

**Universidad de las Ciencias Informáticas**

**Facultad 6**



**SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA EL CENTRO NACIONAL  
DE INVESTIGACIONES SISMOLÓGICAS**

TRABAJO DE DIPLOMA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO EN CIENCIAS  
INFORMÁTICAS

**Autor: Yordano Martell Fernández**

**Tutor: M.Sc. Vladimir Martell Fernández**

La Habana, junio de 2013  
"Año 55 de la Revolución"

**“Un niño, de su cariño,  
me dio un beso tan sincero,  
que al morir, si acaso muero,  
sentiré el beso del niño”.**

**José Martí**

## DEDICATORIA

A **DIOS**: ALIMENTO Y FUERZA DE MIS DÍAS.

A **MIS PADRES**: “EL VLADICÁN DE CUBA” Y “MI PURITA”: POR PREDICAR CON LA RAZÓN, POR EMBRIAGARME DE AMOR.

A MI HERMANITO DEL ALMA, **MIRCI**: POR SU SENSATEZ Y PACIENCIA, POR SU INGENIO... POR COMPARTIR SIEMPRE MIS YUGOS... POR CUIDAR MI DÍA A DÍA.

A MI **IGLESIA**: POR ENSEÑARME QUE SOLO HAY UNA MANERA DE VENCER, AMAR HASTA EL FINAL.

A **TODA MI FAMILIA**, EN ESPECIAL A MÍ **TÍA MIÑA**, POR DOTARME PARA LA VIDA, POR INCULCARMEL AMOR, EL RESPETO Y LA PAZ.

A LOS **AMIGOS DE MI VIDA**: JAVI, YENY, ALI, MAY, RUBÉN, YANELA, TEGO FILPO, EL LUISI, EDUARDITO, NARCI, DAVID Y CARLOS MIGUEL: POR CONCEDERME EL HONOR DE TENERLOS Y CONTARLOS COMO MI FAMILIA ELEGIDA.

A MIS **AMIGOS DE LA UCI**: INDIRITA, LILY, YOHANA, DAILENKA, DIDIEL, YUNIER(SINCHI), CARLOS ALAIN, JESÚS, ORTIZ, YUNIER(DJ), EL HUMBER, ADRÍAN, ALAIN, JORGE Y RODOLFO: POR COMPARTIR EN CONVIVENCIA, POR AYUDARME A VENCER LOS OBSTÁCULOS Y POR DARLE COLOR Y ALEGRÍA A MI VIDA.

A MIS **COMPAÑEROS DE AULA Y DEL PROYECTO**: POR AYUDARME A TRANSITAR JUNTOS DURANTE ESTOS CINCO AÑOS.

## **AGRADECIMIENTOS**

A **DIOS**: POR GUIAR CADA UNO DE MIS PASOS EN ESTE LARGO CAMINO.

A **MIS PADRES**: POR DARME LUZ, ENERGÍA Y FUERZAS PARA SEGUIR SIEMPRE ADELANTE, SIN USTEDES NO PODRÍA.  
¡SIGNIFICAN TODO PARA MI!

A MI **TUTOR Y HERMANO**: POR EL ESmero Y LA OCUPACIÓN, POR LAS HORAS DEDICADAS A UNA IDEA QUE HOY GERMINA. ¡**MUCHAS GRACIAS!**

A MI CUÑADITA **YORITA**: POR ACOMPAÑARME Y ACONSEJARME, POR COMPARTIR EL DESVELO Y LA ALEGRÍA.

A LA **UNIVERSIDAD DE LA CIENCIAS INFORMÁTICAS**: POR INSTRUIRME Y COBIJARME, POR FORJARME COMO PROFESIONAL.

A **MIS PROFESORES**: POR AYUDARNOS EN NUESTRA FORMACIÓN PASO A PASO.

A **TODOS MIS AMIGOS**: POR EL ALIENTO A CADA HORA, POR LAS IDEAS Y LOS ESFUERZOS COMPARTIDOS. ¡**GRACIAS!**

A LA **INGENIERA LILIANNE MARTÍNEZ LEDEA**: POR SU GUÍA Y AYUDA EN EL PROCESO INGENIERIL.

A LOS **INGENIEROS ADRIAN GRACIA ÁGUILA, YENIER JIMÉNEZ MORALES Y ALAIN LEÓN COMPANIONI**: POR SU APOYO Y ESFUERZO EN LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO. ¡**ETERNAMENTE AGRADECIDO!**

A **TODOS** LOS QUE CONTRIBUYERON DE UNA FORMA U OTRA A REALIZAR ESTE SUEÑO, ¡**MUCHAS GRACIAS!**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

Declaro por este medio que yo, Yordano Martell Fernández, con carné de identidad 89090829944 soy el autor de este trabajo y que autorizo a la Universidad de las Ciencias Informáticas a hacer uso del mismo en su beneficio, así como los derechos patrimoniales con carácter exclusivo.

Para que así conste, firmamos la presente declaración jurada de autoría en La Habana a los 19 días del mes de junio del año 2013.

---

Yordano Martell Fernández  
**Autor**

---

M.Sc. Vladimir Martell Fernández  
**Tutor**

## RESUMEN

El interés del hombre por el estudio de los eventos sismológicos, más que un hecho científico teórico, responde a las enormes consecuencias negativas que arrojan sobre la población y el medio ambiente. Aún cuando las características de la topografía, la geología o la tectónica pueden hacer variar sus efectos, consecuencias como deslizamientos de tierra en zonas de alta pendiente que presentan material poco consolidado, cambios en el nivel de los ríos y lagunas, emanación de gases y reactivación de actividad volcánica pueden observarse en la mayoría de estos acontecimientos.

La investigación que se presenta consiste en el análisis, diseño, implementación y pruebas de un sistema de información geográfica para el Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas y pretende favorecer el apoyo a la toma de decisiones a través de la representación y análisis espacial de la información asociada a los eventos sismológicos que se monitorizan en el mencionado Centro.

**Palabras clave:** análisis espacial, CENAIS, SIG, sismos, toma de decisiones.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1: LA REPRESENTACIÓN Y EL ANÁLISIS ESPACIAL DE LA INFORMACIÓN</b>	<b>6</b>
1.1    Introducción	6
1.2    Conceptos asociados al dominio del problema	6
1.2.1    Información Geográfica	6
1.2.2    Mapas	7
1.2.3    Cartografía	7
1.2.4    Bases de Datos Espaciales	8
1.2.5    Sismo y sismología	8
1.3    Caracterización del objeto de estudio	9
1.3.1    Sistemas de Información Geográfica	9
1.3.2    Algunas utilidades de los SIG	10
1.3.3    Las partes fundamentales de un SIG	12
1.3.4    Funcionalidades comunes de los SIG	12
1.4    Análisis de Soluciones existentes	14
1.5    Conclusiones parciales	17
<b>CAPÍTULO 2: HERRAMIENTAS Y TECNOLOGÍAS A UTILIZAR</b>	<b>18</b>
2.1    Introducción	18
2.2    Metodología de desarrollo de Software	18
2.2.1    UML como soporte de la metodología propuesta	20
2.2.2    Visual Paradigm como herramienta de modelado	21
2.3    Sistema Gestor de Bases de Datos	22
2.3.1    PostgreSQL como Sistema Gestor de Bases de Datos a utilizar	22
2.4    Lenguaje de Programación a utilizar	24
2.5    La extensión geográfica en el desarrollo del SIG para el CENAIS	26
2.6    Conclusiones parciales	29
<b>CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA</b>	<b>30</b>
3.1    Introducción	30
3.2    Modelo de dominio	30

