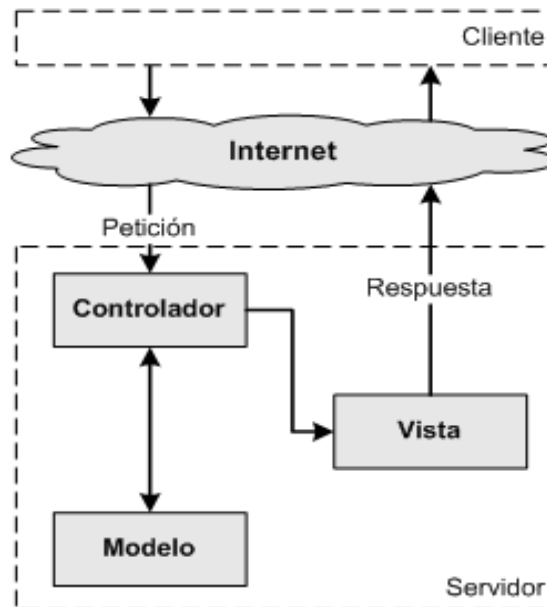


Figura 5 Patrón Modelo Vista Controlador. Tomado de[60].

La arquitectura MVC separa la lógica de negocio (el modelo) y la presentación (la vista), por lo que se consigue un mantenimiento más sencillo de las aplicaciones. Por ejemplo, si una aplicación debe ejecutarse tanto en un navegador estándar como en un navegador de un dispositivo móvil, solamente es necesario crear una vista nueva para cada dispositivo; manteniendo el controlador y el modelo original. El controlador se encarga de aislar al modelo y a la vista de los detalles del protocolo utilizado para las peticiones (HTTP, consola de comandos, email, etc.). El modelo realiza la abstracción de la lógica relacionada con los datos, haciendo que la vista y las acciones sean independientes de, por ejemplo, el tipo de gestor de bases de datos utilizado por la aplicación.

Patrones de Diseño utilizados

Un patrón de diseño es una descripción de clases y objetos que se comunican entre sí, adaptada para resolver un problema general de diseño en un contexto particular [61].

Patrones GRASP

Son una descripción de los principios fundamentales de la asignación de responsabilidades expresados como patrones [59].

- **Patrón Experto**

Es uno de los patrones más utilizados cuando se trabaja con Symfony, con la inclusión de la biblioteca Propel. Symfony utiliza esta biblioteca para implementar la capa de abstracción en el modelo, encapsular los datos y generar las clases con todas las funcionalidades comunes de

las entidades, las clases de abstracción de datos poseen un grupo de funcionalidades que están relacionadas directamente con la entidad y contienen la información necesaria de la tabla a la que representan [50].

- **Patrón Creador**

El módulo Depósito Temporal contiene la clase *actions* en la cual se ejecutan las funcionalidades del sistema. En dicha clase las acciones se encargan de crear los objetos que representan las entidades, siendo esta una de las características del patrón creador.

- **Patrón Controlador**

En la solución, todas las peticiones son manejadas por un solo controlador frontal (ejemplo: `deposito_dev.php`).

- **Patrón Bajo Acoplamiento**

La clase *actions* hereda únicamente de *sfActions* para alcanzar un bajo acoplamiento de clases. Las clases que implementan la lógica del negocio y de acceso a datos se encuentran en el modelo, estas no tienen asociaciones con las clases de la vista o el controlador [50].

- **Patrón Alta Cohesión**

Symfony facilita la organización del trabajo en cuanto a la estructura del proyecto y la asignación de responsabilidades con una alta cohesión. Un ejemplo de ello es la clase *actions*, la cual está formada por varias funcionalidades que están estrechamente relacionadas, siendo la misma la responsable de definir las acciones para las plantillas y colaborar con otras clases para realizar diferentes operaciones, instanciar objetos y acceder a las propiedades [50].

Patrones GoF

Los patrones Gof se clasifican en 3 categorías atendiendo a su propósito: creacionales, estructurales y de comportamiento [61].

De estos patrones, para la solución propuesta se utilizaron:

- **Instancia única**

La clase *sfRouting* contiene el método `getInstance ()`. Esta clase la utiliza el controlador frontal (*sfWebFrontController*) y se encarga de guiar todas las peticiones que se realicen a la aplicación. El instancia única precisa otros métodos útiles para la gestión manual de las rutas: `ClearRoutes ()`, `hasRoutes ()`, `getRoutesByName ()` [50].

- **Decorador**

Añade funcionalidad a una clase, dinámicamente. El archivo `layout.php`, que también es denominada plantilla global, almacena el código HTML que es común a todas las páginas de la aplicación para no tener que repetirlo en cada página. El contenido de la plantilla se integra en el *layout* decorando la misma [50].

Diagrama de casos de uso del negocio

Este tipo de diagrama muestra la relación entre un conjunto de casos de uso de un sistema y los actores. Tiene por objeto ofrecer una clase de diagrama contextual que permita conocer rápidamente los actores de un sistema y las formas básicas en que lo utilizan [62].

En la Figura 6 se muestra el diagrama de casos de uso del sistema, artefacto generado en la fase de elaboración de la metodología propuesta.

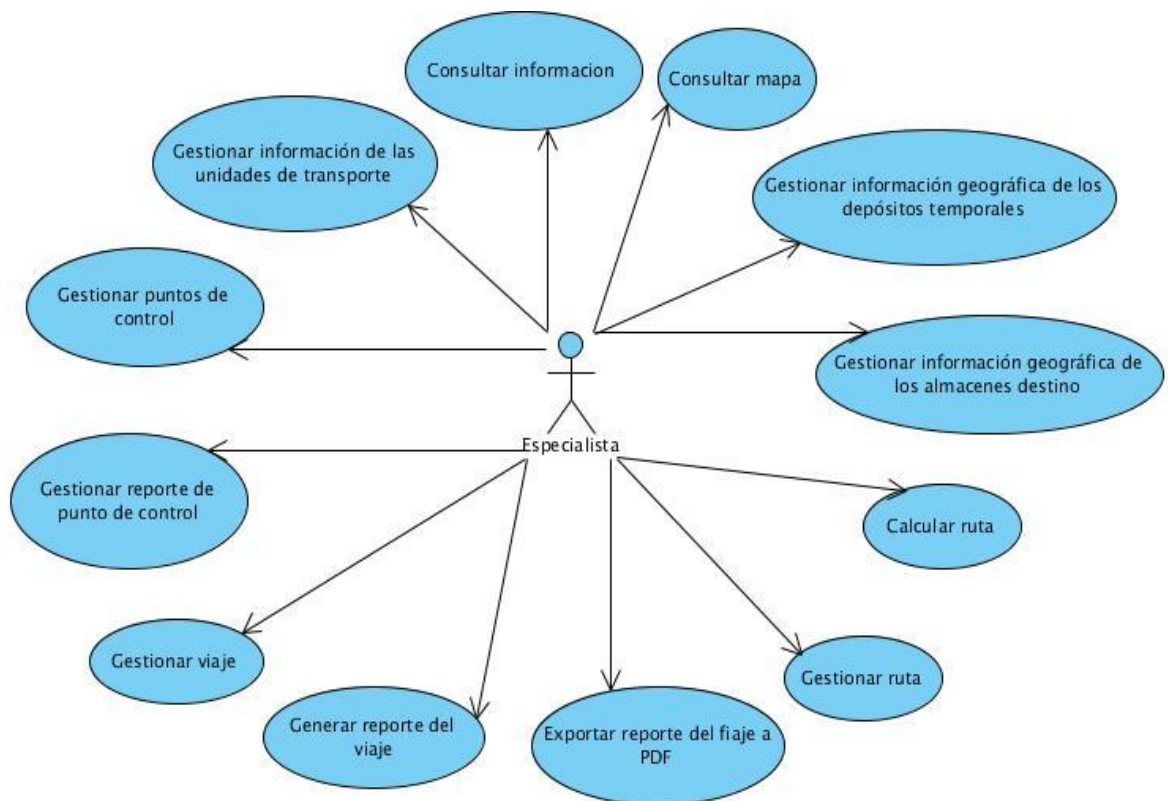


Figura 6 Diagrama de casos de uso.

Diagrama de clases del diseño

Entre los artefactos generados durante el diseño del sistema se encuentra el diagrama de clases persistentes del sistema. Este diagrama se muestra en la Figura 7.

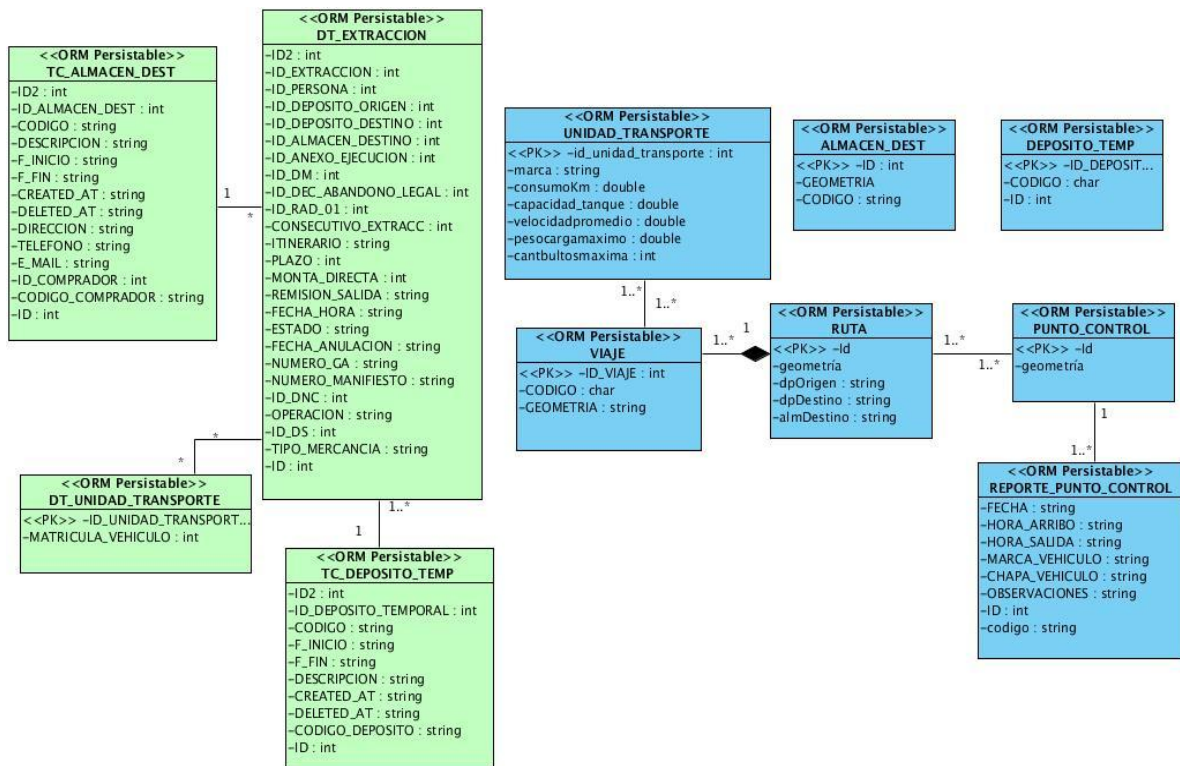


Figura 7 Diagrama de Clases del Diseño

El diagrama de clases del diseño de la solución propuesta está constituido por 11 clases:

- Siete clases pertenecientes a la solución, las cuales son consideradas todas arquitectónicamente significativas, representadas en color azul.
- Dos clases que constituyen nomencladores pertenecientes al subsistema Tablas de Control del sistema GINA y dos clases pertenecientes al subsistema Depósito Temporal, todas representadas en color verde.
- Las clases denotadas con el color verde están en el SGBD Oracle y son utilizadas para almacenar los datos de interés para el negocio en las diferentes entidades utilizadas para la solución.
- Las clases denotadas con color azul se encuentran en el SGBD PostgreSQL y son utilizadas para almacenar la información geográfica de las entidades del negocio.

Diagrama de secuencia

En un diagrama de secuencia serán indicados los módulos o clases que forman parte del programa y las llamadas que se hacen en cada uno de ellos para realizar una tarea determinada. Se realizan este tipo de diagrama para definir acciones que se pueden realizar en la aplicación [63].

En la Figura 8 se muestra un ejemplo de este tipo de diagrama para el RF Calcular Ruta. El mismo comienza cuando el usuario selecciona en el mapa el origen y destino de la ruta mediante la interfaz. Esta se encarga de enviar la petición a la clase controladora *actions*, la cual obtiene los datos de las calles de la clase entidad *ways*, esta devuelve los datos de las calles que conforman la

ruta a la clase controladora, la cual se encarga de generar una nueva imagen con la ruta señalada actualizando la imagen en la interfaz. Esta imagen es mostrada nuevamente al usuario.

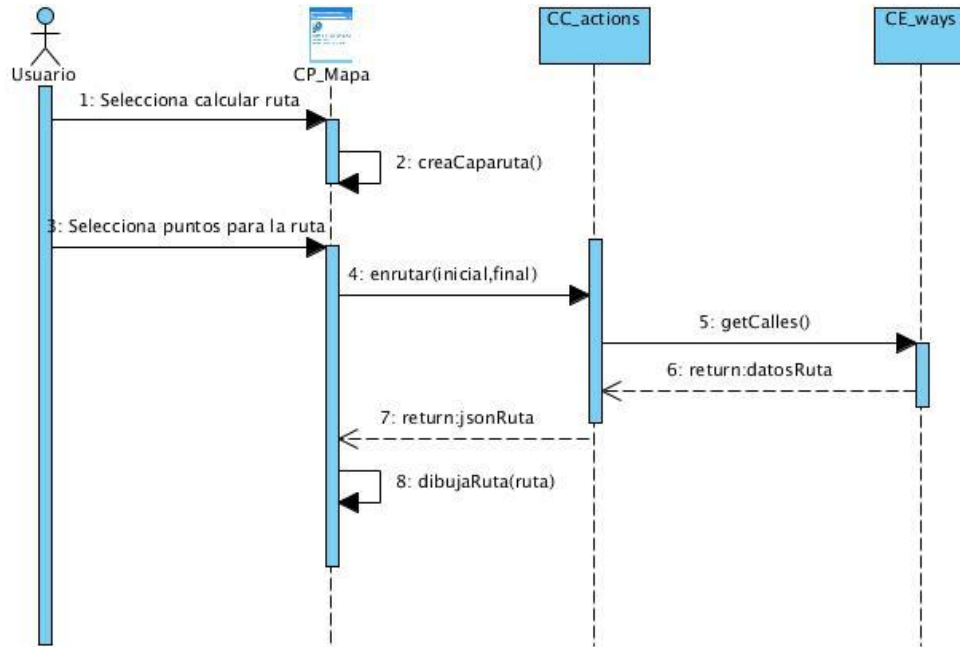


Figura 8 Diagrama de secuencia perteneciente al RF calcular ruta.

Arquitectura base del sistema

En el diseño arquitectónico propuesto se muestran los componentes fundamentales para la implementación del SIG.

Las interfaces de usuario son implementadas utilizando las bibliotecas de java script GeoExt, ExtJS y OpenLayers. Estas se comunican mediante el protocolo HTTP con el servidor de mapas Mapserver y con las clases controladoras del sistema. Las clases controladoras para realizar cambios en las bases de datos utilizan las clases de abstracción de datos las cuales se comunican con los SGBD PostgreSQL y Oracle haciendo uso de PDO. En el SGBD Oracle se almacenan los datos de interés para el negocio de las entidades del sistema y en el SGBD PostgreSQL se almacenan los datos geográficos de dichas entidades.

En la Figura 9 se define la línea de arquitectura base con los principales elementos, desde el punto de vista arquitectónico, que se tienen en cuenta para el desarrollo de la solución propuesta.

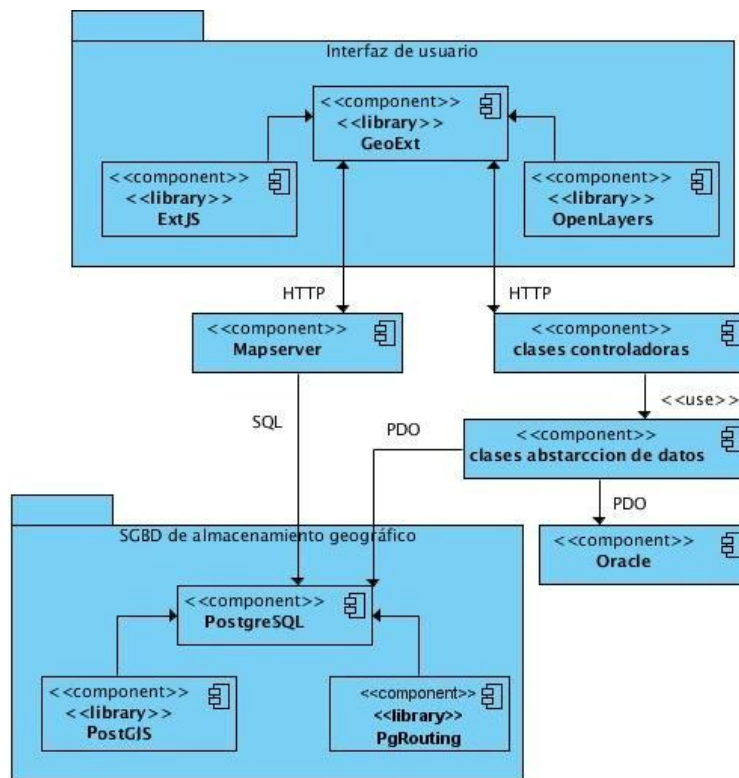


Figura 9 Arquitectura Base del Sistema

El principio de funcionamiento de un sistema implementado, según la arquitectura propuesta, para el caso del cálculo de ruta se describe en los siguientes pasos:

1. El cliente selecciona la opción calcular ruta en la interfaz de usuario.
2. La interfaz activa la capa sobre la cual el cliente puede marcar el origen y el destino de la ruta.
3. El cliente selecciona el origen y el destino haciendo clic sobre el mapa.
4. La interfaz de usuario envía el origen y el destino de la ruta seleccionados por el cliente y realiza la petición del cálculo de ruta a la clase controladora mediante el protocolo HTTP.
5. La clase controladora realiza la petición a PgRouting usando las clases de abstracción de datos, las cuales se comunican con el SGBD mediante PDO (PDO es una capa de acceso a datos, para más información se puede consultar [43])
6. El resultado de la petición es generado en forma de imagen por el servidor de mapas.
7. La imagen con la ruta señalada es devuelta al cliente.

Diseño de la base de datos

El objetivo del diseño de una base de datos relacional es generar un conjunto de esquemas de relaciones que permitan almacenar la información con un mínimo de redundancia, pero que a la vez faciliten la recuperación de la información. Una de las técnicas para lograrlo consiste en diseñar

esquemas que tengan una forma normal adecuada. Para determinar si un esquema de relaciones tiene una de las formas normales se requiere mayor información sobre la empresa que se intenta modelar. La información adicional la proporciona una serie de limitantes que se denominan dependencias de los datos.

Durante el flujo de trabajo de diseño, la creación de la base de datos es uno de los pasos más importantes. La base de datos propuesta para este sistema, garantiza la persistencia de las tablas que la componen, y por consiguiente de los datos que se obtienen.

En la Figura 10 se muestra el modelo de datos propuesto para el sistema. El mismo está constituido por siete clases o entidades.

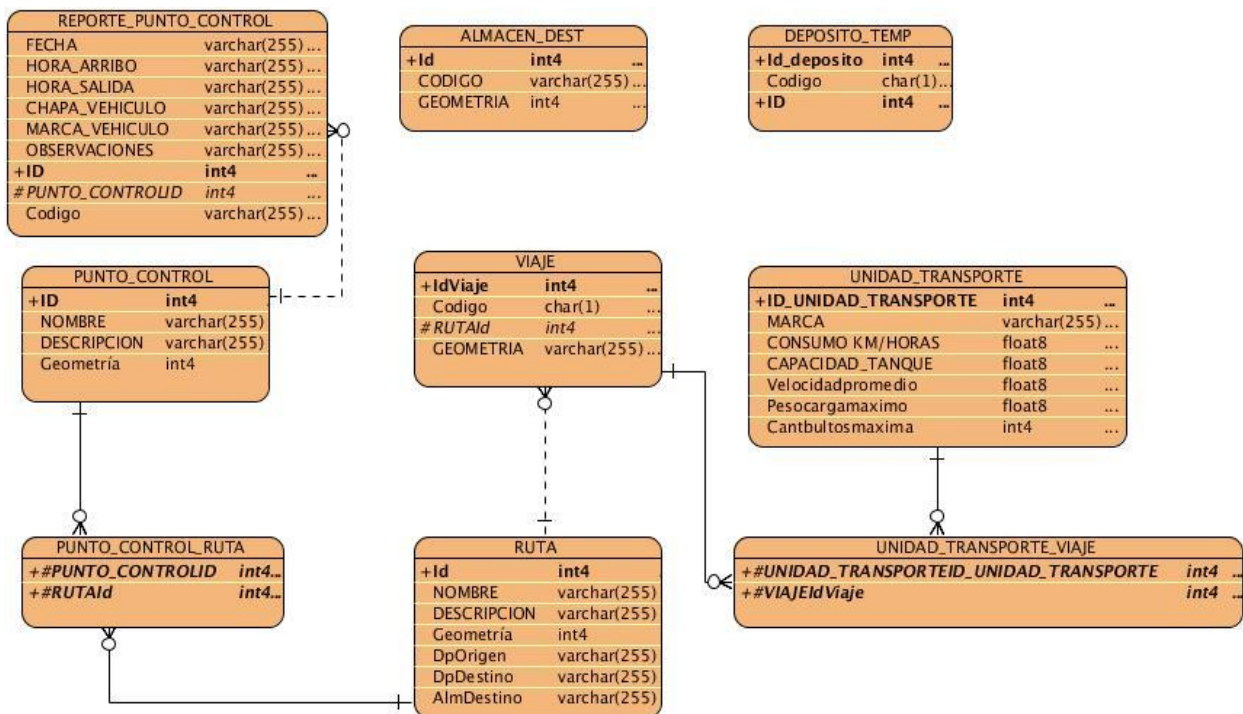


Figura 10 Modelo de Datos.

Métricas para la validación del diseño:

El concepto de métrica es el término que describe muchos y variados casos de medición. Una métrica es una medida estadística que se aplica a todos los aspectos de calidad de software, los cuales deben ser medidos desde diferentes puntos de vista como el análisis, construcción, funcionalidad, documentación, métodos, proceso, usuario, entre otros [64].

Las métricas para software le proporcionan al diseñador una mejor visión interna y así el diseño evolucionará a un mejor nivel de calidad.

Existen varias métricas de medición, las utilizadas para evaluar el sistema propuesto son:

- Tamaño operacional de clase (TOC): métrica que se basa esencialmente en la cantidad de funcionalidades que presenta la clase [65].
- Relaciones entre clases (RC): está dada por la cantidad de relaciones de uso existentes entre las clases contenidas en el diseño, a partir de las cuales se determina la afectación que ejerce [66].

La métrica TOC se encarga de medir la calidad de acuerdo a los atributos Responsabilidad y Reutilización de las clases. Para la aplicación de la misma, se tuvo en cuenta los datos mostrados en la Tabla 1.

No	Componente	Clase	Cantidad de Procedimientos
1	SIG	AlmacenDestPeer	7
2	SIG	DepositoTempPeer	8
3	SIG	DtExtracCargaConvPeer	7
4	SIG	DtExtracUnidTranspPeer	4
5	SIG	DtExtraccionPeer	11
6	SIG	DtUnidadTransportePeer	7
7	SIG	PuntoControlPeer	6
8	SIG	PuntoControlRutaPeer	5
9	SIG	ReportePuntoControlPeer	6
10	SIG	RutaPeer	6
11	SIG	UnidadTransportePeer	8
12	SIG	UnidadTransporteViajePeer	9
13	SIG	ViajePeer	6
14	SIG	TcAlmacenDestPeer	2
15	SIG	actions.class	81

Tabla 1 Clases fundamentales utilizadas en la solución

La aplicación de la métrica TOC define los siguientes atributos de calidad:

- Responsabilidad: Consiste en la responsabilidad asignada a una clase en un marco de modelado de un dominio o concepto, de la problemática propuesta [66].
- Complejidad de implementación: Consiste en el grado de dificultad que tiene implementar un diseño de clases determinado [66].
- Reutilización: Consiste en el grado de reutilización presente en una clase o estructura de clase, dentro de un diseño de software [66].

En la Figura 11 se muestra el comportamiento del nivel de procedimientos puesto en práctica en las clases del diseño realizado y a continuación en las figuras 12 y 13 se representan los estados de los atributos de calidad: responsabilidad y reutilización respectivamente.

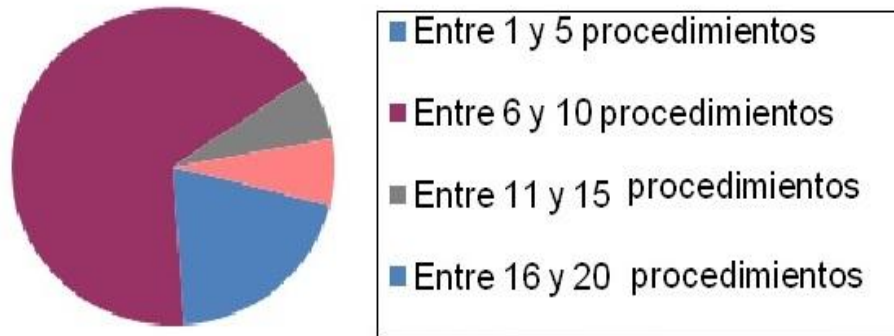


Figura 11 Nivel de procedimientos de las clases.

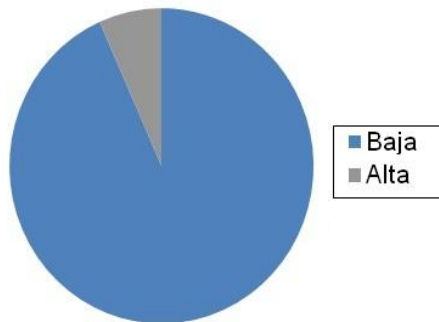


Figura 12 Representación de responsabilidad en las clases.

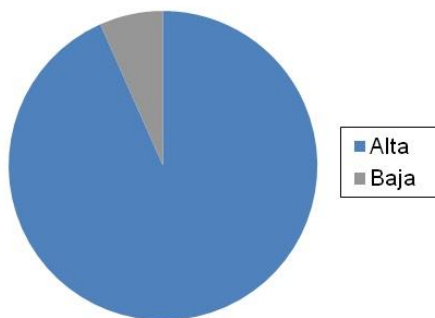


Figura 13 Representación de reutilización en las clases.

La aplicación de la métrica RC define los siguientes atributos de calidad:

- Acoplamiento: El aumento del RC provoca un aumento del acoplamiento de la clase [66].
- Complejidad de mantenimiento: El aumento del RC provoca un aumento de la complejidad del mantenimiento de la clase [66].
- Reutilización: El aumento del RC provoca una disminución en el grado de reutilización de la clase [66].

- Cantidad de pruebas: El aumento del RC provoca un aumento de la cantidad de pruebas de unidad necesarias para probar una clase [66].

En la Figura 14 se muestra las dependencias entre las clases del sistema y a continuación en las figuras 15 y 16 se representan los estados de los atributos de calidad: acoplamiento y complejidad de mantenimiento respectivamente.

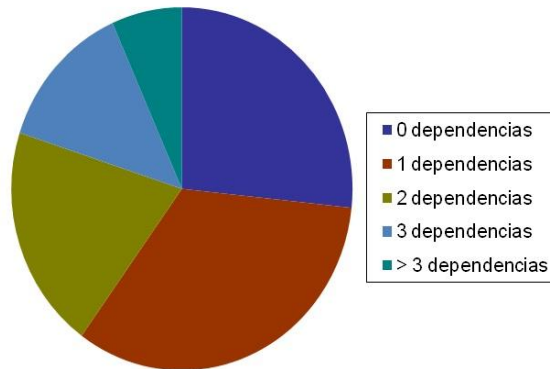


Figura 14 Dependencia entre clases del diseño.

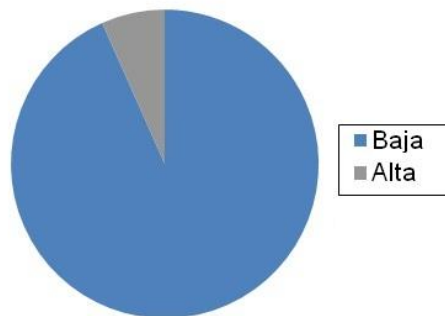


Figura 15 Representación de acoplamiento de las clases.

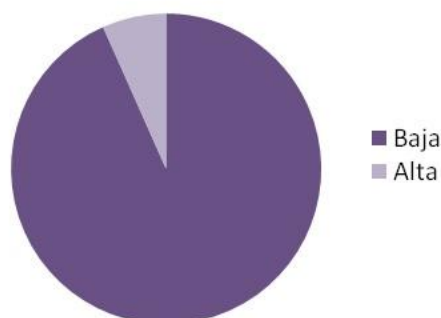


Figura 16 Representación de la complejidad de mantenimiento de las clases.

Resultado de evaluación de las métricas

Teniendo en cuenta la aplicación de la métrica TOC, se determina que las clases del diseño en la presente solución contienen un promedio de 11,53 funcionalidades por clases. Encontrándose la mayor parte de ellas en el rango de 6 a 10 procedimientos. Luego de analizar el promedio de funcionalidades por clases, se arriba a la conclusión de que el 93,33% de las mismas tiene un nivel bajo de responsabilidad; el resto tiene un nivel elevado. Por otra parte, conociendo la inversa proporcionalidad que existe entre la responsabilidad y la reutilización, se observa que el 93,33% las clases presentan una alta probabilidad de reutilización y las restantes un nivel bajo en este parámetro.

Al aplicar la métrica RC, se determina que las clases del diseño contienen un 13,93% de asociación de uso y la mayor parte de las clases tienen un 1% de dependencia. Al ser analizados los resultados de los diferentes atributos de calidad se puede llegar a la conclusión de que el 93 % de las clases tienen un bajo acoplamiento y la restante tiene un alto acoplamiento. Además debido a la inversa proporcionalidad entre el acoplamiento y la complejidad de mantenimiento se obtienen el resultado de que el 93 % de las clases tienen una complejidad de mantenimiento baja, y las restantes una alta complejidad de mantenimiento.

Conclusiones parciales:

- La integración de PostgreSQL con las bibliotecas PostGIS y PgRouting genera como resultado una herramienta eficaz para el almacenamiento de datos geográficos y para el cálculo y la gestión de rutas.
- Las herramientas libres son una opción viable para desarrollar Sistemas de Información Geográfica para la gestión de rutas, pues no es necesario pagar costosas licencias.
- El uso de los patrones implementados por Symfony facilita la implementación de la solución.
- En la fase de diseño fueron generados varios diagramas, los cuales constituyen un lenguaje común para los desarrolladores facilitando la posterior implementación del sistema.

CAPÍTULO 3: IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBA DE LA SOLUCIÓN

En el presente capítulo se describe el proceso de implementación del sistema. En el mismo, se define la organización del código seleccionándose un estilo de codificación, fueron implementados los elementos definidos en la fase de diseño, se integraron los resultados producidos individualmente por los desarrolladores en un sistema ejecutable y por último fueron realizadas pruebas de caja negra para la validación del mismo.

Estilo de codificación

Los estilos de codificación son definidos en la mayoría de los lenguajes de programación, estos facilitan la reutilización y el mantenimiento de los sistemas, favoreciendo así la comunicación entre los programadores [67].

El estilo de codificación definido en el siguiente trabajo está regido por el documento “Propuesta de un estándar de codificación” [68], el cual plantea lo siguiente:

- Las aplicaciones deben tener nombres que dejen reflejado claramente cuál es el propósito de las mismas, ya en una palabra o siglas. En caso de ser mediante siglas se pondrán todas en mayúsculas. Se debe evitar, mientras sea posible, el uso de palabras compuestas o de varias palabras, en caso de que sean palabras compuestas será utilizada la notación *UpperCamelCase*.
- En la acciones Symfony trae su propia nomenclatura definida, la cual expresa que cada una de estas acciones debe comenzar con la palabra *execute* y deben estar en la nomenclatura *CamelCase*. Los nombres de las acciones deben especificar, con la menor cantidad de palabras, cuál es el objetivo de la acción, de ser posible debe estar en infinitivo.
- Cuál es la acción que se pretende ejecutar con la acción pero sin especificar los parámetros que recibe.
- Los nombres de las clases deben estar expresados en la notación *UpperCamelCase*, exponiendo con claridad cuál es el alcance de la clase, siempre teniendo en cuenta la estructura definida por el framework para cada clase en sus diferentes ámbitos. No se deben utilizar guiones bajos en su nombre.
- Los nombres de las variables deben expresar claramente el contenido de la misma. Pueden ser expresadas en singular o en plural.