3.2.1	Diagrama de clases del dominio -----	30
3.3	Requisitos-----	33
3.3.1	Requisitos Funcionales -----	33
3.3.2	Requisitos No Funcionales -----	40
3.4	Modelo de Sistema -----	44
3.4.1	Actores del sistema-----	44
3.4.2	Diagrama de Casos de Uso del Sistema -----	45
3.4.3	Descripción textual de los Casos de Uso del Sistema -----	45
3.5	Conclusiones parciales -----	46
<b>CAPITULO 4: IMPLEMENTACIÓN Y DISEÑO DE LAS PRUEBAS -----</b>		<b>47</b>
4.1	Introducción -----	47
4.2	Elementos fundamentales de la arquitectura-----	47
4.2.1	Patrones arquitectónicos y de diseño -----	47
4.3	Modelo de Diseño-----	49
4.3.1	Diagrama de Clases del Diseño -----	50
4.4	Modelo de Implementación -----	50
4.4.1	Diagrama de componentes -----	51
4.5	Modelo de despliegue-----	51
4.6	El Proceso de Pruebas de la solución propuesta -----	52
4.6.1	Diseño de Casos de Prueba-----	53
4.6.2	Ejecución de las pruebas -----	54
4.7	Conclusiones parciales -----	55
<b>CONCLUSIONES GENERALES -----</b>		<b>56</b>
<b>RECOMENDACIONES-----</b>		<b>57</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----</b>		<b>58</b>
<b>ANEXO 1: ESCALA DE INTENSIDAD DE LOS SISMOS-----</b>		<b>61</b>
<b>ANEXO 2: DIAGRAMAS DE CLASES DEL DISEÑO -----</b>		<b>62</b>
<b>ANEXO 3: DIAGRAMAS DE COMPONENTES -----</b>		<b>66</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Descripción textual del Caso de Uso Identificar Terremotos Perceptibles.-----	45
Tabla 2: Escala de intensidad de los sismos.-----	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Interfaz Principal del Visor-RISNA.-----	15
Figura 2: Interfaz Principal del SIG-Vulcà.-----	16
Figura 3: Fases y flujos de trabajo en RUP.-----	19
Figura 4: Procesos de personalizaciones sobre GeneSIG.-----	27
Figura 5: Diagrama de clases del dominio.-----	33
Figura 6: Diagrama de Casos de Uso del Sistema.-----	45
Figura 7: Diagrama de Clases del Diseño del Caso de Uso Identificar Terremotos.-----	50
Figura 8: Diagrama de componentes del Caso de Uso Identificar Terremotos.-----	51
Figura 9: Diagrama de despliegue.-----	52
Figura 10: Primera iteración de la ejecución de las pruebas.-----	54
Figura 11: Diagrama de Clases del Diseño Control Capas.-----	62
Figura 12: Diagrama de Clases del Diseño Exportar Mapa.-----	62
Figura 13: Diagrama de Clases del Diseño Generar Imagen.-----	63
Figura 14: Diagrama de Clases del Diseño Medir Distancia.-----	63
Figura 15: Diagrama de Clases del Diseño Modificar Escala.-----	64
Figura 16: Diagrama de Clases del Diseño Realizar Identificación.-----	64
Figura 17: Diagrama de Clases del Diseño Realizar Navegación.-----	65
Figura 18: Diagrama de Clases del Diseño Tematizar.-----	65
Figura 19: Diagrama de Componentes Control Capas.-----	66
Figura 20: Diagrama de Componentes Exportar Mapa.-----	66
Figura 21: Diagrama de Componentes Generar Imagen.-----	67
Figura 22: Diagrama de Componentes Medir Distancia.-----	67
Figura 23: Diagrama de Componentes Modificar Escala.-----	68
Figura 24: Diagrama de Componentes Realizar Identificación.-----	68
Figura 25: Diagrama de Componentes Realizar Navegación.-----	69
Figura 26: Diagrama de Componentes Tematizar.-----	69

## INTRODUCCIÓN

### INTRODUCCIÓN

El estudio y preocupación del ser humano por los eventos sismológicos es tan antiguo como la humanidad misma. Referencias escritas de hace más de 3000 años que describen el impacto de las sacudidas sísmicas tal como se perciben hoy día constatan de manera irrevocable la afirmación anterior. Otros, de menos edad (aproximadamente 1600 años), unidos a los códices mayas y aztecas que se refieren a este lamentable fenómeno natural refuerzan la idea.

El interés del hombre por el estudio de este suceso, más que un hecho científico teórico, responde a las enormes consecuencias negativas que arrojan sobre la población y el medio ambiente. Aún cuando las características de la topografía, la geología o la tectónica pueden hacer variar sus efectos, consecuencias como deslizamientos de tierra en zonas de alta pendiente que presentan material poco consolidado, licuefacción<sup>1</sup> en terrenos arenosos saturados de agua, cambios en el nivel de los ríos y lagunas, emanación de gases y reactivación de actividad volcánica pueden observarse en la mayoría de estos acontecimientos.

Un sismo, entendido formalmente, no es más que un terremoto o sacudida de la tierra que se origina debido a causas internas (RAE 2013) (denominadas endógenas) y su impacto puede ser medido de acuerdo a la tabla recogida en el Anexo #1 del presente documento conocida como la escala de Richter.

Por su parte, la sismología no es más que la rama de la geología que se encarga del estudio de terremotos y la propagación de las ondas elásticas (sísmicas) que estos generan por el interior y superficie de la Tierra (UCR 2008).

Data del siglo XVIII la noticia más antigua que se conoce en Cuba sobre la percepción de la población de un evento sismológico<sup>2</sup>, y desde ese entonces múltiples han sido los sucesos de esta índole ocurridos en varios lugares de la geografía nacional, no obstante, por sus características internas y su cercanía a la zona sismogénica Oriente (Bartlett), la actual provincia de Santiago de Cuba presenta la mayor peligrosidad sísmica del país.

---

<sup>1</sup> Disolución, derretimiento.

<sup>2</sup> Ocurrido en San Cristóbal de la Habana con una intensidad de 7.6 en la escala de Richter.

## INTRODUCCIÓN

Es precisamente en esta ciudad, en el año 1992 que se crea el Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas (CENAIIS) con el objetivo de contribuir a la mitigación del riesgo sísmico en la República de Cuba mediante la realización de investigaciones sismológicas fundamentales y aplicadas y la monitorización de la actividad sísmica en el territorio nacional (CENAIIS 2012b).

Entre sus misiones fundamentales el CENAIIS posee el encargo de:

- Rectorar y realizar las investigaciones sismológicas fundamentales y aplicadas que se requieran en el archipiélago cubano y zonas adyacentes.
- Monitorizar y evaluar la actividad sísmica en el archipiélago cubano, así como dirigir y operar las redes de estaciones del Sistema del Servicio Sismológico Nacional como encargo estatal.
- Garantizar la información sismológica a las diferentes instancias del Partido, Gobierno, MINFAR y la Defensa Civil (CENAIIS 2012a).

Debido a la evolución gradual y explosión del uso de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), de sus enormes posibilidades y potencialidades, el CENAIIS cumple con sus funciones y objetivos cada vez con mayor precisión, apoyando la toma de decisiones de la entidad con mayor fuerza en los últimos años a partir de herramientas automáticas. No obstante lo anterior, este proceso informático de apoyo a la toma de decisiones en la actualidad aún es insuficiente de acuerdo a la importancia y misión del Centro en la sociedad y la economía cubana.

La representación en mapas de los eventos sísmicos históricos ocurridos en Cuba permitiría analizar el comportamiento de la ocurrencia de estos fenómenos de acuerdo a parámetros o patrones como frecuencia, distancia o localizaciones más comunes de exposición sísmicos. Hoy este proceso se desarrolla de manera manual o parcialmente asistido, lo que ocasiona menor precisión en la predicción de la ocurrencia de nuevos fenómenos, limitando finalmente las posibilidades de los decisores de disminuir el impacto de las consecuencias asociadas a ellos.

Derivado de lo anterior, la información que se genera en la entidad referida a los eventos sismológicos no se actualiza ni se circula conforme a la dinámica y la rapidez necesarias para actuar de manera hábil y certera, peor aún, esta información carece del atractivo y la facilidad de interpretación que permitirían tomar las decisiones más apropiadamente.