Diagrama de componentes físicos.

La Figura 17 muestra los componentes físicos de la aplicación. El sistema tiene un único acceso mediante el controlador frontal, este envía las peticiones a la clase *actions* y la misma a su vez interactúa con las interfaces que utilizan la biblioteca GeoExt, mostrando la información al usuario. La clase *actions* también interactúa con las clases creadas por Propel. Los componentes expuestos se encuentran presentes en la mayoría de las acciones realizadas en el sistema.

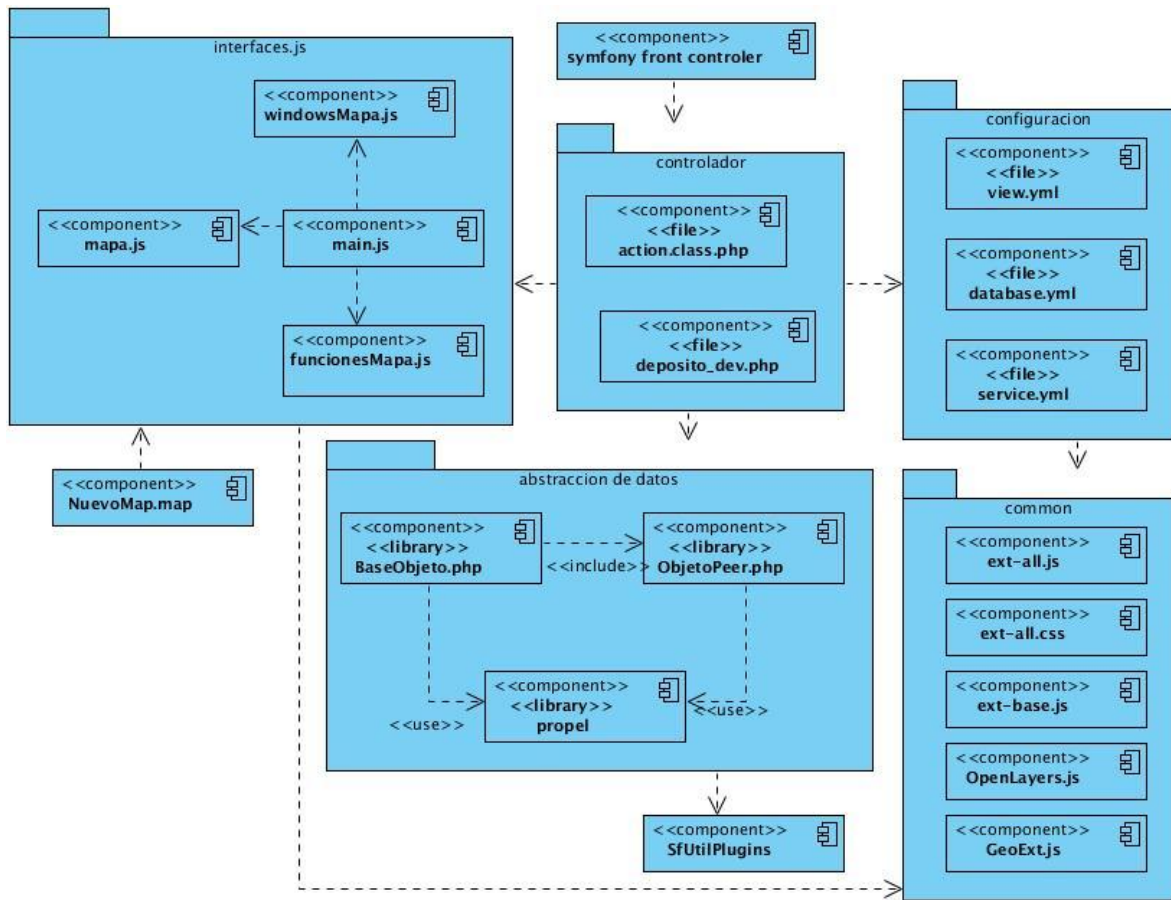


Figura 17 Diagrama de componentes

En la Figura 18 se muestra el diagrama de despliegue correspondiente a la aplicación. En el mismo, las computadoras son representadas por nodos con sus respectivos estereotipos; los cuales permiten precisar la naturaleza del equipo. En una unidad de procesamiento se encuentra el servidor de aplicaciones que contiene el servidor Web Apache y el servidor de mapas Mapserver. Las bases de datos estarán en unidades de procesamiento diferentes, en una unidad haciendo uso del SGBD Oracle y en la otra utilizando PostgreSQL.

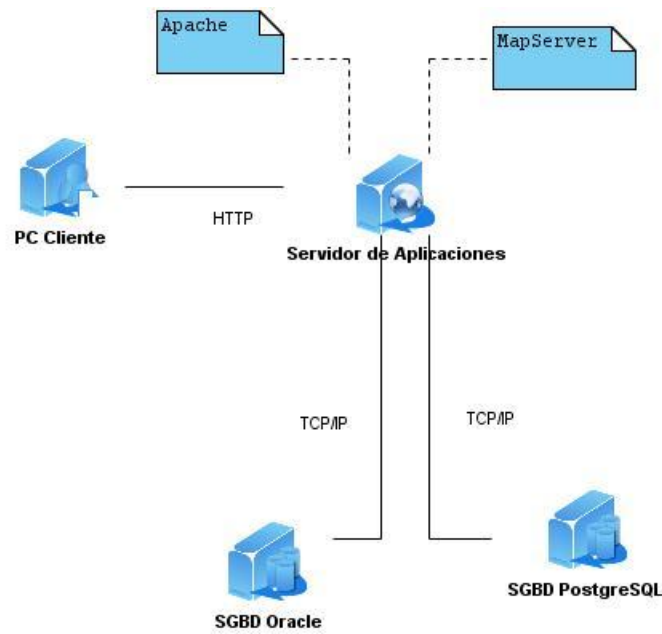


Figura 18 Diagrama de despliegue.

Interfaz de usuario

El sistema cuenta con una pantalla principal, la misma se muestra en la Figura 19. Esta interfaz presenta el mapa de La Habana con varios controles que permiten la navegación sobre el mismo. En el panel situado a la izquierda se encuentran las funcionalidades asociadas a los requisitos funcionales identificados.

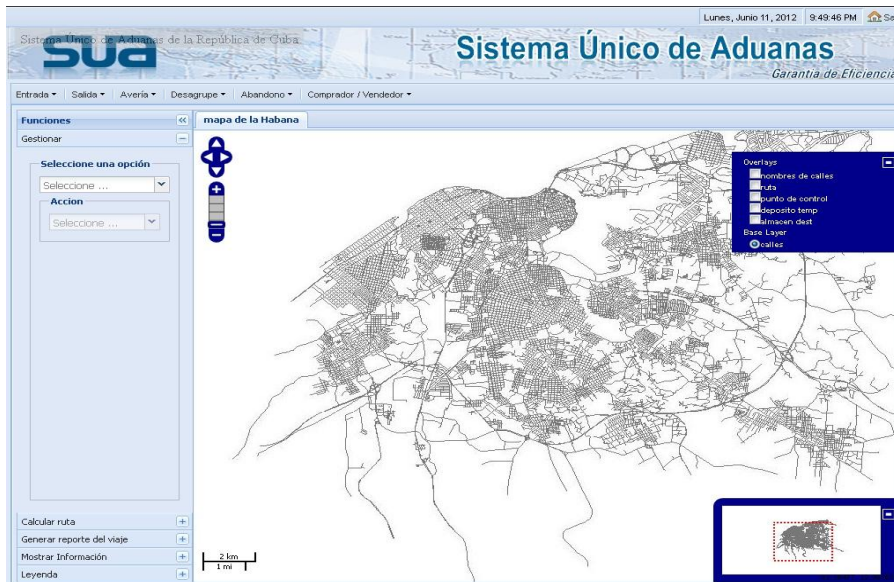


Figura 19 Pantalla principal

En la Figura 20 se muestra la interfaz de usuario perteneciente al RF Gestionar información geográfica de los almacenes destinos. La implementación del mismo se definió de manera que el usuario debe escoger la posición geográfica donde está el almacén de destino. Luego, mediante un

componente de tipo combo box, el usuario puede escoger un almacén y asignarle una posición geográfica.

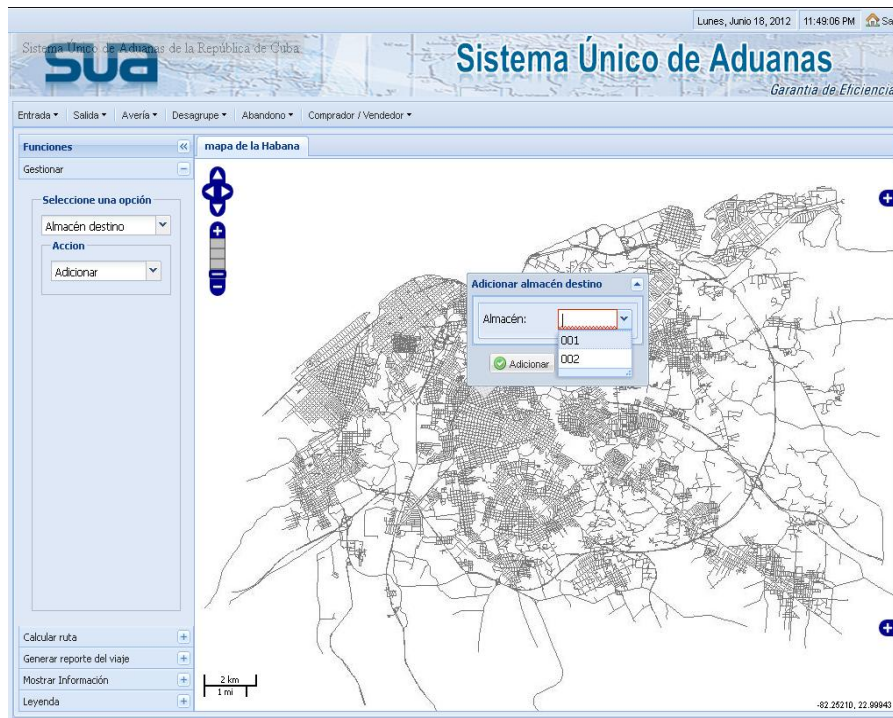


Figura 20 Pantalla perteneciente al RF Gestionar información geográfica de los almacenes destinos (Adicionar). En la Figura 21 se muestra un ejemplo de tratamiento de errores, lanzándose un mensaje informando un error de conexión.

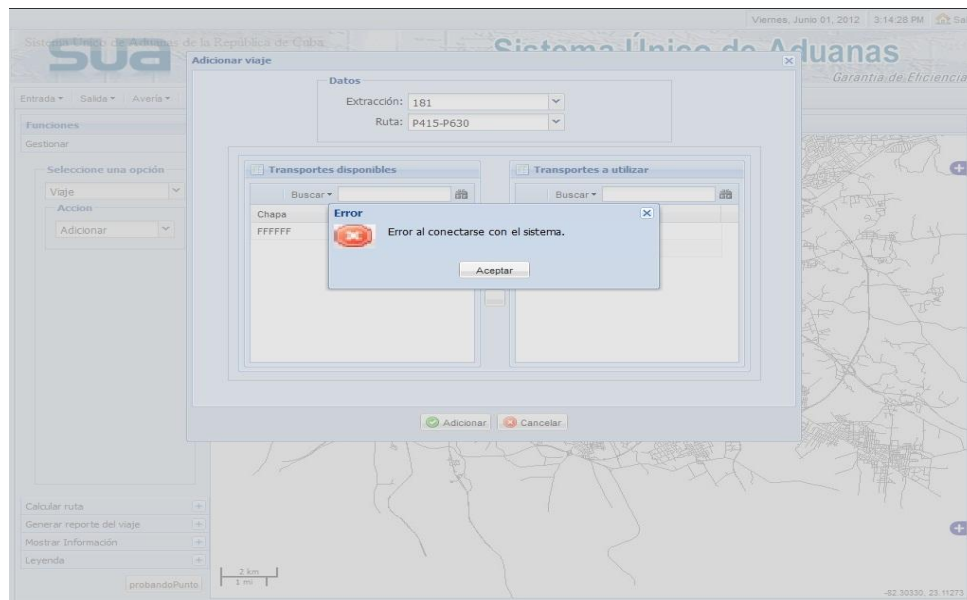


Figura 21 Pantalla que muestra el tratamiento de errores.

En la Figura 22 se muestra la interfaz de usuario perteneciente al RF Calcular Ruta, donde el usuario escoge el origen y destino de la ruta en el mapa y el sistema mostrará la ruta más corta entre ambos puntos.



Figura 22 Pantalla perteneciente al RF Calcular ruta.

En la Figura 23 se muestra la interfaz de usuario perteneciente al RF Gestionar viaje (adicionar), donde el usuario llena los datos del viaje. La asignación de las unidades de transporte puede realizarse de forma manual o automática mediante el sistema, la misma puede hacerse atendiendo a la cantidad de bultos a transportar y el peso de la mercancía y luego validar la asignación según los parámetros seleccionados.

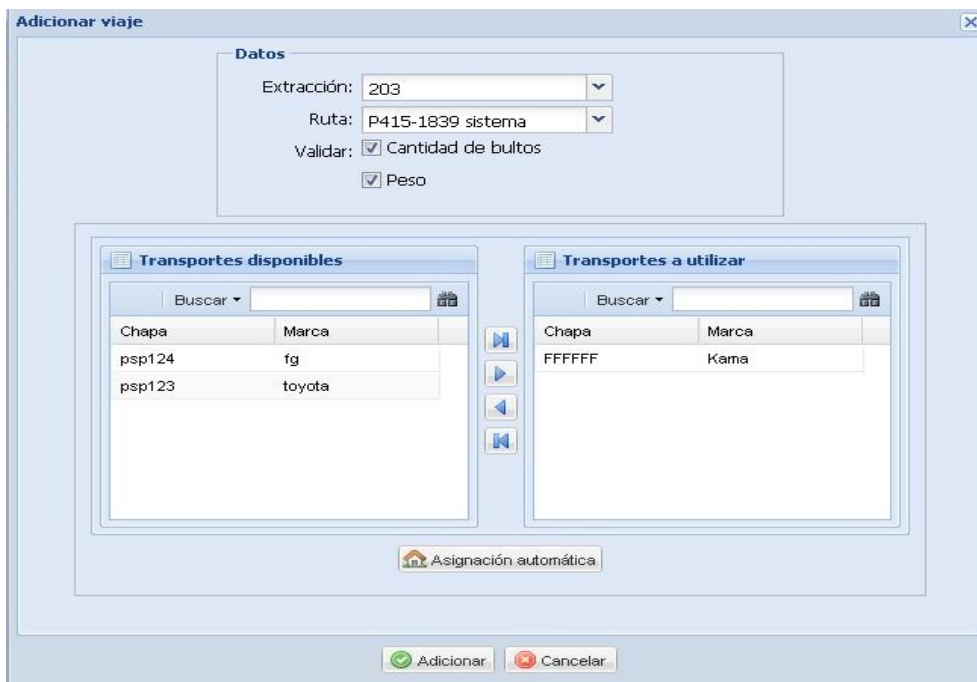


Figura 23 Pantalla perteneciente al RF Gestionar viaje (Adicionar).

En la Figura 24 se muestra la interfaz de usuario perteneciente al RF Gestionar ruta (adicionar), donde el usuario escoge el inicio y el fin de la ruta. Luego puede asignarla de forma manual o automática mediante el sistema. Si el usuario escoge “Manual” podrá dibujar la ruta sobre la cartografía del mapa y si escoge “Sistema” el sistema calculará la ruta mínima entre el origen y el destino y la adicionará al SGBD.

Figura 24 Pantalla perteneciente al RF Gestionar ruta (Adicionar).

En la Figura 25 se muestra la interfaz de usuario perteneciente al RF Generar reporte de un viaje, donde se muestra toda la información perteneciente a un viaje seleccionado. Esta información incluye los datos de la extracción, los transportes utilizados y los reportes de los puntos de control a lo largo de la ruta. Además, en el reporte se muestran cálculos estimados, por ejemplo consumo de combustible en litros y tiempo de la transportación en horas para cada uno de los vehículos utilizados.

Chapa	Marca	Capacidad del tan...	Rendimiento	Consumo estimado	Tiempo estimado
psp123	toyota	300 L	4 km/L	88 L	8.8 h
psp124	fg	567 L	3 km/L	117.333333333333 L	8.8 h

Punto de control	Fecha del re...	Chapa	Marca	Hora salida	Hora de arribo	Observaciones
punto de mauel	13/06/2012	psp124	fg	1:00 AM	12:15 AM	tarde

Figura 25 Pantalla perteneciente al RF Generar reporte de un viaje.

Pruebas

En el proceso desarrollo de software, una de las fases que tiene gran importancia es la fase de prueba [69].

Pruebas de caja negra

Entre las pruebas más utilizados, están las de caja negra [70]. Las pruebas de caja negra se centran en lo que se espera de un módulo. Por ello son denominadas pruebas funcionales; el probador se limita a suministrar datos como entrada y estudiar la salida, sin preocuparse de lo que pueda estar haciendo el módulo por dentro. Estas pruebas son las seleccionadas para aplicar en el presente trabajo.

Las pruebas de caja negra pretenden demostrar que las funciones del software son operativas, que la entrada se acepta de forma adecuada y que el resultado producido es correcto. Permite obtener conjuntos de condiciones de entrada que ejerciten completamente todos los requisitos funcionales de un programa.

Las pruebas de este tipo tienen como objetivo encontrar errores de las siguientes categorías: funciones incorrectas o ausentes; errores de interfaz, en estructuras de datos o en acceso a bases de datos externas; errores de rendimiento, de inicialización y de terminación.

A continuación, en las tablas de la 2 a la 7 se muestran algunos diseños de casos de prueba (DCP) confeccionados para evaluar las funcionalidades del sistema.

Escenario	Respuesta del sistema	Flujo central
EC 1.1Mostrar mapa.	El sistema muestra el mapa de La Habana con varios controles que permiten la navegación por el mismo.	El usuario selecciona en el menú principal la opción Salida, Mapa.

Tabla 2 Escenario de Prueba para el RFMostrar mapa

Escenario	Descripción	Respuesta del sistema	Flujo central
EC 1.1 Calcular ruta	calculará la ruta más corta entre dos puntos escogidos	El sistema mostrará en el panel izquierdo la información "Coloque dos puntos en el mapa para que el sistema calcule la ruta entre ellos. También puede mover los puntos arrastrándolos para una nueva posición." El sistema mostrará una línea indicando la distancia más corta entre ambos puntos.	1.El usuario selecciona la Salida, Mapa Función Calcular ruta 2.colocar dos puntos en el mapa

Tabla 3 Escenario de prueba para el RF Calcular ruta

Escenario	Respuesta del sistema	Flujo central
EC 1.1 Adicionar información de los viajes introduciendo campos válidos	El sistema muestra la ventana "Adicionar viaje" con un formulario. El sistema adiciona el nuevo viaje en el SGBD, cierra la ventana "Adicionar viaje" y muestra el mensaje:"Se insertó correctamente." El sistema cierra el mensaje de información	Seleccionar la opción Salida, Mapa en el menú principal, la Función Gestionar, la opción Viaje y la acción Adicionar. Llenar los campos del formulario y presiona el botón Adicionar. Presionar el botón Aceptar
EC 1.2 Adicionar información de los viajes dejando campos en blanco	El sistema muestra la ventana "Adicionar viaje" con un formulario. El sistema muestra el mensaje "Debe llenar los campos obligatorios." El sistema cierra el mensaje.	Seleccionar la opción Salida, Mapa en el menú principal, la Función Gestionar, la opción Viaje y la acción Adicionar. Presionar botón Adicionar. Presionar botón Aceptar.
EC 1.3 Cancelar	El sistema muestra la ventana "Adicionar viaje" con un formulario. El sistema cierra la ventana "Adicionar viaje"	Seleccionar la opción Salida, Mapa en el menú principal, la Función Gestionar, la opción Viaje y la acción Adicionar. Presionar botón Cancelar.

Tabla 4 Caso de prueba para el RF Gestionar viaje (Adicionar)

Escenario	Respuesta del sistema	Flujo central
<p>EC 1.1 Adicionar información de las rutas introduciendo datos válidos para ser insertada por el sistema.</p>	<p>El sistema muestra la ventana "Seleccione origen y destino" .El sistema listará los depósitos temporales que existen por su código. El sistema mostrará los tipos de destinos existentes. El sistema listará los almacenes o los depósitos por su código. El sistema mostrará la ventana "Adicionar ruta". El sistema muestra el mensaje de información "Los datos ha sido almacenados correctamente." El sistema cerrará el mensaje y mostrará la nueva ruta insertada.</p>	<p>Seleccionar la opción Salida, Mapa en el menú principal, la Función Gestionar, la opción Ruta y la acción Adicionar. Seleccionar depósito origen. Seleccionar el tipo de destino. Seleccionar el almacén o el depósito en dependencia del tipo de destino escogido anteriormente. Presionar botón Sistema. Llenar los campos obligatorios. Presionar el botón Adicionar. Presionar Aceptar</p>

<p>EC 1.12 Adicionar información de las rutas introduciendo datos válidos para ser insertada manualmente.</p>	<p>El sistema muestra la ventana "Seleccione origen y destino". El sistema listará los depósitos temporales que existen por su código. El sistema mostrará los tipos de destinos existentes. El sistema listará los almacenes o los depósitos por su código. El sistema muestra el mensaje de ayuda: "De clic en el mapa para ser desplazado al inicio de la ruta, luego seleccione los puntos intermedios para la misma." El sistema cierra el mensaje. El sistema se moverá hacia el origen escogido y pintará un punto sobre él. El sistema mostrará el mensaje "Si este es el último punto de la ruta presione Aceptar." El sistema borrará los puntos seleccionados hasta el momento. El sistema mostrará la ventana "Adicionar ruta". El sistema muestra el mensaje de información "Los datos ha sido almacenados correctamente." El sistema cerrará el mensaje y mostrará la nueva ruta insertada.</p>	<p>Seleccionar la opción Salida, Mapa en el menú principal, la Función Gestionar, la opción Ruta y la acción Adicionar. Seleccionar depósito origen Seleccionar el tipo de destino Seleccionar el almacén o el depósito en dependencia del tipo de destino escogido anteriormente. Presionar el botón Manual. Presionar el botón Aceptar. Seleccionar un punto en el mapa. Seleccionar los puntos por donde desee que pase la ruta. Presionar el botón Cancelar. Presionar el botón Aceptar. Llenar los campos obligatorios. Presionar el botón Adicionar. Presionar Aceptar</p>
---	---	--

Tabla 5 Caso de prueba para el RF Gestionar ruta (Adicionar)

Escenario	Respuesta del sistema	Flujo central
<p>C 1.3 Adicionar información de las rutas dejando campos requeridos en blanco para ser insertada por el sistema.</p>	<p>El sistema muestra la ventana "Seleccione origen y destino". El sistema listará los depósitos temporales que existen por su código. El sistema mostrará los tipos de destinos existentes. El sistema listará los almacenes o los depósitos por su código. El sistema mostrará la ventana "Adicionar ruta". El sistema mostrará el mensaje de error: "Debe llenar los</p>	<p>Seleccionar la opción Salida, Mapa en el menú principal, la Función Gestionar, la opción Ruta y la acción Adicionar. Seleccionar depósito origen. Seleccionar el tipo de destino. Seleccionar el almacén o el depósito en dependencia del tipo de destino escogido anteriormente. Presionar botón Sistema. Dejar en blanco los campos obligatorios. Presionar el</p>

	campos obligatorios." El sistema cierra el mensaje	botón Adicionar. Presionar Aceptar
--	--	------------------------------------

Tabla 6 Caso de prueba para el RF Gestionar ruta (Adicionar)

Escenario	Respuesta del sistema	Flujo central
E C 1.4 Adicionar información de las rutas dejando campos requeridos en blanco para ser insertada manualmente.	El sistema muestra la ventana "Seleccione origen y destino" El sistema listará los depósitos temporales que existen por su código. El sistema mostrará los tipos de destinos existentes. El sistema listará los almacenes o los depósitos por su código. El sistema muestra el mensaje de ayuda: "De clic en el mapa para ser desplazado al inicio de la ruta, luego seleccione los puntos intermedios para la misma." El sistema cierra el mensaje. El sistema se moverá hacia el origen escogido y pintará un punto sobre él. El sistema mostrará el mensaje "Si este es el último punto. de la ruta presione Aceptar." El sistema borrará los puntos seleccionados hasta el momento. El sistema mostrará la ventana "Adicionar ruta". El sistema mostrará el mensaje de error: "Debe llenar los campos obligatorios." El sistema cierra el mensaje	Seleccionar la opción Salida, Mapa en el menú principal, la Función Gestionar, la opción Ruta y la acción Adicionar. Seleccionar depósito origen. Seleccionar el tipo de destino. Seleccionar el almacén o el depósito en dependencia del tipo de destino escogido anteriormente. Presionar el botón Manual. Presionar el botón Aceptar. Seleccionar un punto en el mapa. Seleccionar los puntos por donde desee que pase la ruta Presionar el botón Cancelar. Presionar el botón Aceptar. Dejar en blanco los campos obligatorios. Presionar el botón Adicionar. Presionar Aceptar
EC 1.5 Cancelar	El sistema muestra la ventana "Seleccione origen y destino". El sistema cierra la ventana "Seleccione origen y destino"	Seleccionar la opción Salida, Mapa en el menú principal, la Función Gestionar, la opción Ruta y la acción Adicionar. Presionar el botón Cancelar

Tabla 7 Caso de prueba para el RF Gestionar ruta (Adicionar)

Resultados de las pruebas

En la Figura 26 se muestran los resultados de la primera iteración de las pruebas de caja negra realizadas al sistema. Se presentaron 76 escenarios de prueba, en estos fueron encontradas 10 no

conformidades: 7 significativas y 3 no significativas, lo cual represento un 87% de aceptación del sistema.

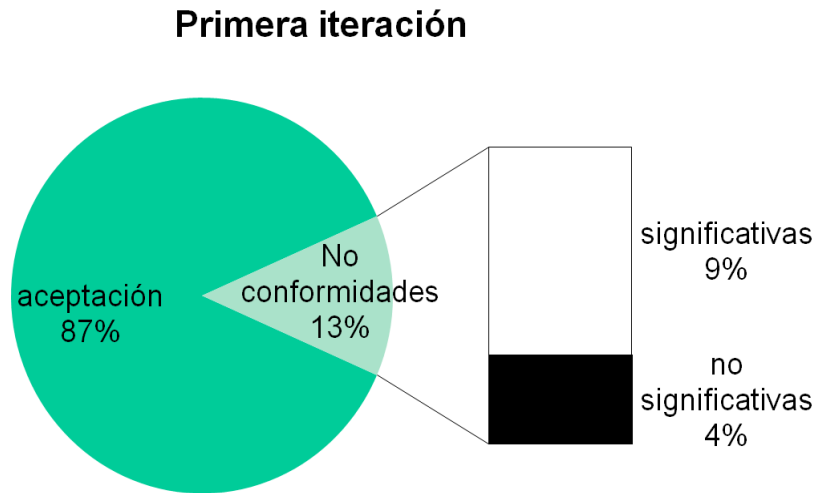


Figura 26 Resultados de la primera iteración de las pruebas de caja negra.

En la segunda iteración las no conformidades habían sido resueltas y no se encontró ninguna nueva, obteniéndose un 100% de aceptación, por lo que el equipo de calidad interna del Centro de Informatización para la Gestión de Entidades (CEIGE) procedió a liberar el software. La Figura 27 muestra los resultados obtenido en ambas iteraciones.

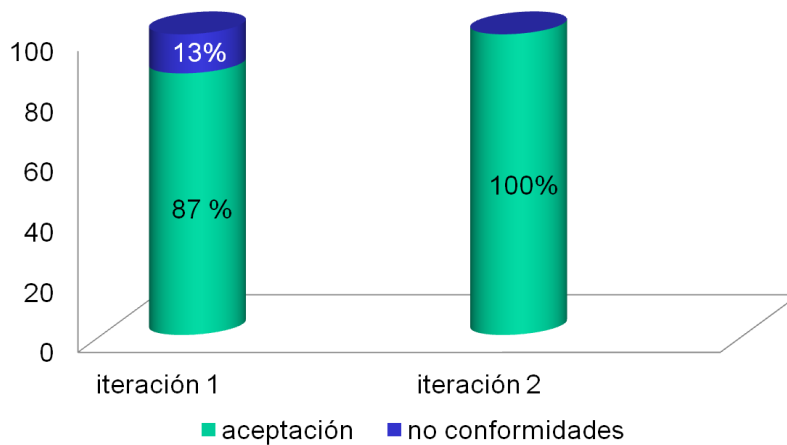


Figura 27 Resultados de ambas iteraciones de las pruebas de caja negra.

Conclusiones parciales

- Con el estilo de codificación utilizado se logró que el código de la aplicación sea uniforme y organizado, facilitando la comprensión del mismo por parte de los desarrolladores del proyecto, lo cual contribuye al posterior mantenimiento del sistema.
- Con el uso de GeoExt se implementaron interfaces amigables a la vista del usuario.

- Al realizar las pruebas de caja negra al sistema, se comprobó el correcto funcionamiento de las diferentes funcionalidades, se obtuvo un 100% de aceptación y se emitió la carta de liberación del mismo.

CONCLUSIONES

- Después de realizar un estudio de los Sistemas de Información Geográfica, haciendo énfasis en los desarrollados en la universidad, se puede decir que los mismos no pueden ser utilizados para darle solución al problema propuesto en el marco de la presente investigación, pues no son desarrollados utilizando el marco de trabajo Symfony y no realizan cálculo de rutas.
- La integración de PostgreSQL con las bibliotecas PostGIS y PgRouting genera como resultado una herramienta eficaz para el almacenamiento de datos geográficos, así como para el cálculo y la gestión de rutas, constituyendo una opción viable para la implementación de SIG, pues al ser herramientas libres no es necesario pagar costosas licencias.
- En la fase de diseño fueron generados los diagramas establecidos para la metodología de desarrollo utilizada, los cuales constituyen un lenguaje común para los desarrolladores facilitando la posterior implementación del sistema.
- Con el uso de GeoExt se implementaron interfaces amigables a la vista del usuario.
- Al realizar las pruebas de caja negra al sistema, se comprobó el correcto funcionamiento de las diferentes funcionalidades, se obtuvo un 100% de aceptación emitiéndose la carta de liberación del software.

RECOMENDACIONES

Después de haber dado cumplimiento a los objetivos de la investigación y teniendo en cuenta las experiencias obtenidas en la misma se recomienda:

- Adicionar en la tabla DtUnidadTransporte de la base de datos de Oracle, el campo rendimiento Km/L, capacidadCargaTransporte, velocidadPromedio y cantidadCombustibles.
- Implementar el RF calcular ruta teniendo en cuenta varios destinos.
- Tener en cuenta la capacidad de carga del transporte para ser asignado a una extracción.

GLOSARIO

Aduana: La aduana es la oficina pública y/o fiscal que, a menudo bajo las órdenes de un estado o gobierno político, se establece en costas y fronteras con el propósito de registrar, administrar y regular el tráfico internacional de mercancías y productos que ingresan y egresan de un país.

Cálculo de camino mínimo: Llamamos camino mínimo entre dos nodos de un grafo a la sucesión de arcos del grafo cuya suma de longitudes minimiza su distancia. Análogamente podemos aplicar este concepto a los vértices de un polígono.

Rutas: Deriva del latín “*rupta*”, término del que también derivó “*route*” en francés, para designar un camino que une diferentes lugares, por donde circulan personas y mercancías, especialmente en automóviles. Esto las distingue de lo que se conoce como camino pues están especialmente acondicionadas para el transporte vehicular.

SIG vectorial: Un SIG vectorial se define por la representación vectorial de sus datos geográficos. De acuerdo a las peculiaridades de este modelo de datos, los objetos geográficos se representan explícitamente y, junto a sus características espaciales, se asocian sus valores temáticos.

Toma de decisiones: Es el proceso mediante el cual se realiza una elección entre las opciones o formas para resolver diferentes situaciones de la vida en diferentes contextos. Consiste, básicamente, en elegir una opción entre las disponibles, a los efectos de resolver un problema actual o potencial.

Framework: Un framework, es una estructura de soporte definida mediante la cual otro proyecto de software puede ser organizado y desarrollado. Típicamente, puede incluir soporte de programas, bibliotecas y un lenguaje interpretado entre otros software para ayudar a desarrollar y unir los diferentes componentes de un proyecto.

GoF: (Gang of Four) Grupo de los Cuatro, se refiere al grupo de los autores de este tipo de patrones de diseño.

La Aduana General de la República: Es la encargada de regular el control aduanero aplicable a la entrada, el tránsito, el cabotaje, el trasbordo, el depósito y la salida del territorio nacional de mercancías, viajeros y sus equipajes, bienes y valores sujetos a regulaciones especiales, incluidas la flora y la fauna protegidas, así como los medios en que se transporten, además forma parte de la Administración del Estado y se subordina al Consejo de Ministros.