## INTRODUCCIÓN

Finalmente, los diversos sectores de la economía y la sociedad como la construcción, el ejército, recursos hidráulicos, agricultura, ganadería, pesca, entre otros, no lamentarían las mismas consecuencias si a partir de la confrontación y ajuste de la información sísmológica histórica (sismos ocurridos) y la información sísmológica deducida del análisis de posibles patrones (sismos por ocurrir) con la información socioeconómica asociada a estos sectores pudieran tomarse decisiones de acometer o no algún proyecto concreto.

Todo lo anterior redundaría en una deficiencia perceptible en el proceso de apoyo a la toma de decisiones del CENAIIS lo que provoca que se proponga el siguiente problema a resolver el cual origina la investigación:

**¿Cómo favorecer el apoyo a la toma de decisiones a través de la representación y análisis espacial de la información asociada a los eventos sísmológicos que se monitorizan en el Centro Nacional de Investigaciones Sísmológicas?**

De acuerdo al problema planteado se pretende como objetivo general **desarrollar un Sistema de Información Geográfica para el Centro Nacional de Investigaciones Sísmológicas.**

Se propone como objeto de estudio la **representación y análisis espacial de la información** y como campo de acción **la automatización de la representación y análisis espacial de la información asociada a los eventos sísmológicos que se monitorizan en el CENAIIS.**

El autor defiende la idea de que **si se desarrolla un Sistema de Información Geográfica para el Centro Nacional de Investigaciones Sísmológicas se favorece el apoyo a la toma de decisiones a través de la representación y análisis espacial de la información asociada a los eventos sísmológicos que se monitorizan en el Centro Nacional de Investigaciones Sísmológicas.**

Para lograr el objetivo general propuesto se desarrollarán una serie de tareas las cuales se enuncian a continuación:

1. Caracterizar los procesos de representación y análisis de la información geográfica.
2. Caracterizar las soluciones existentes que responden al problema de la investigación en alguna medida, sus limitaciones y fortalezas.

## INTRODUCCIÓN

3. Caracterizar las principales herramientas, tecnologías, lenguajes y metodologías a utilizar para la construcción de la propuesta de solución.
4. Realizar el análisis y el diseño de la solución propuesta.
5. Implementar la solución propuesta.
6. Desarrollar el proceso de pruebas al sistema implementado.

Una vez cumplidas de manera satisfactoria las tareas de la investigación se esperan como posibles resultados:

1. Un sistema para la representación geoespacial de la información que se manipula o transfiere en el Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas.
2. La documentación técnica ingenieril asociada al proceso de desarrollo del sistema.

A lo largo del proceso investigativo se utilizan una serie de métodos científicos los cuales se detallan a continuación:

Dentro de los métodos teóricos:

**Histórico-Lógico:** El método histórico estudia la trayectoria real de los fenómenos y acontecimientos en el transcurso de su historia. El método lógico investiga las leyes generales del funcionamiento y desarrollo de los fenómenos.

Este método se utiliza para estudiar la evolución de los conceptos asociados a los sistemas de información geográfica y permite la definición de términos propios. Se utiliza también para estudiar la evolución y las tendencias de las tecnologías y demás herramientas a utilizar.

**Analítico-Sintético:** Permite la descomposición de un todo complejo en sus partes y cualidades. La síntesis, por otro lado, establece la unión entre las partes, previamente analizadas y posibilita descubrir relaciones y características generales entre los elementos de la realidad.

Este método se utiliza para la evaluación de soluciones que respondan al problema y permite realizar una valoración crítica y detallada de cada una de ellas. Se utiliza, además, para seleccionar las herramientas y tecnologías a utilizar durante el desarrollo de la herramienta.

## INTRODUCCIÓN

La composición de la investigación se divide en 4 capítulos:

**Capítulo 1:** En este capítulo se especifican y se explican los principales conceptos asociados a la información geográfica, mapas, cartografía y base de datos espaciales. Se describe el proceso de representación y análisis de la información espacial sísmológica y se valoran y critican las soluciones actuales que de alguna manera ofrecen respuesta al problema en cuestión.

**Capítulo 2:** En este capítulo se definen, argumentan y valoran las principales herramientas, tecnologías, metodologías y lenguajes que se utilizan para la construcción de la solución.

**Capítulo 3:** En este capítulo se comienza la construcción de la solución según la metodología de desarrollo seleccionada, se definen los requisitos funcionales y no funcionales y se describen los casos de uso del sistema.

**Capítulo 4:** En este capítulo se concluye la construcción de la solución y se especifican los artefactos referidos a las etapas de diseño, implementación y pruebas. Se define el diagrama de despliegue e implementación y finalmente se diseñan y se aplican las pruebas del sistema.

## **CAPÍTULO 1: LA REPRESENTACIÓN Y EL ANÁLISIS ESPACIAL DE LA INFORMACIÓN**

### **1.1 Introducción**

En este capítulo se describen los principales aspectos que fundamentan la representación y el análisis de la información espacial como parte del aseguramiento teórico, se caracteriza el estado actual de los SIG además de formalizarse los conceptos más significativos asociados al objeto de automatización o negocio: la sismología. Finalmente, se valoran las posibles soluciones existentes que responden al problema de alguna manera en la actualidad.

### **1.2 Conceptos asociados al dominio del problema**

#### **1.2.1 Información Geográfica**

Según (MUÑOZ 2010) el término Información Geográfica se refiera a cualquier información que pueda ser geográficamente referenciada, es la que describe un sitio específico o está asociada al mismo.

En (LANGHI and YAGÜEZ 2002) se denomina Información Geográfica (IG) a aquellos datos espaciales georeferenciados requeridos como parte de las operaciones científicas, administrativas o legales. Dichos datos espaciales suelen llevar una información alfanumérica asociada. Además, se estima que el 80% de los datos corporativos existentes en todo el mundo poseen esta componente geográfica.

Por su parte, (PARRA and FERNÁNDEZ 2012) la consideran como un tipo de información específica la cual posee un componente espacial definido en un sistema de coordenadas determinado. Constituye una fuente de información para el usuario con el objetivo de aumentar su conocimiento geográfico, lo cual provoca la satisfacción ante determinadas necesidades sobre el análisis de un territorio, ya que la información puede ser consultada, transferida, transformada, superpuesta, procesada.

El autor considera que Información Geográfica no es más que un tipo de Información que contiene una ubicación en el espacio.



## CAPÍTULO 1

### 1.2.2 Mapas

Según la Real Academia Española (RAE) un mapa no es más que una *representación geográfica de la Tierra o parte de ella en una superficie plana*. Otra acepción del mismo diccionario lo define como *la representación geográfica de una parte de la superficie terrestre, en la cual se brinda información relativa a una ciencia determinada* (ESPAÑOLA 2012).

(PARRA and FERNÁNDEZ 2012) agregan que los mapas permiten conocer cómo se encuentra estructurado el espacio geográfico, lo cual contribuye al proceso de análisis y comprensión del mismo por el ser humano.

De acuerdo con el autor del libro sobre Sistemas de Información Geográfica Víctor Olaya, el autor de esta investigación considera que los mapas son medios de comunicación visual que constituyen un lenguaje con un objetivo particular: la descripción de relaciones espaciales. Un mapa es, pues, una abstracción simbólica de algún fenómeno real, lo cual significa que presenta un cierto grado de simplificación y generalización (OLAYA 2010).

### 1.2.3 Cartografía

Según el Diccionario Definición ABC se define la Cartografía como la ciencia que se dedica al estudio y a la elaboración de mapas que sirven para la navegación, para la ubicación del ser humano; se deriva del griego y significa 'la escritura de mapas'. La cartografía es una ciencia que existe hace siglos y que siempre fue de gran utilidad para la ubicación geográfica y espacial del ser humano, permitiéndole realizar todo tipo de viajes que, eventualmente, hicieron que pudiera unir todo el globo terráqueo (ABC 2007a).

(OLAYA 2010) apunta que existen dos tipos fundamentales de cartografía: la fundamental y la temática. La cartografía fundamental representa el tipo de mapa que pretende recoger con precisión qué hay sobre la Tierra, este tipo de cartografía requiere de medidas precisas y se basa fundamentalmente en el trabajo de la topografía para obtener la información necesaria que posteriormente se plasma sobre el mapa.