Linux: Es una implementación de libre distribución UNIX para computadoras personales (PC), servidores, y estaciones de trabajo.

Software libre: El software libre es la libertad de los usuarios de ejecutar, copiar, distribuir, estudiar, cambiar y mejorar el software.

.NET: Es un *framework* de Microsoft que hace un énfasis en la transparencia de redes, con independencia de plataforma de hardware y que permita un rápido desarrollo de aplicaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Rodríguez Puente, R. *Servicio de camino mínimo sobre un Sistema de Información Geográfica basado en software libre*. Tutor: T. DELGADO FERNÁNDEZ. Tesis de maestría, Departamento de Técnicas de Programación. Facultad 4. Universidad de las Ciencias Informáticas, 2007.
- [2] Urrutia Martínez, J. Curso de Cartografía y Orientación 2006, [Consultado el: 15 de noviembre de 2011], pp. 55. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/51460389/44/CONCEPTO-DE-MAPA-Y-SUS-TIPOS-Elemental>.
- [3] *PostgresSQL-Guia Ubuntu* [Consultado el: 12 de noviembre de 2011]. Disponible en: <http://www.guia-ubuntu.org/index.php?title=PostgreSQL>.
- [4] Macho Stadler, M. Que es la topología? 2002, [Consultado el: 25 de noviembre de 2011]. Disponible en: <http://personales.ya.com/casanchi/mat/topologia.pdf>.
- [5] Chávez Moreno, O.D. Clase 3 Modelo Entidad Relación. 1994, [Consultado el: 25 de noviembre de 2011]. Disponible en: <http://www.slideshare.net/oswchavez/clase-3-modelo-entidad-relacion>.
- [6] CEIGE, D.A. Glosario de Términos. 2011, [Consultado el: 15 de febrero de 2012]. Disponible en: <http://10.52.17.252:5700/Repo/AGR/Expediente%20de%20Proyecto%202011/Documentos%20generales%20del%20departamento/1.%20ingenieria/>.
- [7] Aronof, S. *Geographical Information Systems: A management perspective* 1989.
- [8] Cowen, D. Lectura en el Centro Nacional de Análisis e Información Geográfica. 1989, [Consultado el: 02 de diciembre de 2011]. Disponible en: www.vegaldavia.com/nueva%20carpeta/cursos/gis.htm.
- [9] Clarke, M. *Geographical information systems and model based analysis: towards effective decision support systems*. *GIS Summer Institute Kluwer* [Type of Work]. 1989, [Consultado el: 03 de marzo de 2012].
- [10] Botella Plana, A., Munoz Bollas, A., Olivella Gonzalez, R., Olmedillas Hernandez, J.C. AND Rodriguez Lloret, J. *Introducción a los sistemas de información geográfica y geotelemática*. 2011, [Consultado el: 06 de marzo de 2012]. Disponible en: <http://books.google.es/books?id=xip1wtr8k58C&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>.
- [11] *SIG Vectorial* [Consultado el: 9 de diciembre de 2011]. Disponible en: http://www.geogra.uah.es/gisweb/1modulosespanyol/IntroduccionSIG/GISModule/GIST_Vector.htm.
- [12] *Mapear: mapas vectoriales libres de todo el territorio argentino* | *Tecnomaps.com* [Consultado el: 12 de diciembre de 2011]. Disponible en: <http://www.tecnomaps.com/mapear-mapas-vectoriales-libres-de-todo-el-territorio-argentino/>.
- [13] *Que es el PHP?* [Consultado el: 5 de enero de 2012]. Disponible en: <http://www.maestrosdelweb.com/editorial/phpintro>.
- [14] *Sistema de información geográfica, construcción de la base de datos geográficas, topología, modelos de datos y tipos de SIG* de 13 de diciembre de 2011]. Disponible en: <http://www.topografiaglobal.com.ar/archivos/teoria/sig.html>.
- [15] Infante Sepúlveda, C.G. *Sistema de Información Geográfica*. 1989, [Consultado el: 16 de febrero de 2012]. Disponible en: www.acis.org.co/fileadmin/Conferencias/sig.pdf.
- [16] Torres, J. *Base de datos: Introducción Tema 1*. [Consultado el: 15 de enero de 2012]. Disponible en: <http://www.protonsystems.net/usuarios/jtorres/TOAW/TOAFiles/Apuntes/Presentacion.pdf>.

- [17] Reinoso, G.B. Modelado Orientado a Objetos: Una Evaluación Crítica. 2010, [Consultado el: 15 de enero de 2012]. Disponible en: <http://eii.ucv.cl/pers/gbustos/PDF/Evalua.PDF>.
- [18] *TransCard* Caliper Corporation, [Consultado el: 18 de enero de 2012]. Disponible en: <http://www.caliper.com>.
- [19] Pons, S., Ruiz Pérez, J.M., Escalas, F. AND Bauzá, A. La Planificación de rutas de transporte escolar a través de un SIG: El proyecto SIGTEBAL. 1982, [Consultado el: 15 de febrero de 2012]. Disponible en: http://geofocus.rediris.es/docPDF/Articulo4_2003.pdf.
- [20] Kohen, A. Aporte concreto de un SIG a la toma de decisiones: Técnicas aplicadas en un sistema de transporte público de pasajeros. 2008, [Consultado el: 27 de febrero de 2012]. Disponible en: www.sigfam.com.ar/content/view/238/2/.
- [21] López Romero, R. Cálculo de rutas óptimas mediante SIG en el territorio de la ciudad Celtibérica de Segeda. Propuesta Metodológica. 2005, [Consultado el: 15 de febrero de 2012]. Disponible en: http://dialnet.unirioja.es/servlet/fichero_articulo?codigo=2293226.
- [22] Rodríguez Villalobos, A. Integración de un SIG con modelos de cálculo y optimización de rutas de vehículos CVRP y software de gestión de flotas. 2008, [Consultado el: 13 de diciembre de 2011]. Disponible en: <http://www.revistadyo.es/index.php/dyo/article/viewFile/50/50>.
- [23] Gómez Delgado, M. AND Bosque Sendra, J. Cálculo de rutas óptimas para el transporte de residuos tóxicos y peligrosos. *GeoFocus* [Type of Work]. 2001, no. 1 [Consultado el: 18 de febrero de 2012], pp. 49-75. Disponible en: http://geofocus.rediris.es/docPDF/Articulo4_2001.pdf.
- [24] Queraltó i Ros, P., Valls Dalmau, F. AND Biere Arenas, R. Herramienta de cálculo de rutas óptimas según parámetros de accesibilidad física en itinerarios urbanos. 2010, [Consultado el: 2 de enero de 2012]. Disponible en: http://upcommons.upc.edu/e-prints/bitstream/2117/12137/3/03_Queraltó_Valls_Biere.pdf.
- [25] *CC-Link* [Consultado el: 13 de diciembre de 2011]. Disponible en: http://www.cc-link-g2c.com/es_EU/pages/45/Network-calculation-tools.html.
- [26] Fernández Núñez, H.M. SIG-ESAC: Sistema de Información Geográfica para la gestión de la estadística de salud de Cuba. 1990, [Consultado el: 12 de noviembre de 2011]. Disponible en: http://bvs.sld.cu/revistas/hie/vol44_3_06/hie03306.htm.
- [27] Luaces, M.R., Paramá, J.R. AND Viqueira, J.R. WebEIEL: un SIG basado en Web para la E.I.E.L. 1992, [Consultado el: 23 de enero de 2012]. Disponible en: <http://www.dicoruna.es/webeiel/images/documentosDifusion/WebunSIGbas.pdf>.
- [28] Sánchez Gutierrez, A. AND Pantoja Zaldivar, Y. Plataforma de Servicios de Mapas UCI (PLASMA v1.0) *GeoNews* [Type of Work]. 2011, vol. 13, [Consultado el: 12 de diciembre de 2011]. Disponible en: <http://revistageonews.wordpress.com/2011/10/18/plataforma-de-servicios-de-mapas-uci-plasma-v1-0/>.
- [29] de la Cruz Rigueiro, K. SIG_Verano: Sistema de Información Geográfica para la Oficina Nacional de la Unión de Jóvenes Comunistas. 2011, vol. 4, no. 12 [Consultado el: 15 de noviembre de 2011]. Disponible en: <http://publicaciones.uci.cu/index.php/SC/article/view/581>.
- [30] Cuza García, B. SIG-Rutas: solución informática para el servicio de transporte obrero en la Universidad de las Ciencias Informáticas. 2011, vol. 4, no. 12 [Consultado el: 15 de noviembre de 2011]. Disponible en: <http://publicaciones.uci.cu/index.php/SC/article/view/688>.
- [31] *Map Guide Open Source Project Info Sheet* | *OSGeo.org* [Consultado el: 9/12/2011] Disponible en: <http://www.osgeo.org/mapguide>.

- [32] *Welcome-Geoserver* [Consultado el: 8 de diciembre de 2011]. Disponible en: <http://geoserver.org>.
- [33] *Deegree--OSGeo-Live 5.0 Documentation* [Consultado el: 8 de diciembre de 2011]. Disponible en: http://live.osgeo.org/es/overview/deegree_overview.html.
- [34] *Bienvenidos a Mapserver--MapServer 6.0.1 documentation* [Consultado el: 18 de enero de 2012]. Disponible en: <http://mapserver.org/es/index.html>.
- [35] *Index of /pgrouting/source* [Consultado el: 18/01 de 2012]. Disponible en: <http://files.postlbs.org/pgrouting/source/>.
- [36] *Licencia GPL v2 en Español | Artículos de Software Libre* [Consultado el: 18 de febrero de 2012]. Disponible en: http://www.electronargentino.com.ar/Art%C3%ADculos-de-Software-Libre/licencia_gpl2.html.
- [37] *Alternativas Libres::PostGis* [Consultado el: 15 de enero de 2012]. Disponible en: www.freealts.com/libreapp.php?id=332.
- [38] *Características de IIS 6.0* [Consultado el: 15 de enero de 2012]. Disponible en: [http://technet.microsoft.com/es-es/library/cc740244\(WS.10\).aspx](http://technet.microsoft.com/es-es/library/cc740244(WS.10).aspx).
- [39] *Notas de la versión de Sun Java Sistem web Server(Notas de la versión de Sun Java Sistem web Server 7.0 Actualización 1)* [Consultado el: 15 de enero de 2012]. Disponible en: <http://docs.oracle.com/cd/E19146-01/820-2674/6ne8s2442/index.html>.
- [40] *HTTPD Servidor web apache2* [Consultado el: 16 de enero de 2012]. Disponible en: http://doc.ubuntu-es.org/HTTPD_Servidor_web_Apache2.
- [41] *Artículos Grupo Danysoft: Las Novedades de ASP.NET* [Consultado el: 15 de enero de 2012]. Disponible en: <http://www.danysoft.com/free/aspnet.pdf>.
- [42] Barquero Chaves, B.I. AND Méndez Rodríguez, W. Características del lenguaje Perl 5.0 y su aplicación como herramienta de desarrollo en la elaboración de un Servidor Web. . 2003, [Consultado el: 15 de marzo de 2012]. Disponible en: <http://www.dimare.com/adolfo/cursos/2007-2/pp-Perl.pdf>.
- [43] *PHP Introducción -Manual-* [Consultado el: 15 de enero de 2012]. Disponible en: <http://php.net/manual/es/intro.pdo.php>.
- [44] *OpenLayers:Home* [Consultado el: 12 de diciembre de 2011]. Disponible en: <http://openlayers.org/>.
- [45] *geoext* de 16 de enero de 2012]. Disponible en: <http://opengeo.org/technology/geoext/>.
- [46] Quiñones, E. Introducción a Postgres. 1992, [Consultado el: 25 de enero de 2012]. Disponible en: <http://www.apesol.org.pe>.
- [47] Isaías Carrillo Pérez , R.P.G., Aureliano David Rodríguez Martín Metodología del Desarrollo del software 2006.
- [48] González Tejada, R. Sistema de mapificación web. 1995, [Consultado el: 14 de marzo de 2012]. Disponible en: <http://biblioteca.uci.cu>.
- [49] *Que es Symfony?/Symfony .es* [Consultado el: 15 de enero de 2012]. Disponible en: <http://www.symfony.es/que-es-symfony/>.
- [50] Zaninotto, F. AND Potiencer, F. librosweb.es. Symfony 1.1, la guía definitiva. 2009, [Consultado el: 15 de enero de 2012]. Disponible en: http://www.librosweb.es/symfony_1_1/.
- [51] *Herramientas para el desarrollo del sistema* [Consultado el: 18 de enero de 2012]. Disponible en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lis/hernandez_s_ja/capitulo4.pdf
- [52] *Bienvenidos a NetBeans Portal de IDE Java de Código Abierto* [Consultado el: 5 de febrero de 2012]. Disponible en: http://netbeans.org/index_es.html.

- [53] Introducción a Herramientas CASE y System Architect. 1995, [Consultado el: 14 de enero de 2012]. Disponible en: http://users.dsic.upv.es/asignaturas/eui/mtp/doc-practicas/intro_case_SA.pdf.
- [54] *Visual Paradigm for UML* de 15 de enero de 2012]. Disponible en: http://www.freedownloadmanager.org/es/downloads/Paradigma_Visual_para_UML_%28%C3%8D%29_14720_p/.
- [55] STD 1471-2000. *Software Engineering Standards Committee of the IEEE Computer Society* [Type of Work]. 2000, [Consultado el: 16 de marzo de 2012]. Disponible en: www.computer.org/portal/web/se/home.
- [56] *Patrones grasp (Craig Larman) Parte 1 >> El mundo Informatico* [Consultado el: 18 de enero de 2012]. Disponible en: <http://jorgesaaavedra.wordpress.com/2006/08/17/patrones-grasp-craig-larman/>.
- [57] Patrones de diseño. 2001, [Consultado el: 15 de enero de 2012]. Disponible en: <http://mit.ocw.universia.net/6.170/6.170/f01/pdf/lecture-12.pdf>.
- [58] *Symfony web php framework* [Consultado el: 15 de enero de 2012]. Disponible en: <http://www.symfony-project.org/>.
- [59] Cortés, G. AND Casallas, R. Introducción a los patrones de Software. 1995, [Consultado el: 03 de marzo de 2012]. Disponible en: <http://sistemas.uniandes.edu.co/~isis2701/dokuwiki/lib/exe/fetch.php?media=isis2701-patronesgrasp.pdf>.
- [60] *El patron MVC/ Symfony, la guia definitiva/Libros web.es* [Consultado el: 15 de enero de 2012]. Disponible en: http://www.librosweb.es/symfony/capitulo2/el_patron_mvc.html.
- [61] Prieto, F. Patrones de diseño. 2008, [Consultado el: 12 de febrero de 2012]. Disponible en: http://www.infor.uva.es/~felix/datos/priii/tr_patrones-2x4.pdf.
- [62] Larman, C. *UML y Patrones. Introducción al análisis y diseño orientado a objetos*. Edtion ed. La Habana: Editorial Félix Varela, 2004.
- [63] Cáceres Tello, J. Diagramas de secuencia. [Consultado el: 23 de febrero de 2012]. Disponible en: <http://www2.uah.es/jcaceres/capsulas/DiagramaSecuencia.pdf>.
- [64] Carreón, H., Javier García, F., Conceción Padilla, M., Trinidad, A. AND Hugo Hernández, H. Métricas de software. 2010, [Consultado el: 15 de marzo de 2012]. Disponible en: <http://www.slideshare.net/panchois/metricas-de-software>.
- [65] Lorenz, M. AND Kidd, J. Object-oriented software metrics. *Software Testing Verification and Reliability* [Type of Work]. 1994, vol. 4, no. 4 [Consultado el: 15 de marzo de 2012], pp. 255-256. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/stvr.4370040405/pdf>.
- [66] Ibarra González, R. AND Manresa Bernal, A. *Análisis y Diseño del Subsistema Contabilidad General del Sistema Integral de Gestión de Entidades*. Universidad de las Ciencias Informáticas, 2009.
- [67] Arias Calleja, M. Carmen. Estándares de codificación. [Consultado el: 17 de febrero de 2012]. Disponible en: www.cisiad.uned.es/carmen/estilo-codificacion.pdf.
- [68] CEIGE, D.A. Propuesta de un estándar de codificación 2011, [Consultado el: 15 de febrero de 2012]. Disponible en: <http://10.52.17.252:5700/Repo/AGR/Expediente%20de%20Proyecto%202011/Documentos%20generales%20del%20departamento/1.%20ingenieria/>.
- [69] Fairley, R. Ingeniería de Software. 1985, [Consultado el: 02 de febrero de 2012]. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/36461607/Ingenieria-de-Software>.
- [70] Mañas, J.A. Prueba de Programas. 1994 [Consultado el: 03 de marzo de 2012]. Disponible en: www.lab.dit.upm.es/~lprg/material/apuntes/pruebas/testing.htm.

ANEXOS ANEXO I. DESCRIPCIÓN DE REQUISITOS

Precondiciones	El actor esta autenticado y tiene los permisos para ver el mapa.	
Flujo de eventos		
Flujo básico Gestionar Solicitud de Facilidad		
No	Actor	Sistema
1	Selecciona la opción "Mapa".	
2		Muestra un mapa de Cuba con la localización de las carreteras.
3	Si desea ver información de los almacenes selecciona "almacenes". Si desea ver la información de los depósitos temporales selecciona "depósito temporal". Si desea ver la información de los puntos de control selecciona "puntos de control". Si desea ver la información de las rutas selecciona "rutas".	
4		Si el actor seleccionó "almacenes" se muestra la localización geográfica de los almacenes en el mapa. Si el actor seleccionó "depósitos temporales" se muestra la localización geográfica de los depósitos temporales en el mapa. Si el actor seleccionó "puntos de control" se muestra la localización geográfica de los puntos de control en el mapa. Si el actor seleccionó "rutas" se muestra la localización geográfica de las rutas en el mapa.
5	Si desea ver los datos de un almacén selecciona el almacén del cual desea ver los datos. Si desea ver los datos de un depósito temporal selecciona el depósito temporal del cual desea ver los datos. Si desea ver los datos de un punto de control selecciona el punto de control del cual desea ver	

	los datos. Si desea ver los datos de una ruta selecciona la ruta de la cual desea ver los datos.	
6		Si el actor seleccionó un almacén muestra en una tabla la información del almacén seleccionado. Si el actor seleccionó un depósito temporal muestra en una tabla la información del depósito temporal seleccionado. Si el actor seleccionó un punto de control muestra en una tabla la información del punto de control seleccionado. Si el actor seleccionó una ruta muestra en una tabla la información de la ruta seleccionada.
		Concluye el requisito.

Tabla 8 Requisito Mostrar Mapas

Precondiciones	El actor esta autenticado y tiene los permisos para gestionar puntos de control.	
Flujo de eventos		
Flujo básico Gestionar Solicitud de Facilidad		
No	Actor	Sistema
1	Selecciona la opción "Gestionar Mapa".	
2		Muestra un mapa de Cuba con la localización de los almacenes y las carreteras.
3	Selecciona la opción "gestionar puntos de control".	
4		Muestra la localización geográfica de los puntos de control en el mapa. Despliega un menú con las opciones, "Adicionar", "Modificar", "Eliminar".
6	Si desea adicionar un punto de control selecciona la opción "Adicionar". Si desea modificar un punto de control selecciona la opción	

	“Modificar”. Si desea eliminar un punto de control selecciona la opción “Eliminar”.	
7		Si el actor seleccionó Adicionar ver flujo alternativo <u>2.2.1a Adicionar punto de control</u> . Si el actor seleccionó Modificar ver flujo alternativo <u>2.2.1b Modificar punto de control</u> . Si el actor seleccionó Eliminar ver flujo alternativo <u>2.2.1c Eliminar punto de control</u> .
8		Concluye el requisito.
Flujos alternativos		
Flujo alternativo 2.2.1a Adicionar Punto de Control		
No	Actor	Sistema
1		muestra el mensaje “Seleccione en el mapa el lugar desea adicionar el punto de control”.
2	Selecciona en lugar para el punto de control.	
3		Abre una ventana para llenar los datos del punto de control.
4	Llena los datos y presiona “Aceptar”.	
5		Si el punto de control se puede adicionar lo adiciona y muestra el mensaje “El punto de control ha sido adicionado”. Si el punto de control no se puede adicionar muestra el mensaje “El punto de control no se ha podido adicionar”.
6		Concluye el requisito.
Flujo alternativo 2.2.1b Modificar Punto de Control		
No	Actor	Sistema
1		Muestra el mensaje “Seleccione en el mapa el punto de control que desea modificar”.
2	Selecciona el punto de control.	
3		Abre una ventana para llenar los datos del punto de control.

4	Llena los datos y presiona "Modificar".	
5		Si el punto de control se puede modificar lo modifica y muestra el mensaje "El punto de control ha sido modificado". Si el punto de control no se puede modificar muestra el mensaje "El punto de control no se ha podido modificar".
6		Concluye el requisito.
Flujo alternativo 2.2.1c Eliminar Punto de Control		
No	Actor	Sistema
1		Muestra el mensaje "Seleccione en el mapa el punto de control que desea eliminar".
2	Selecciona el punto de control.	
3		Muestra el mensaje "Está seguro que desea eliminar el Punto de Control?".
4	Presiona "Eliminar".	
5		Si el punto de control se puede eliminar lo elimina y muestra el mensaje "El punto de control ha sido eliminado". Si el punto de control no se puede eliminar muestra el mensaje "El punto de control no se ha podido eliminar".
6		Concluye el requisito.

Tabla 9 Requisito Gestionar Puntos de Control

Precondiciones	El actor esta autenticado y tiene los permisos para gestionar almacenes.	
Flujo de eventos		
Flujo básico Gestionar Solicitud de Facilidad		
No	Actor	Sistema
1	Selecciona la opción "Gestionar Mapa".	
2		Muestra un mapa de Cuba con la localización de los almacenes y las carreteras.
3	Selecciona la opción "gestionar	

	Almacenes”.	
4		Muestra la localización geográfica de los almacenes en el mapa. Despliega un menú con las opciones, “Adicionar”, “Modificar”, “Eliminar”.
6	Si desea adicionar un almacén selecciona la opción “Adicionar”. Si desea modificar un almacén selecciona la opción “Modificar”. Si desea eliminar un almacén selecciona la opción “Eliminar”.	
7		Si el actor seleccionó Adicionar ver flujo alternativo <u>2.3.1a Adicionar almacén</u> . Si el actor seleccionó Modificar ver flujo alternativo <u>2.3.1b Modificar almacén</u> . Si el actor seleccionó Eliminar ver flujo alternativo <u>2.3.1c Eliminar almacén</u>
8		Concluye el requisito.
Flujos alternativos		
Flujo alternativo 2.3.1a Adicionar almacén		
No	Actor	Sistema
1		muestra el mensaje “Seleccione en el mapa el lugar desea adicionar el almacén”.
2	Selecciona en lugar para el almacén.	
3		Abre una ventana para llenar los datos del almacén.
4	Llena los datos y presiona “Aceptar”.	
5		Si el almacén se puede adicionar lo adiciona y muestra el mensaje “El almacén ha sido adicionado”. Si el almacén no se puede adicionar muestra el mensaje “El almacén no se ha podido adicionar”.
6		Concluye el requisito.
Flujo alternativo 2.3.1b Modificar almacén		
No	Actor	Sistema

1		Muestra el mensaje “Seleccione en el mapa el almacén que desea modificar”.
2	Selecciona el almacén.	
3		Abre una ventana para llenar los datos del almacén.
4	Llena los datos y presiona “Modificar”.	
5		Si el almacén se puede modificar lo modifica y muestra el mensaje “El almacén ha sido modificado”. Si el almacén no se puede modificar muestra el mensaje “El almacén no se ha podido modificar”.
6		Concluye el requisito.
Flujo alternativo 2.3.1c Eliminar Almacén		
No	Actor	Sistema
1		Muestra el mensaje “Seleccione en el mapa el almacén que desea eliminar”.
2	Selecciona el almacén.	
3		Muestra el mensaje “Está seguro que desea eliminar el Almacén?”.
4	Presiona “Eliminar”.	
5		Si el almacén se puede eliminar lo elimina y muestra el mensaje “El almacén ha sido eliminado”. Si el almacén no se puede eliminar muestra el mensaje “El almacén no se ha podido eliminar”.
6		Concluye el requisito.

Tabla 10 Requisito Gestionar Almacenes

Precondiciones	El actor esta autenticado y tiene los permisos para gestionar Depósitos Temporales.	
Flujo de eventos		
Flujo básico Gestionar Solicitud de Facilidad		
No	Actor	Sistema
1	Selecciona la opción “Gestionar Mapa”.	
2		Muestra un mapa de Cuba con la

		localización de los Depósitos Temporales y las carreteras.
3	Selecciona la opción "gestionar Depósitos Temporales".	
4		Muestra la localización geográfica de los Depósitos Temporales en el mapa. Despliega un menú con las opciones, "Adicionar", "Modificar", "Eliminar".
6	Si desea adicionar un depósito selecciona la opción "Adicionar". Si desea modificar un depósito selecciona la opción "Modificar". Si desea eliminar un depósito selecciona la opción "Eliminar".	
7		Si el actor seleccionó Adicionar ver flujo alternativo <u>2.4.1a Adicionar depósito</u> . Si el actor seleccionó Modificar ver flujo alternativo <u>2.4.1b Modificar depósito</u> . Si el actor seleccionó Eliminar ver flujo alternativo <u>2.4.1c Eliminar depósito</u>
8		Concluye el requisito.
Flujos alternativos		
Flujo alternativo 2.4.1a Adicionar depósito		
No	Actor	Sistema
1		Muestra el mensaje "Seleccione en el mapa el lugar desea adicionar el depósito".
2	Selecciona en lugar para el depósito.	
3		Abre una ventana para llenar los datos del depósito.
4	Llena los datos y presiona "Aceptar".	
5		Si el depósito se puede adicionar lo adiciona y muestra el mensaje "El depósito ha sido adicionado". Si el depósito no se puede

		adicionar muestra el mensaje “El depósito no se ha podido adicionar”.
6		Concluye el requisito.
Flujo alternativo 2.4.1b Modificar depósito		
No	Actor	Sistema
1		Muestra el mensaje “Seleccione en el mapa el depósito que desea modificar”.
2	Selecciona el depósito.	
3		Abre una ventana para llenar los datos del depósito.
4	Llena los datos y presiona “Modificar”.	
5		Si el depósito se puede modificar lo modifica y muestra el mensaje “El depósito ha sido modificado”. Si el depósito no se puede modificar muestra el mensaje “El depósito no se ha podido modificar”.
6		Concluye el requisito.
Flujo alternativo 2.4.1c Eliminar Depósito		
No	Actor	Sistema
1		Muestra el mensaje “Seleccione en el mapa el depósito que desea eliminar”.
2	Selecciona el depósito.	
3		Muestra el mensaje “Está seguro que desea eliminar el Depósito?”.
4	Presiona “Eliminar”.	
5		Si el depósito se puede eliminar lo elimina y muestra el mensaje “El depósito ha sido eliminado”. Si el depósito no se puede eliminar muestra el mensaje “El depósito no se ha podido eliminar”.
6		Concluye el requisito.

Tabla 11 Requisito Gestionar Depósitos Temporales

Precondiciones	El actor esta autentificado y tiene los permisos para gestionar rutas.	
Flujo de eventos		
Flujo básico Gestionar Solicitud de Facilidad		
No	Actor	Sistema
1	Selecciona la opción "Gestionar Mapa".	
2		Muestra un mapa de Cuba con la localización de las rutas y las carreteras.
3	Selecciona la opción "gestionar Rutas".	
4		Muestra la localización geográfica de las rutas en el mapa. Despliega un menú con las opciones, "Adicionar", "Modificar", "Eliminar".
6	Si desea adicionar una ruta selecciona la opción "Adicionar". Si desea modificar una ruta selecciona la opción "Modificar". Si desea eliminar una ruta selecciona la opción "Eliminar".	
7		Si el actor seleccionó Adicionar ver flujo alternativo <u>2.5.1a Adicionar ruta</u> . Si el actor seleccionó Modificar ver flujo alternativo <u>2.5.1b Modificar ruta</u> . Si el actor seleccionó Eliminar ver flujo alternativo <u>2.5.1c Eliminar ruta</u>
8		Concluye el requisito.
Pos-condiciones		
1		
Flujos alternativos		
Flujo alternativo 2.5.1a Adicionar ruta		
No	Actor	Sistema
1		Muestra el mensaje "Seleccione en el mapa el lugar desea adicionar la ruta".
2	Selecciona el origen y destino para la	

	ruta.	
3		Abre una ventana para llenar los datos de la ruta.
4	Llena los datos y presiona "Aceptar".	
5		Si la ruta se puede adicionar lo adiciona y muestra el mensaje "La ruta ha sido adicionado". Si la ruta no se puede adicionar muestra el mensaje "La ruta no se ha podido adicionar".
6		Concluye el requisito.
Flujo alternativo 2.5.1b Modificar ruta		
No	Actor	Sistema
1		Muestra el mensaje "Seleccione en el mapa la ruta que desea modificar".
2	Selecciona la ruta.	
3		Abre una ventana para llenar los datos de la ruta.
4	Llena los datos y presiona "Modificar".	
5		Si la ruta se puede modificar lo modifica y muestra el mensaje "La ruta ha sido modificado". Si la ruta no se puede modificar muestra el mensaje "La ruta no se ha podido modificar".
6		Concluye el requisito.
Flujo alternativo 2.5.1c Eliminar Ruta		
No	Actor	Sistema
1		Muestra el mensaje "Seleccione en el mapa la ruta que desea eliminar".
2	Selecciona la ruta.	
3		Muestra el mensaje "¿Está seguro que desea eliminar la Ruta?".
4	Presiona "Eliminar".	
5		Si la ruta se puede eliminar lo elimina y

		muestra el mensaje “La ruta ha sido eliminado”. Si la ruta no se puede eliminar muestra el mensaje “La ruta no se ha podido eliminar”.
6		Concluye el requisito.

Tabla 12 Requisito Gestionar Rutas

Precondiciones		El actor esta autenticado y tiene los permisos para gestionar viajes.
Flujo de eventos		
Flujo básico Gestionar Solicitud de Facilidad		
No	Actor	Sistema
1	Selecciona la opción “Gestionar Mapa”.	
2		Muestra un mapa de Cuba con la localización de los viajes y las carreteras.
3	Selecciona la opción “gestionar Viajes”.	
4		Muestra la localización geográfica de los viajes en el mapa. Despliega un menú con las opciones, “Adicionar”, “Modificar”, “Eliminar”.
6	Si desea adicionar un viaje selecciona la opción “Adicionar”. Si desea modificar un viaje selecciona la opción “Modificar”. Si desea eliminar un viaje selecciona la opción “Eliminar”.	
7		Si el actor seleccionó Adicionar ver flujo alternativo <u>2.6.1a Adicionar viaje</u> . Si el actor seleccionó Modificar ver flujo alternativo <u>2.6.1b Modificar viaje</u> . Si el actor seleccionó Eliminar ver flujo alternativo <u>2.6.1c Eliminar viaje</u>
8		Concluye el requisito.
Pos-condiciones		
Flujos alternativos		
Flujo alternativo 2.6.1a Adicionar viaje		
No	Actor	Sistema
1		Muestra el mensaje “Seleccione en el mapa la

		ruta que va a seguir el viaje el viaje”.
2	Selecciona la ruta para la viaje.	
3		Abre una ventana para llenar los datos del viaje.
4	Llena los datos y presiona “Aceptar”.	
5		Si el viaje se puede adicionar lo adiciona y muestra el mensaje “El viaje ha sido adicionado”. Si el viaje no se puede adicionar muestra el mensaje “El viaje no se ha podido adicionar”.
6		Concluye el requisito.
Flujo alternativo 2.6.1b Modificar viaje		
No	Actor	Sistema
1		Muestra el listado de viajes.
2	Selecciona el viaje.	
3		Abre una ventana para llenar los datos del viaje.
4	Llena los datos y presiona “Modificar”.	
5		Si el viaje se puede modificar lo modifica y muestra el mensaje “El viaje ha sido modificado”. Si el viaje no se puede modificar muestra el mensaje “El viaje no se ha podido modificar”.
6		Concluye el requisito.
Flujo alternativo 2.6.1c Eliminar Viaje		
No	Actor	Sistema
1		Muestra el mensaje “Seleccione en el mapa el viaje que desea eliminar”.
2	Selecciona el viaje.	
3		Muestra el mensaje “¿Está seguro que desea eliminar el Viaje?”.
4	Presiona “Eliminar”.	
5		Si el viaje se puede eliminar lo elimina y muestra el mensaje “El viaje ha sido eliminado”.