Por su parte, la cartografía temática se centra en la representación de un tema concreto (una variable espacial dada), pudiendo esta ser de cualquier índole: física, social, política, cultural, etc. Se excluyen de

## CAPÍTULO 1

la lista de esos temas posibles a los puramente topográficos, que constituyen el objeto de la cartografía fundamental.

El autor considera que las definiciones anteriores referidas a la cartografía manifiestan en total medida la magnitud del concepto.

### 1.2.4 Bases de Datos Espaciales

EN (TORRES 2009) se definen las Bases de Datos Espaciales como una colección de datos organizados de tal manera que sirvan efectivamente para una o varias aplicaciones de Sistemas de Información Geográfica. Estas bases de datos comprenden la asociación entre sus dos principales componentes: datos espaciales y atributos o datos no espaciales.

(PARRA and FERNÁNDEZ 2012) las consideran bases de datos con una componente geográfica utilizadas para modelar la información georeferenciada procedente del mundo real de forma que pueda ser empleada por los SIG, esta abstracción es lograda a partir de la representación de capas.

Una Base de Datos Espacial permite describir los objetos espaciales que la forman a través de tres características básicas: atributos, localización y topología. Los atributos representan características de los objetos que permiten saber qué son; la localización, representada por la geometría del objeto y su ubicación espacial de acuerdo a un sistema de referencia, permite saber dónde está y qué espacio ocupa el objeto, por último, la topología definida por medio de las relaciones conceptuales y espaciales entre los objetos, permite mejorar la interpretación semántica del contexto y establecer ciertas jerarquías de elementos a través de sus relaciones (GUTIÉRREZ 2006).

### 1.2.5 Sismo y sismología

El diccionario digital definición ABC entiende por Sismo al fenómeno que se produce a partir del movimiento de las placas terrestres y que produce daños de diversa intensidad a los espacios habitados por el ser humano ya que siempre implican cierta destrucción (ABC 2007b), un poco más general el concepto brindado por la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica establece que un sismo no es más que una sacudida o movimiento brusco del terreno producido en la corteza terrestre como consecuencia de la liberación repentina de energía en el interior de la Tierra o a la tectónica de placas (SÍSMICA 2011).

## CAPÍTULO 1

La sismología es entonces, según la red de sismología nacional de Costa Rica, derivada de dos palabras griegas: seísmos sacudida y logos ciencia, la Ciencia de los Terremotos (NACIONAL 2010).

### 1.3 Caracterización del objeto de estudio

#### 1.3.1 Sistemas de Información Geográfica

Según el National Center for Geographic Information and Analysis un SIG se define como un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión (ANALYSIS 2010).

Los SIG son sistemas computacionales que permiten consultar de manera interactiva información geográfica digital (latitud, longitud, altitud), facilitando la combinación e integración de múltiples cartografías, manejadas como capas superpuestas de datos digitales que se observan simultáneamente y como características de un mismo espacio, para la generación de información aplicable a proyectos o cuestiones específicas (REYNA 2005).

Otros conceptos definen un SIG como un sistema que integra hardware, software y datos para capturar, gestionar, analizar y mostrar todas las formas de información geográficamente, permiten comprender, cuestionar, interpretar y visualizar los datos de múltiples formas que revelan las relaciones, los patrones y tendencias en forma de mapas, globos terráqueos, informes y gráficos (ESRI 2011), (GIS.COM 2011). Esta representación constituye una manera más versátil y fácil de entender, agilizando y fundamentando la toma de decisiones.

Los sistemas de este tipo intentan adelantarse a los sistemas de información tradicionales para pasar a ofrecer un entorno adecuado para la captura, almacenamiento y gestión tanto de información alfanumérica (como hacían los sistemas tradicionales) como de información geográfica (por información geográfica se entiende en este contexto información referente a la localización en el espacio de los objetos sobre los que se quiere almacenar información).

El aspecto gráfico adquiere un papel especialmente relevante en estos sistemas, ya que las relaciones entre datos geográficos o entre éstos y datos alfanuméricos se pueden hacer mucho más fácilmente identificables para el usuario mediante una adecuada representación gráfica (BRISABOA et al.).

## CAPÍTULO 1

En el marco de esta investigación, se entiende por SIG lo referenciado y definido por (HERNÁNDEZ 2002): los SIG son un sistema organizado de equipo informático, software, datos geográficos y descriptivos así como diseños personales para hacer más eficientes la captura, almacenamiento, actualización, manipulación, análisis y despliegue de todas las formas de información georeferenciada.

### 1.3.2 Algunas utilidades de los SIG

Gracias a los SIG es posible realizar tres actividades como: visualizar datos en forma espacial, manejar información georeferenciada para su análisis y modelarla.

- 1 Una vez que se ingresaron los datos y se conformaron las bases respectivas de las capas y atributos, el beneficio primario de un SIG consiste en permitir visualizar esta información, capa por capa, a manera de mapas de presentación. Asimismo, se obtienen notas, imágenes y bases de datos ligadas a los objetos georeferenciados. Los SIG son interactivos por lo que, además de generar imágenes estáticas, permiten consultas directas, movimientos continuos sobre la carta geográfica, cambios de escala, creación de reportes y consultas.
- 2 En segundo término, un SIG permite manejar información ya sea desplegándola sobre la misma imagen cartográfica para su exploración u ordenando las bases de datos y procesándolas para diversos análisis exploratorios.
- 3 En tercer término, un SIG permite desarrollar modelos de datos georeferenciados (geográficos, ambientales, estadísticos, sociales o sus combinaciones) de simulaciones, de proyecciones o de corte explicativo, que ayuden a comprender mejor los fenómenos estudiados o de los cuales se deriven aplicaciones específicas (REYNA 2005).

Los SIG han demostrado un valor empresarial real. Durante los últimos 30 años las empresas, organismos, instituciones académicas, incluso los gobiernos, han implementado estos programas para aprovechar sus beneficios, (ESRI 2011), revolucionando el mundo de la información y convirtiéndose en las herramientas más comunes de miles de usuarios. Surgen en el contexto de "la sociedad de la información" en el que resulta esencial la disponibilidad rápida de información para resolver problemas y contestar preguntas de manera inmediata.

## CAPÍTULO 1

Se trata de sofisticadas herramientas multipropósito con aplicaciones en campos tan diversos y dispares como la planificación urbana, la gestión catastral, la ordenación del territorio, el medio ambiente, la planificación del transporte, el mantenimiento y la gestión de redes públicas, el análisis de mercados, desastres naturales, información poblacional, zonas arqueológicas, epidémicas, turísticas, etc.

En fin, sirven de apoyo a la toma de decisiones y contribuyen al seguimiento y control de la información socioeconómica de cualquier sector de la sociedad a partir de su representación y análisis espacial (GEOINFORMÁTICA 2011). Esta gran diversidad está dada porque el 80% de la información necesaria para realizar las actividades de cualquier organización está relacionada con la geografía ya que más de las tres cuartas partes de las actividades realizadas por el hombre pueden ser referenciadas a través de coordenadas geográficas. Si se acepta esta máxima se puede deducir la importancia que tiene el software capaz de gestionar y analizar la información espacial, en suma los datos geográficos (GARRIDO 2003).

El punto de partida de los SIG en América Latina fue la I Conferencia Latinoamericana de Informática en Geografía entre el 7 y el 9 de julio de 1987 en San José de Costa Rica donde muchos profesionales académicos de la región tomaron contacto inicial con las tecnologías digitales de automatización geográfica. El evento fue auspiciado por la Unión Geográfica Internacional (UGI) y las universidades de los países centrales participantes propiciaron la primera transferencia tecnológica a los países de América Latina (BUZAI 2011).

Actualmente se ha expandido el uso de estos sistemas de manera creciente, su estudio y desarrollo ha permitido que se encuentren en variados organismos e instituciones como pilares fundamentales para el trabajo diario y la toma de decisiones. Tal es la importancia y el interés que estos sistemas han generado que se crea en 1991 la Sociedad Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica (SIBSIG) encargada de organizar la Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica (CONFIBSIG), que constituye la reunión científico-tecnológica de mayor alcance de la especialidad en América Latina y se desarrolla con un espacio de 2 años desde la fecha (BUZAI 2011).

Los usuarios de los SIG en Cuba son en su mayoría geólogos, cartógrafos, geógrafos, arquitectos, ingenieros y gestores a diferentes niveles, que conocen, aplican y operan SIG en sus investigaciones y proyectos. Pese a las limitaciones de toda índole, el desarrollo de los especialistas cubanos en el campo de los SIG no se ha detenido, por el contrario, Cuba ha sido pionera en el desarrollo de estos sistemas

## CAPÍTULO 1

siendo el único país del tercer mundo en la región que ha logrado desarrollar SIG propios, implementados y puestos en marcha por especialistas y para especialistas cubanos (CELADA et al. 2006).

### 1.3.3 Las partes fundamentales de un SIG

Según la propia definición asumida en esta investigación, un SIG está compuesto por información georeferenciada, atributos descriptivos, equipo informático y software.

El equipo informático: Corresponde a la parte física del sistema y forma el núcleo medular de un SIG. Puede estar constituido por un ordenador, en donde se realizan todas las operaciones geográficas; digitalizador y escáner, para convertir una imagen en formato digital; equipos GPS u otros.

Atributos descriptivos: Corresponden a la información que cada elemento tiene, representados por puntos, líneas o polígonos en su forma más simple. Estos se almacenan en una tabla que se encuentra relacionada con el elemento por medio de un indicador común.

Software: Esencial para introducirse en el ambiente de trabajo de un SIG. Provee de las herramientas necesarias para el almacenamiento, análisis y despliegue de la información.

Información georeferenciada: Con el equipo informático y el software seleccionado se introducen los elementos que forman el "mundo real", ubicándolos georeferencialmente. Esto se logra gracias a la interrelación de diferentes campos como son: el catastro, la topografía, la cartografía, el levantamiento, la fotogrametría, el procesamiento de imágenes, la percepción remota, la planificación rural y urbana, la ciencia de la tierra y la geografía (HERNÁNDEZ 2002).

### 1.3.4 Funcionalidades comunes de los SIG

Cualquier SIG cuenta con un conjunto de funcionalidades denominadas "básicas" que independientemente de la forma –que puede variar de una aplicación a otra- siempre están presentes en un SIG. A continuación se especifican:

**Entrada y Salida de Datos:**

## CAPÍTULO 1

Todos los SIG deben obligatoriamente implementar capacidades para leer datos y, opcionalmente, para guardarlos. Esta última es necesaria en el caso en que el SIG deba generar nuevos datos geográficos (se refiere a la generación de nuevas capas), pero no en aquellas aplicaciones sin capacidades de análisis o edición, donde su empleo no ha de crear nuevos datos.

Pese a ser de tal importancia, la implementación de las capacidades de entrada y salida es muy variable en unos u otros SIG. Una razón por la que esto sucede es el gran número de formatos de fichero distintos, así cada uno es capaz de abrir unos u otros formatos de archivo, y mientras que algunos tratan a todos ellos por igual (OLAYA 2010).

### **Visualización:**

La visualización es una función fundamental dentro de los SIG y del trabajo con cartografía en general. Aunque existen SIG que no incorporan capacidades de visualización o estas no son muy avanzadas, la gran mayoría de las herramientas de escritorio incluyen un gran número de elementos para representar los datos geográficos con los que se trabaja.

En ocasiones, interesa únicamente crear una representación de los datos, pero incluso cuando el trabajo con una herramienta SIG está enfocado a la realización de un análisis, la visualización y exploración visual de los datos de partida es un paso previo.

En general, la forma de operar con los elementos de visualización es muy similar entre soluciones SIG distintas y, a diferencia de lo que sucede con la implementación de otras funcionalidades, el manejo es prácticamente igual.

Esta estructura se compone fundamentalmente de un lienzo sobre el que se sitúan las distintas capas de información geográfica, y que el usuario va conformando añadiendo nuevas capas y editando la forma en la que estas se representan. Las capas se sitúan en un orden dado dentro del lienzo, lo que permite establecer una jerarquía de representación y así lograr el aspecto deseado. Junto a este lienzo existen herramientas de navegación que permiten ampliar o reducir la escala, o bien modificar el encuadre.

#### 1.4 Análisis de Soluciones existentes

En el ámbito de los Sistemas de Información Geográfica y sus distintas aplicaciones, existen varios esfuerzos nacionales e internacionales encaminados a resolver situaciones asociadas con los riesgos y peligros sísmicos o similares. A continuación se detallan algunos ejemplos.

##### **SIG-RISNA**

El SIG-RISNA es un sistema de información geográfica desarrollado en el marco de un proyecto de evaluación del riesgo sísmico en la Comunidad Foral de Navarra, Proyecto RISNA. El objetivo general del mismo es hacer una evaluación, de carácter científico-técnica, que sirva de base para desarrollar el Plan Especial de Emergencia de la región y para la identificación de municipios de especial riesgo de cara a su posterior estudio local.

Las principales funcionalidades del software responden a las interrogantes siguientes:

- ¿A qué tipo de material geológico y zonación geotécnica pertenece el suelo que configura cada unidad geográfica de Navarra y qué tipo de amplificación provoca en las diferentes aceleraciones espectrales?
- ¿Qué movimiento se espera teniendo en cuenta el tipo de suelo, para el periodo de retorno de 475 años, expresado como PGA o SA en los diferentes periodos de vibración?
- ¿Cómo se distribuye la vulnerabilidad de las edificaciones en Navarra?
- ¿Qué daño se espera y cómo se distribuye?
- ¿Qué municipios de Navarra requieren un estudio más detallado por su nivel de Riesgo Sísmico?

Se desarrolló utilizando la potente Suite ARGIS v9.3 debido fundamentalmente a la necesidad de utilizar todas las funcionalidades en un mismo espacio de trabajo (MEDINA *et al.* 2010).

Además de no contar con acceso al código fuente de la aplicación, ni a sus archivos ejecutables, la utilización de ARGIS limita su utilización en el entorno del problema en cuestión debido a su carácter propietario por un lado, y por el otro al marcado interés nacional del desarrollo de herramientas tecnológicas soberanas. No obstante, se considerarán algunas de las funcionalidades descritas en la propuesta de solución.



## CAPÍTULO 1

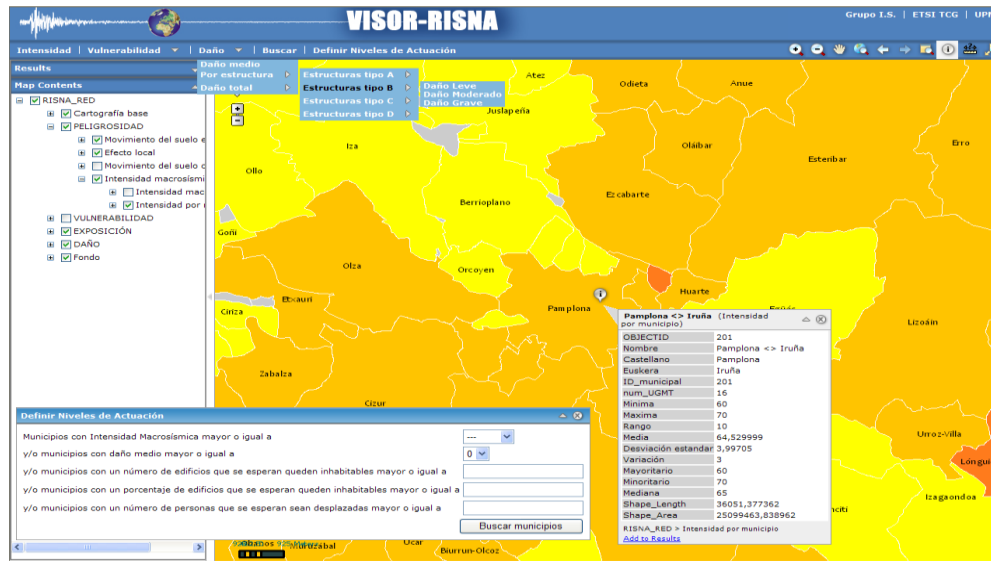


Figura 1: Interfaz Principal del Visor-RISNA.