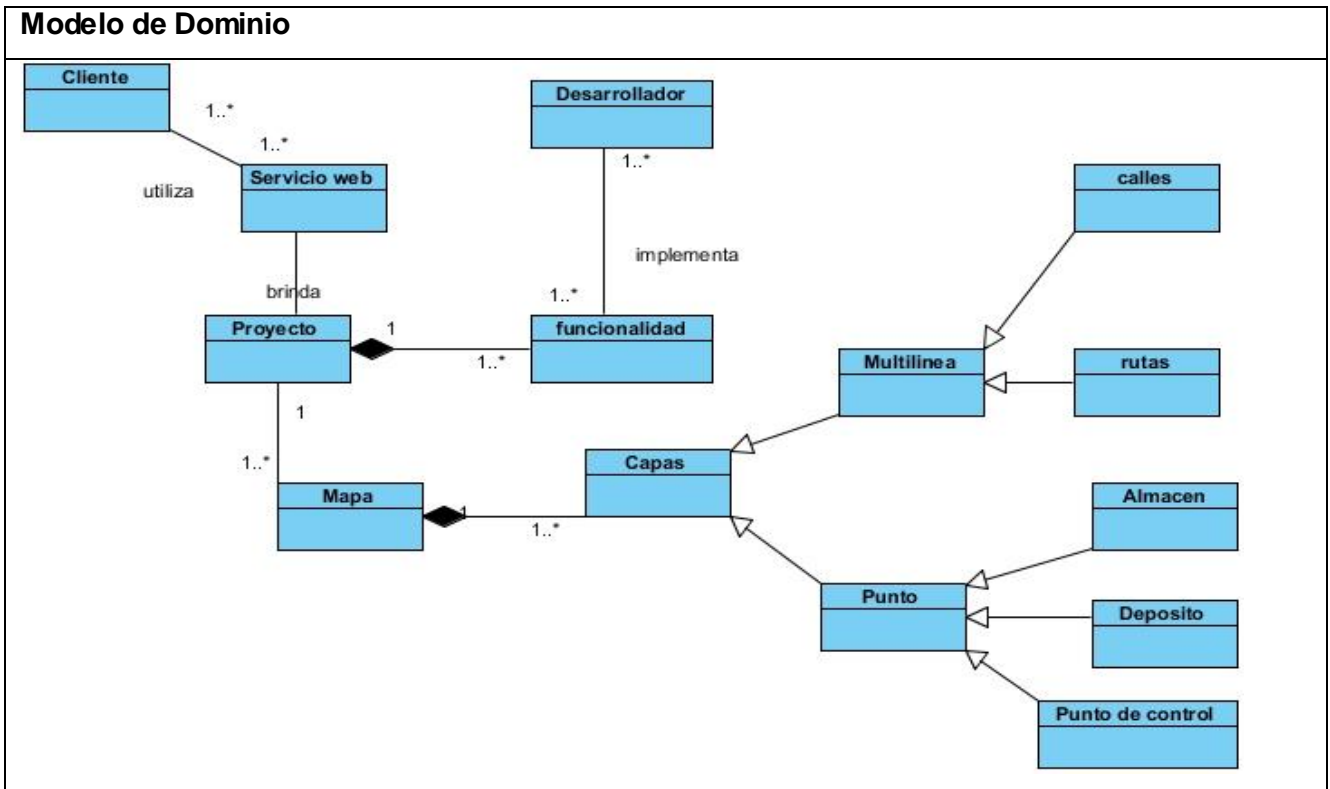
		Si el viaje no se puede eliminar muestra el mensaje "El viaje no se ha podido eliminar".
6		Concluye el requisito.

Tabla 13 Requisito Gestionar Viaje

Precondiciones	El actor esta autenticado y tiene los permisos para realizar la acción	
Flujo de eventos		
Flujo básico Gestionar Solicitud de Facilidad		
No	Actor	Sistema
1	Selecciona Imprimir reporte de viaje.	
2		Muestra el listado de viajes.
3	Selecciona el viaje.	
4		Muestra el reporte del viaje.
6	Selecciona "Exportar Reporte".	
7		Si se puede exportar el reporte exporta a PDF el reporte el reporte. Si no se puede exportar el reporte muestra el siguiente mensaje" No se puede exportar el reporte".
8		Concluye el requisito.

Tabla 14 Requisito Exportar Reporte de Viaje

ANEXO II. MODELO DE DOMINIO



ANEXO III. DIAGRAMAS DE SECUENCIA

Diagrama de secuencia para el RF Exportar a PDF el reporte del viaje.

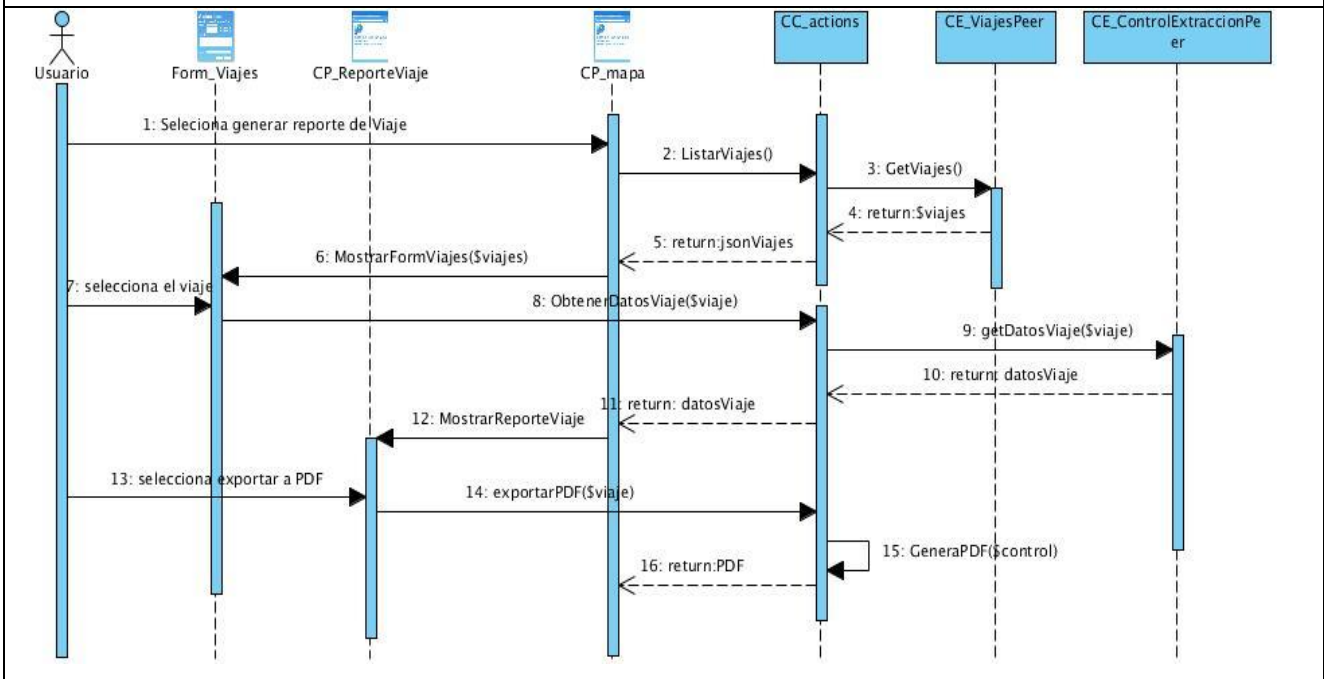


Diagrama de secuencia para el RF Gestionar depósito temporal (Adicionar)

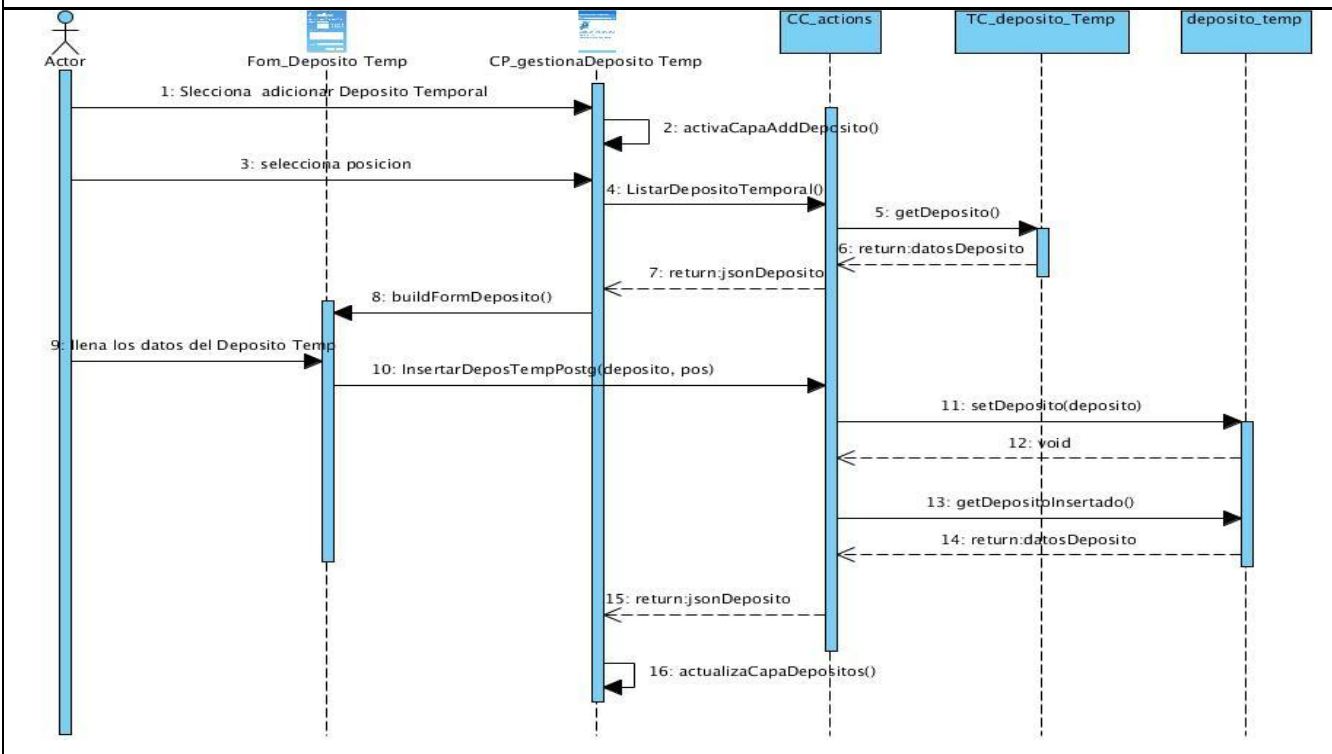


Diagrama de secuencia para el RF Gestionar depósito temporal (Eliminar)

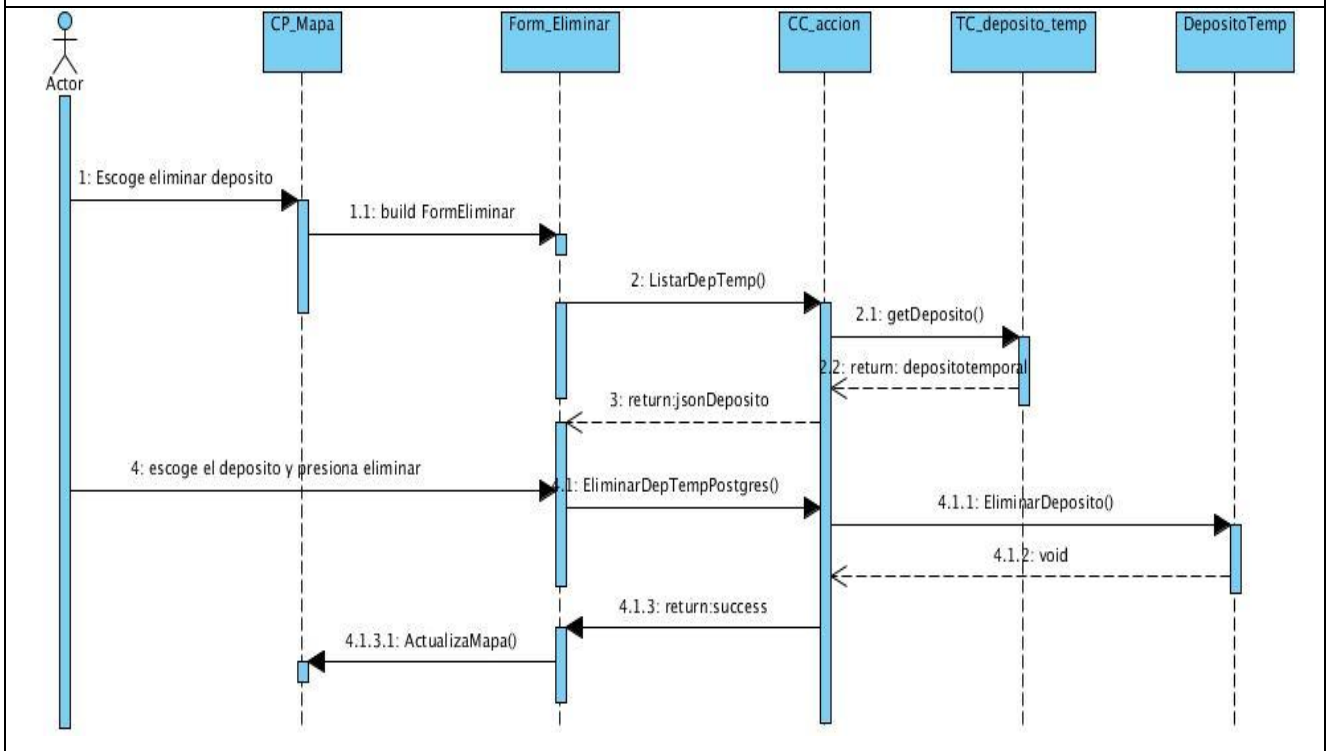


Diagrama de secuencia para el RF Gestionar depósito temporal (Modificar)