## SIG-Vulcà

El proyecto SIG-Vulcà es un Sistema de Información Geográfica desarrollado para el Parque Natural de la Zona Volcánica de La Garrotxa (SIG Vulcà) y puede definirse como una herramienta de ayuda a la gestión y a la planificación de este espacio de protección especial.

SIG Vulcà se basa en dos pilares fundamentales. Por una parte un conjunto de módulos que ofrecen respuesta a los distintos requerimientos temáticos ambientales del Parque que, junto con la estructuración cartográfica, a partir de un árbol de directorios, permiten disponer de una forma sencilla, rápida y ordenada de las distintas bases cartográficas y alfanuméricas de las que se dispone en el Parque.

Uno de los principios generales de SIG Vulcà es impulsar su descentralización, ya que se entiende como una herramienta de ayuda a la gestión y planificación en las distintas áreas de gestión del organigrama del Parque. Todo el personal del Parque debe tener los conocimientos necesarios en sistemas de información geográfica para llevar a cabo sus tareas diarias respetando la estructura y la metodología de trabajo de SIG Vulcà (CATALUNYA 2009).

## CAPÍTULO 1



Figura 2: Interfaz Principal del SIG-Vulcà.

El sistema de información geográfica del Parque Natural de la Zona Volcánica de La Garrotxa está basado en el software MiraMon, además de en toda una serie de aplicaciones desarrolladas para la mejora de la entrada, la manipulación y el almacenaje de datos geográficos. MiraMon es un **Sistema de Información Geográfica (SIG) y software de Teledetección** que permite la visualización, consulta, edición y análisis tanto de **capas raster** (imágenes de teledetección, ortofotos, modelos digitales del terreno, mapas temáticos convencionales con estructura raster, etc.) como de **capas vectoriales** (mapas temáticos o topográficos que contengan puntos, líneas o polígonos, etc.), como de **capas WMS** (GRUMETS 2011).

Existe una versión gratuita de MiraMon exclusiva para administraciones públicas, universidades, centros de investigación y estudiantes; pero únicamente puede ser utilizada en el ámbito catalán (en España). La versión comercial, que ofrecen, disponible desde internet, establece un precio de descarga de 568 euros. Esta limitante económica por una parte, y la arquitectura del sistema, construido sobre Windows y solo para Windows, por otra, permiten determinar su no utilización en la resolución del problema que se plantea.

**CAPÍTULO 1****SIG para el manejo y evaluación del riesgo sísmico en la ciudad de Santiago de Cuba**

El SIG de referencia fue desarrollado en el año 2009 por especialistas del CENAIIS y la Empresa cubana GEOCUBA. Este SIG persigue la recopilación, almacenamiento, actualización, análisis y visualización de la información concerniente a la evaluación y manejo de riesgos naturales para facilitar la toma de decisiones en caso de desastres naturales como la ocurrencia de un evento sísmico.

Con la implementación del SIG se obtienen mapas temáticos, predictivos del comportamiento del medio ambiente, construidos ante la ocurrencia de un sismo de gran intensidad, calculándose las posibles pérdidas materiales y humanas. Lo anterior posibilita el análisis y evaluación integral del riesgo y la confección de los planes de mitigación de los mismos. El sistema maneja información sobre geología, geomorfología, tectónica activa, fenómenos físico - geológicos, uso de suelos, medio ambiente construido, peligrosidad sísmica y vulnerabilidad estructural, entre otros (PELÁEZ *et al.* 2009).

Este sistema se encuentra desarrollado sobre la SUITE ARGIS y aún cuando incide directamente en el problema de la investigación no se considera una solución factible, fundamentalmente debido a:

1. La utilización de bases cartográficas poco precisas y desactualizadas.
2. La imposibilidad de integrarlo arquitectónicamente con el SIGESIS.
3. Las limitaciones citadas de la plataforma ARGIS.

**1.5 Conclusiones parciales**

La utilización de los SIG amplía las potencialidades y posibilidades del proceso de toma de decisiones de las entidades, al mismo tiempo que proporciona análisis diferentes a los tradicionales reportes que se obtienen de los Sistemas de Gestión de Información. La posibilidad de asociar información socioeconómica con información geográfica y su consecuente interacción por parte del usuario aumenta considerablemente el poder de las herramientas informáticas en el mencionado proceso de toma de decisiones actual.

Los SIG disponibles en internet, o desarrollados dentro del territorio nacional, que en alguna medida tributan al problema a resolver de esta investigación no satisfacen los requerimientos solicitados por el CENAIIS, fundamentalmente basado en la diferencia considerable de la arquitectura que se propone.

## CAPÍTULO 2: HERRAMIENTAS Y TECNOLOGÍAS A UTILIZAR

### 2.1 Introducción

Para obtener un sistema con calidad es necesario utilizar herramientas y tecnologías que agilicen el proceso de desarrollo de software y que estén enfocadas en la obtención de un producto. En el presente capítulo se describen las herramientas y tecnologías que se emplean en el desarrollo e implementación del sistema. Se argumenta la utilización de la metodología de desarrollo de software, lenguajes de programación, herramienta CASE, lenguaje de modelado, frameworks y otros, conformando así la propuesta de solución de esta investigación.

### 2.2 Metodología de desarrollo de Software

Cualquier sistema de calidad de software propone la utilización de procedimientos, guías y técnicas que establezcan el modo de construcción del software. Una metodología de desarrollo de software es precisamente esto y se fundamenta sobre tres pilares básicos: qué hay que hacer y en qué orden, cómo deben realizarse las tareas y con qué pueden llevarse a cabo. Esto es, qué etapas, actividades y tareas se deben acometer, qué técnicas deben emplearse para realizar estas actividades y cuáles son las herramientas de software a utilizar en cada caso.

La metodología será más completa y robusta cuantos más elementos sea añadidos a esta terna. Así por ejemplo, pueden incorporarse a ella todas las actividades de control de la calidad a lo largo del ciclo de desarrollo, las actividades propias de la gestión de proyectos como la planificación, el seguimiento y el control del proyecto, entre otras (AREBA 2001).

#### **El Proceso Unificado de Desarrollo como metodología a utilizar**

Clasificándose dentro de las metodologías de desarrollo pesadas (PARRA and FERNÁNDEZ 2012), el proceso unificado de desarrollo (RUP), más que un simple proceso, es un marco de trabajo estratégico que puede especializarse para una gran variedad de sistemas de software, diferentes tipos de organizaciones, diferentes niveles de aptitud y diferentes tamaños de proyecto (JACOBSON *et al.* 2000). Utiliza el Lenguaje Unificado de Modelado como parte esencial del proceso- no obstante, los verdaderos

**CAPÍTULO 2**

aspectos definitorios se resumen en tres: dirigida por casos de uso, centrada en la arquitectura e iterativa e incremental.

**Fases de desarrollo de RUP**

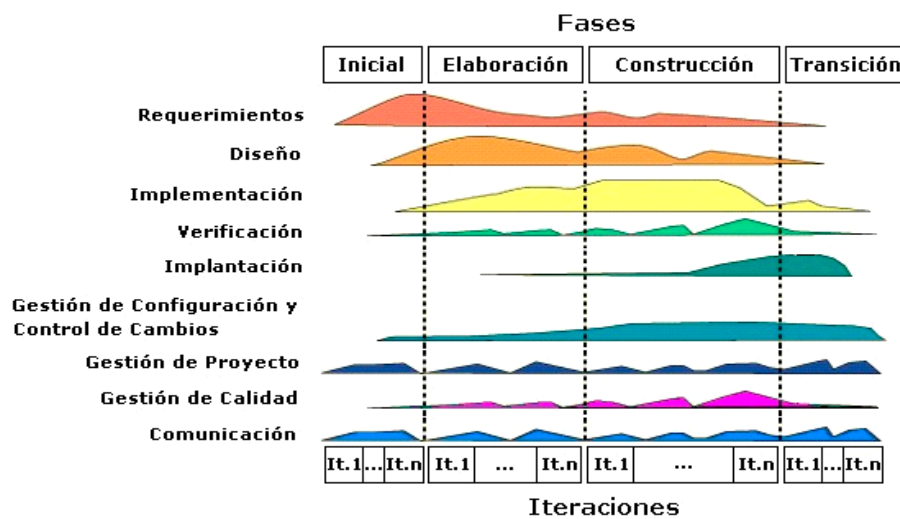
**Fase de inicio:** Tiene como objetivo fundamental la comprensión de los requerimientos y límites del proyecto que se desarrollará. Tiene como objetivo fundamental la comprensión de los requerimientos y límites del proyecto que se desarrollará.