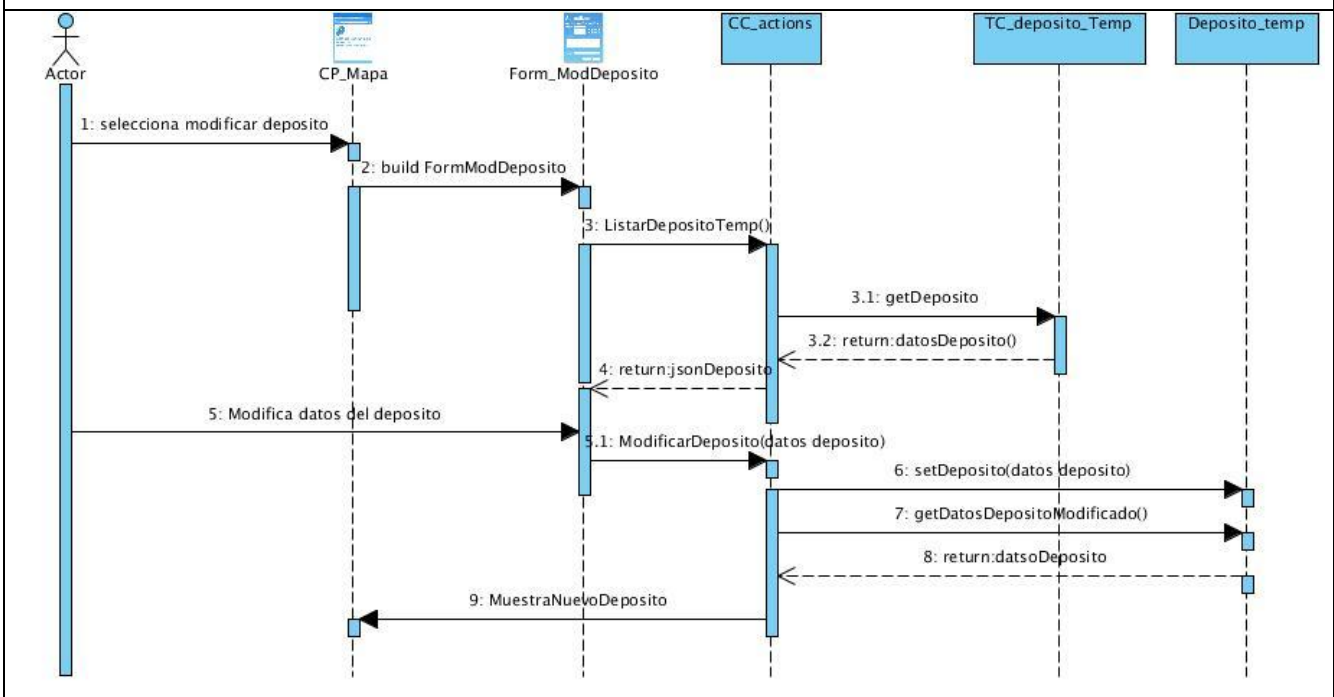


Diagrama de secuencia para el RF Modificar Ruta

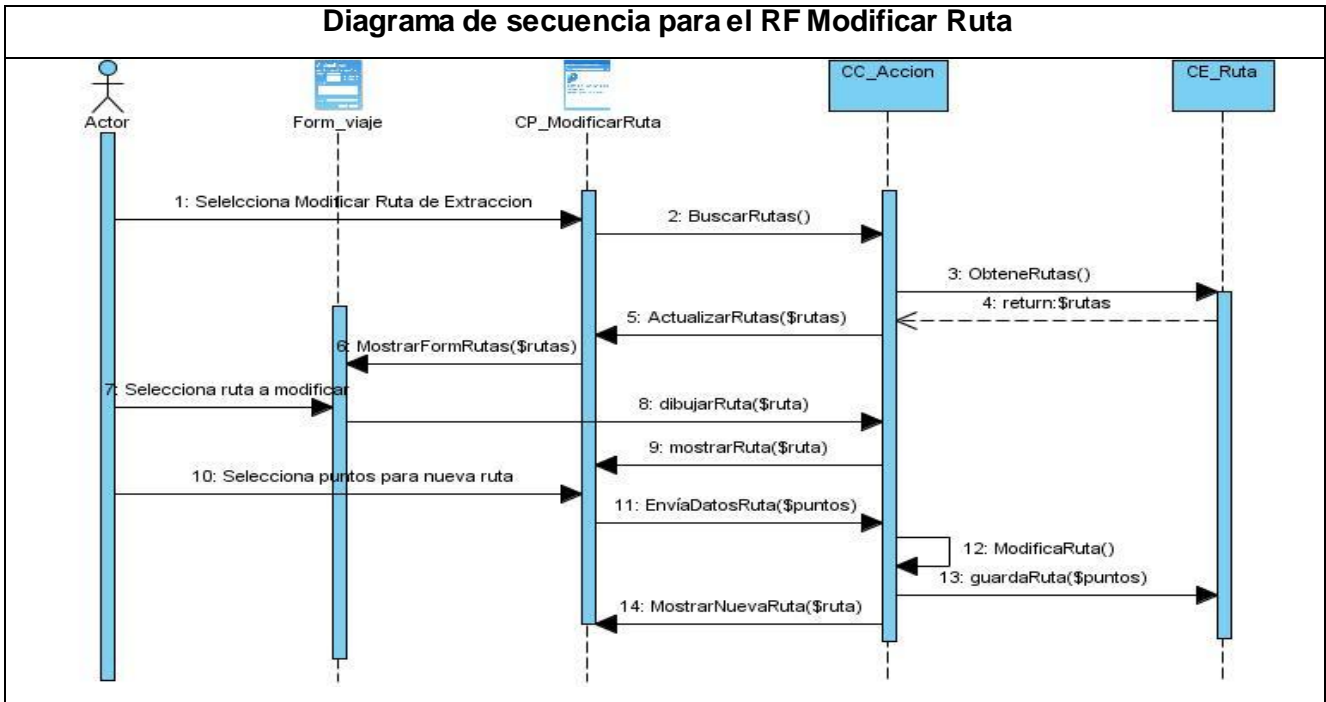
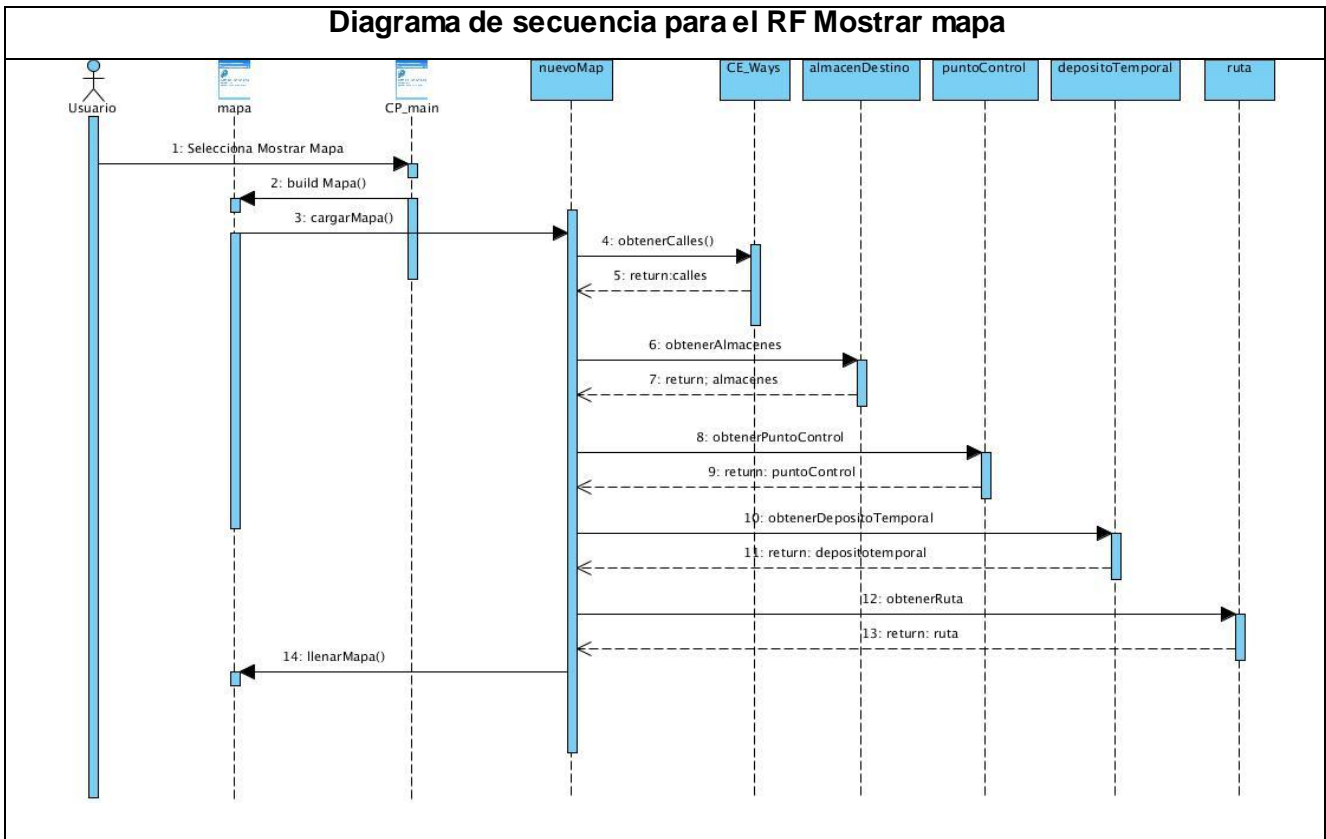


Diagrama de secuencia para el RF Mostrar mapa



ANEXO IV. GUÍA PARA LA CONFIGURACIÓN Y PUESTA A PUNTO DE LAS HERRAMIENTAS UTILIZADAS

A continuación se presenta una guía de instalación de las herramientas libres propuestas en la investigación con el objetivo de preparar el entorno de trabajo para la instalación del sistema desarrollado.

Las herramientas y bibliotecas necesarias para el trabajo con SIG llevan una serie de pasos consecutivos para su correcta instalación. A continuación se explicará este proceso exponiendo paso a paso cada una de las acciones a realizar para lograr una instalación exitosa.

A continuación se enumeraran las herramientas utilizadas en el desarrollo del sistema así como la versión utilizada.

Herramienta y Bibliotecas	Versión
PostgreSQL	9.1
PostGIS (biblioteca de PostgreSQL)	9.1
Php5	5.3.6-13ubuntu3.2
Mapserver	5.6.6-1.1ubuntu1
PgRouting	1.05
libboost-dev	1.46.1.1
gaul-devel	0.1849-0
GeoExt	0.7
ExtJS	3.0
Apache	2.2.20-lubuntu1.1
Cgal	3.8-1

Tabla 15 Herramientas y bibliotecas propuestas

El Sistema Operativo (SO) Ubuntu, en cualquiera de sus versiones, usa un comando para el manejo de paquetes a nivel de consola, el mismo es *apt-get*. También se puede instalar la aplicación *aptitude* que brinda más funcionalidades que *apt-get*, entre las que se encuentra la funcionalidad *search*, que es utilizada para verificar si una herramienta o biblioteca se encuentra en el repositorio y si está instalada o no.

Nota: Todas estas instalaciones deben ejecutarse como súper usuario.

Muchas de las bibliotecas que se van a instalar necesitan ser compiladas, para esto se necesitará instalar el compilador **cmake** y el **make**, lo cual haremos con los siguientes comandos:

```
$apt-get install cmake
```

```
$apt-get install make
```

A continuación se describen las herramientas que se deben instalar:

- PostgreSQL: Es un SGBD libre que cuenta con prestaciones y funcionalidades equivalentes a SGBD comerciales. Permite restricciones de integridad, creación de vistas, etc. Para instalar se ejecutara el siguiente comando:

```
$apt-get install postgresql-9.1
```

- PostGIS: Es un módulo para PostgreSQL el cual le proporciona la capacidad no sólo de almacenar información espacial, sino de realizar operaciones de análisis geográfico. Para instalar se ejecutará el siguiente comando:

```
$apt-get install postgresql-9.1-postgis
```

MapServer: MapServer es servidor de mapas para la publicación de datos espaciales y aplicaciones cartográficas interactivas para la web. Para instalar se ejecutará el siguiente comando:

```
$apt-get install cgi-mapserver mapserver-bin
```

- Php5: PHP (acrónimo de PHP: Hypertext Preprocessor) es un lenguaje de código abierto adecuado para desarrollos web. Para instalar se ejecutará el siguiente comando:

```
$apt-get install php5
```

- Apache2: es un servidor web HTTP de código abierto, para plataformas Unix (BSD, GNU/Linux, etc.), Microsoft Windows, Macintosh y otras, que implementa el protocolo HTTP/1.1. Para instalar se ejecutará el siguiente comando:

```
$apt-get install apache2
```

- PgRouting: Esta aplicación no se encuentra en el repositorio, por lo tanto deberá descargarla de su página principal de descarga ¹.

PgRouting depende de tres bibliotecas por lo tanto a continuación se explicará brevemente lo que hace cada una y se procederá a su instalación; éstas son:

- Boost: Es la única que es obligatoria para la instalación de PgRouting. Tiene utilidades para el análisis y explotación de grafos. Para instalar ejecutar el siguiente comando:

```
$apt-get install libboost-all-dev expat-devel python-devel freetype-devel
```

- Cgal: Librería especializada en el cálculo y procesamiento de estructuras geométricas en dos y en tres dimensiones. En el caso de PgRouting proporciona el algoritmo de cálculo conocido como Driving. Se encuentra en el repositorio y se instala mediante el siguiente comando:

```
$apt-get install libcgcal-dev
```

- Gaul: Esta librería sólo es necesaria si se desea añadir a PostgreSQL la funcionalidad de cálculo del llamado "Problema del viajante". La misma no se encuentra en el repositorio, pero se puede encontrar en la página oficial de descarga ².

¹ <http://www.pgrouting.org/download.html>

Luego de descargada se entrará por consola a la carpeta donde se encuentra el archivo, ejemplo:
cd /camino a la carpeta de descarga gaul/gaul-devel-0.1849-0, y se ejecuta:

```
$. /configure --enable-slang=no
$make
$make install
```

Luego de haber instalado todas las dependencias se procederá a compilar PgRouting.
 Primero se debe autenticar por el **usuario postgres** para realizar este tipo de acciones. Se entrará a la carpeta donde se encuentra el PgRouting luego de haberlo descargado por la terminal y como *root*, ejemplo:

```
cd pgrouting/
```

Se compila:

```
$cmake -DWITH_TSP=ON -DWITH_DD=ON.
```

En caso de que ocurra el siguiente error:

```
-- PostgreSQL not found.
FATALERROR Please check your
PostgreSQL installation.
```

Se debe instalar la siguiente biblioteca

```
$apt-get install postgresql-server-dev-9.1
$ make
```

Después de compilar puede dar los siguientes errores:

```
/camino a pgrouting/pgrouting-
1.05/core/src/shooting_star_boost_wrapper.cpp:26:41: fatal
error: boost/vector_property_map.hpp: No existe el fichero o el
directorio
```

Entonces se debe buscar el fichero *shooting_star_boost_wrapper.cpp* y se sustituye

```
#include <boost/vector_property_map.hpp> por
#include boost/property_map/vector_property_map.hpp>
```

Que va a ser la dirección actual del fichero.

Esto sucede porque estos archivos se van a encontrar ahora en esta dirección:
/usr/include/boost/property_map.

² <http://gaul.sourceforge.net/downloads.html>

El mismo error va a ocurrir con los siguientes archivos:

EDGE_VISITORS.HPP,

SHOOTING_STAR_RELAX.HPP,

SHOOTING_STAR_BOOST_WRAPPER.CPP

Y para todos se seguirá el mismo procedimiento, pues se encuentran en la misma dirección.

Y para concluir:

\$ make install

Con los pasos anteriores, queda el entorno de trabajo preparado con estas herramientas que son necesarias para comenzar a trabajar en una aplicación web con una base de datos espacial.

Creación del entorno del trabajo de bases de datos espacial para el sistema.

Para la creación del entorno del trabajo de bases de datos geográficas para aplicaciones web es necesario tener varias herramientas instaladas.

Esta guía tiene como objetivo brindar detalles específicos de como se crea una base de datos plantilla con funciones PostGIS y luego se mostraran los pasos para crear un ejemplo sencillo de un mapa de la Habana.

Esta base de datos plantilla tendrá todas las funcionalidades PgRouting incluidas y a partir de ella se crearán otras bases de datos con esas mismas funcionalidades.

Para crear una base de datos con funciones PostGIS es necesario seguir los siguientes pasos:

Entrar por el usuario postgres

\$su postgres

\$createdb-U postgres-EUNICODE dbname

\$createlang-U postgrespl pgsql dbname

Agregar las funcionalidades de PostGIS:

\$psql -U postgres -f /usr/share/postgresql/9.1/contrib/postgis-1.5/postgis.sqldbname

\$psql -U postgres -f /usr/share/postgresql/9.1/contrib/postgis-1.5/spatial_ref_sys.sqldbname

³

Para añadir las funciones de pgRouting a la base de datos:

\$psql -U postgres -f /usr/share/postlts/routing_core.sqldbname

\$psql -U postgres -f /usr/share/postlts/routing_core_wrappers.sqldbname

Para añadir funcionalidades para el problema del viajante (TSP)

\$psql -U postgres -f /usr/share/postlts/routing_tsp.sqldbname

³ **Nota:** estas direcciones son la que corresponden a la instalación de la librería de postgis para postgres

```
$psql -U postgres -f /usr/share/postlbs/routing_tsp_wrappers.sql dbname
```

Por último la funcionalidad para el algoritmo Driving Distance

```
$psql -U postgres -f /usr/share/postlbs/routing_dd.sql dbname
```

```
$psql -U postgres -f /usr/share/postlbs/routing_dd_wrappers.sql dbname
```

A partir de lo anterior, se tiene una base de datos con las funciones de PgRouting y PostGIS, la cual se utilizará como plantilla en la creación de nuevas bases de datos espaciales para almacenar mapas.

Crear una base de datos espacial a partir de la plantilla creada:

```
$createdb -U postgres -T routing test
```

Ahora mediante una breve explicación se describirá como mostrar un mapa utilizando GEOEXT:

Instalar osm2pgrouting

La aplicación osm2pgrouting no se encuentra en el repositorio, por lo que se debe descargar de su sitio oficial de descarga ⁴.

Luego de tener el archivo descargado se procederá a extraer y se accederá a la carpeta por consola, ya dentro de la carpeta ejecutamos el siguiente comando:

```
./osm2pgrouting -file tu-fichero-OSM.osm -conf mapconfig.xml -dbnamehabana -user postgres -passwd postgres -clean
```

Nota: debes tener un archivo .osm o los sql, en caso de tener estos últimos ya no tendrías que instalar osm2pgrouting, con ejecutar las consultas sql bastará para tener la base de datos.

En este caso se cuenta con un archivo Habana.osm y este comando lo que hace es almacenar los datos de que contiene este archivo en la base de datos.

De esta manera queda creada la base de datos geográfica. A partir de esto, ya se cuenta con un entorno en el que se puede utilizar el sistema de Información Geográfica para la gestión de la información del transporte de los depósitos temporales de la Aduana General de la República de Cuba.

⁴ <https://github.com/pgRouting/osm2pgrouting/downloads>