**Fase de elaboración:** En esta fase se especifica el diseño de la arquitectura que evoluciona en conjunto con las iteraciones sucesivas hasta convertirse en el sistema final. Se contienen los casos de uso más críticos identificados en la fase de inicio.

**Fase de construcción:** En esta fase es donde todos los componentes y requerimientos deben de ser implementados, integrados y probados con el objetivo de obtener una versión aceptada del proyecto.

**Fase de transición:** Esta fase tiene como objetivo la entrega del producto a los clientes. Se incluyen una serie de acciones como entrenamiento, manufactura, soporte y mantenimiento del producto hasta lograr la satisfacción del cliente.

En la figura 1 se presentan los flujos de trabajo fundamentales por cada una de las fases identificadas.



**Figura 3: Fases y flujos de trabajo en RUP.**

## CAPÍTULO 2

### 2.2.1 UML como soporte de la metodología propuesta

UML es un lenguaje gráfico para visualizar, especificar y documentar cada una de las partes que comprende el desarrollo de software, permite a los desarrolladores visualizar los resultados de su trabajo en esquemas o diagramas estandarizados. Puede ser utilizado en el desarrollo de software entregando gran variedad de formas para dar soporte a una metodología de desarrollo de software como es el caso de RUP, pero no especifica en sí mismo qué metodología o proceso usar (LARMAN 1999).

Entre sus principales características se encuentran:

- Es independiente del proceso, para utilizarlo de forma óptima se debe usar en un proceso que sea *dirigido por casos de uso, centrado en la arquitectura e iterativo e incremental*.
- Permite modelar sistemas utilizando *técnicas de programación orientadas a objetos (POO)*.
- Permite especificar todas las *decisiones de análisis, diseño e implementación*, construyéndose así modelos precisos, no ambiguos y completos.
- Permite documentar todos los *artefactos* de un *proceso de desarrollo* (requisitos, arquitectura, pruebas, versiones, etc.).
- Es un lenguaje muy expresivo que cubre todas las vistas necesarias para *desarrollar* y luego *desplegar* los sistemas (FORNARIS 2012).

UML propone una interesante forma de modelar conceptos como lo son los procesos de negocio y funciones de sistema, además de cosas concretas como lo son escribir clases en un lenguaje determinado, esquemas de base de datos y componentes de software reusables (LARMAN 1999).

### UML 2.0

En las versiones previas del UML, se divulgó la idea de que éste no era un lenguaje de programación. Un modelo creado mediante UML no podía ejecutarse. UML 2.0 cambió de manera drástica de manera tal que permitiera capturar mucho más comportamiento. De esta forma, se permitió la creación de herramientas que soporten la automatización y generación de código ejecutable, a partir de modelos UML.

Para lograr el objetivo anterior varios aspectos del lenguaje fueron reestructurados y/o modificados. La especificación se separó en cuatro especificaciones (o paquetes) bien definidas. Es interesante destacar



## CAPÍTULO 2

que el UML 2.0 puede definirse a sí mismo, su estructura y organización es modelable; de esta manera, se obtiene un ejemplo de utilización del UML en un dominio distinto al del desarrollo de software (PILONE and PITMAN 2005).

### 2.2.2 Visual Paradigm como herramienta de modelado

Visual Paradigm es una herramienta CASE (Computer Aided Software Engineering) que utiliza UML como lenguaje de modelado. Está diseñada para una amplia gama de usuarios interesados en construir sistemas de software fiables con el uso del paradigma orientado a objetos, incluyendo actividades como ingeniería de software, análisis de sistemas y análisis de negocios (FERNÁNDEZ and HIDALGO 2008).

Visual Paradigm es una herramienta que emplea las últimas notaciones del Lenguaje Unificado de Modelado, ingeniería inversa, generación del código, importación de Rational Rose, exportación/importación XML, generador de impresos e integración con el Visio.

Además de lo anterior presenta características gráficas muy cómodas que facilitan la realización de los diagramas de modelado: diagramas de clase, casos de uso, comunicación, secuencia, estado, actividad, componentes; soporta aplicaciones web, genera código para el lenguaje Java y exporta en formato HTML, es una tecnología libre y está disponible en varios idiomas, en conjunto con esto, es fácil de instalar y fácil de actualizar. (FILEHEAVEN 2008).

Entre sus principales características se encuentran:

- Entorno de creación de diagramas para UML 2.0.
- Diseño centrado en casos de uso y enfocado al negocio que genera un software de mayor calidad.
- Uso de un lenguaje estándar común a todo el equipo de desarrollo que facilita la comunicación.
- Disponibilidad de múltiples versiones, para cada necesidad.
- Disponibilidad en múltiples plataformas (FERNÁNDEZ and HIDALGO 2008).

### Visual Paradigm for UML 8.0

Fue lanzado en febrero de 2010 por Visual Paradigm International Limited y entre sus nuevas características y mejoras incluye:

## CAPÍTULO 2

- Confirmación de cambios parciales al servidor.
- La escritura de reglas de negocio.
- Dibujo del diagrama de datos.
- Protección de diagramas con contraseña.
- Examinar los elementos del modelo de red.
- Generación de base de datos con datos de ejemplo.

### 2.3 Sistema Gestor de Bases de Datos

Según (RIQUELME and MORALES 2010) un Sistema Gestor de Bases de Datos no es más que un conjunto de programas, procedimientos y lenguajes que proporcionan las herramientas necesarias para trabajar con una base de datos. Incorpora una serie de funciones que permite definir los registros, sus campos, sus relaciones, insertar, suprimir, modificar y consultar los datos.

(MORENO 2012) los considera como una colección de datos interrelacionados y un conjunto de programas para acceder a los mismos. Permite el almacenamiento, manipulación y consulta de datos pertenecientes a una base de datos organizada en uno o varios ficheros. En el modelo más extendido (bases de datos relacionales) la base de datos consiste, de cara al usuario, en un conjunto de tablas entre las que se establecen relaciones.

#### 2.3.1 PostgreSQL como Sistema Gestor de Bases de Datos a utilizar

PostgreSQL es un sistema de gestión de bases de datos objeto-relacional, distribuido bajo licencia BSD y con su código fuente disponible libremente. Es el sistema de gestión de bases de datos de código abierto más potente del mercado y en sus últimas versiones no tiene nada que envidiarle a otras bases de datos comerciales. Utiliza un modelo cliente/servidor y usa multiprocesos en vez de multihilos para garantizar la estabilidad del sistema. Un fallo en uno de los procesos no afectará el resto y el sistema continuará funcionando.

Los componentes más importantes en un sistema PostgreSQL se muestran a continuación:

- **Aplicación cliente:** Esta es la aplicación cliente que utiliza PostgreSQL como administrador de bases de datos. La conexión puede ocurrir vía TCP/IP ó sockets locales.



## CAPÍTULO 2

- **Demonio postmaster:** Este es el proceso principal de PostgreSQL. Es el encargado de escuchar por un puerto/socket las conexiones entrantes de clientes. También es el encargado de crear los procesos hijos que se encargarán de autenticar estas peticiones, gestionar las consultas y mandar los resultados a las aplicaciones clientes.
- **Ficheros de configuración:** Los 3 ficheros principales de configuración utilizados por PostgreSQL, postgresql.conf, pg\_hba.conf y pg\_ident.conf.
- **Procesos hijos postgres:** Procesos hijos que se encargan de autenticar a los clientes, de gestionar las consultas y mandar los resultados a las aplicaciones clientes.
- **PostgreSQL share buffer cache:** Memoria compartida usada por PostgreSQL para almacenar datos en caché.
- **Write-Ahead Log (WAL):** Componente del sistema encargado de asegurar la integridad de los datos.
- **Kernel disk buffer cache:** Caché de disco del sistema operativo
- **Disco:** Disco físico donde se almacenan los datos y toda la información necesaria para que PostgreSQL funcione (GUERRERO 2009).

### PGAdmin III para el manejo de PostgreSQL

PgAdmin III es la más popular y completa plataforma de administración y desarrollo de Código Abierto para PostgreSQL, la base de datos de código abierto más avanzada del mundo. La aplicación puede utilizarse en Linux, FreeBSD, Solaris, Mac OSX y Windows para administrar PostgreSQL 7.3 y superiores y funciona en cualquier plataforma.

Está diseñado para responder a las necesidades de todos los usuarios, desde escribir simples consultas SQL hasta crear bases de datos complejas. La interfaz gráfica soporta todas las características de PostgreSQL y facilita su administración. La aplicación también incluye un resaltado de sintaxis SQL, un editor de código del lado del servidor, apoyo para el motor de replicación SlonyI y mucho más.

La conexión con el servidor se puede hacer a través de TCP / IP o Unix Domain Sockets (en plataformas \*Unix), y puede utilizar encriptado SSL para la seguridad. No se requieren controladores adicionales para comunicarse con el servidor de base de datos. Desarrollado por una comunidad de expertos de PostgreSQL en todo el mundo, está disponible en más de una docena de idiomas y publicado bajo la licencia PostgreSQL (POSTGRESQL 2012).

## 2.4 Lenguaje de Programación a utilizar

Un lenguaje de programación es una construcción mental del ser humano para expresar programas. Están constituidos por un grupo de reglas gramaticales, un grupo de símbolos utilizables, un grupo de términos monosémicos (es decir, con sentido único) y una regla principal que resume las demás. Se pueden encontrar lenguajes de programación que permiten implementar tanto aplicaciones de escritorio como aplicaciones web (GUERRERO 2009).

Un lenguaje de programación es un conjunto de sintaxis y reglas semánticas que definen los programas del computador. Es una técnica estándar de comunicación para entregarle instrucciones al computador. Un lenguaje le brinda la capacidad al programador de especificarle al computador qué tipo de datos actúan y qué acciones tomar bajo una variada gama de circunstancias, utilizando un lenguaje relativamente próximo al lenguaje humano (REINGSYS 2011).

Para el desarrollo de aplicaciones para la web los lenguajes de programación suelen dividirse en lenguajes del lado del servidor y lenguajes del lado del cliente.

### PHP 5 como lenguaje de programación del lado del servidor

PHP es un lenguaje interpretado ampliamente utilizado y especialmente adecuado para desarrollo web pudiendo ser embebido en HTML. Lo que lo distingue de algo lado-cliente como Javascript, es que el código es ejecutado en el servidor, generando HTML y enviándolo al cliente. El cliente recibirá los resultados de ejecutar el script, sin ninguna posibilidad de determinar qué código ha producido el resultado recibido. El servidor web puede ser incluso configurado para que procese todos los archivos HTML con PHP.

Pero sin dudas, lo mejor de usar PHP es que es extremadamente simple para el principiante, ofreciendo a su vez, muchas características avanzadas para los programadores profesionales (GROUP 2009).

La mayor parte de su sintaxis ha sido tomada de C, Java y Perl con algunas características específicas de sí mismo. La meta del lenguaje es permitir rápidamente a los desarrolladores la generación dinámica de páginas. No es un lenguaje de marcas como podría ser HTML, XML o WML.

## CAPÍTULO 2

Al ser un lenguaje libre dispone de una gran cantidad de características que lo convierten en la herramienta ideal para la creación de páginas web dinámicas:

- Soporte para una gran cantidad de bases de datos: MySQL, PostgreSQL, Oracle, MS SQL Server, SybasemSQL, Informix, entre otras.
- Integración con varias bibliotecas externas, permite generar documentos en PDF (documentos de Acrobat Reader) y hasta analizar código XML.
- Ofrece una solución simple y universal para las paginaciones dinámicas de la Web de fácil programación (TEAM 2011).

### **JavaScript como lenguaje de programación del lado del cliente**

JavaScript, al igual que Flash y Visual Basic Script, es una de las múltiples maneras que han surgido para extender las capacidades del lenguaje HTML (lenguaje para el diseño de páginas de Internet). Al ser la más sencilla, es por el momento la más extendida. JavaScript no es un lenguaje como C, C++, Delphi, es más bien un lenguaje script u orientado a documento, como pueden ser los lenguajes de macros que tienen muchos procesadores de texto y planillas de cálculo.

No se puede desarrollar un programa con JavaScript que se ejecute fuera de un Navegador, aunque en este momento comienza a expandirse a otras áreas como la programación en el servidor con Node.js Es un lenguaje interpretado que se embebe en una página web HTML (JAVASCRIPTYA 2012).

(MORENO 2012) en su tesis afirma que entre las acciones típicas que se pueden realizar en Javascript se tienen dos vertientes. Por un lado los efectos especiales sobre páginas web, para crear contenidos dinámicos y elementos de la página que tengan movimiento, cambien de color o cualquier otro dinamismo, por el otro, Javascript permite ejecutar instrucciones como respuesta a las acciones del usuario, con lo que se pueden crear páginas interactivas con programas como calculadoras, agendas, o tablas de cálculo.

### **ExtJS para JavaScript**

ExtJS es una librería de Java Script ligera y de alto rendimiento, compatible con la mayoría de los navegadores, que permite crear páginas e interfaces web dinámicas. Proporciona un aumento en el

## CAPÍTULO 2

rendimiento, la coherencia, flexibilidad y mejoras de la interfaz de usuario. Utiliza tecnologías como AJAX, DHTML (del inglés Dynamic HTML) y DOM (del inglés Document Object Model).

Originalmente construida como una extensión de la biblioteca YUI, en la actualidad puede usarse como extensión para las bibliotecas JQuery y Prototipo. Incluye soporte para peticiones directas, CRUD (Crear, Obtener, Actualizar, Borrar) y REST (Transferencia de Estado Representacional), nuevos ejemplos y componentes (para gráficas), más de 1,000 mejoras y correcciones, API documentada y CSS (del inglés Cascading Style Sheets) reautorizado y compatibilidad con versiones anteriores (RODRÍGUEZ and MARTÍNEZ 2010).

### 2.5 La extensión geográfica en el desarrollo del SIG para el CENAIS

GeneSIG constituye una plataforma para el desarrollo de SIG implementada con herramientas y tecnologías libres. Cumple técnicamente con las especificaciones OpenGIS que establece el Open Geospatial Consortium (OGC) que garantizan la interoperabilidad global entre los SIG y en consecuencia con la política de migración a software libre y de soberanía tecnológica que impulsa el país. Enfoca sus funcionalidades por plugins o componentes ensamblables permitiendo que se puedan construir aplicativos personalizados con una complejidad menor.

Están definidos los módulos o subsistemas que son comunes en cada desarrollo sobre GeneSIG y funcionalidades generales que se disponen y configuran en dependencia del negocio a modelar con la herramienta final. Con la madurez de la aplicación desarrollada, los negocios pautados y el modelo de producción que caracterizaba el equipo de proyecto, se inició una etapa de desarrollo continuo de personalizaciones de SIG sobre la base de GeneSIG. El esquema de trabajo implantado en el equipo de proyecto basa su funcionamiento en cinco actividades principales llevadas a cabo por los mismos miembros del proyecto en cada iteración (Ver figura 4).

Entre los principales módulos se encuentran:

- **Módulo de Navegación**, que se encarga de gestionar toda la interacción del usuario con la interfaz visual donde se encuentra el mapa y garantiza que éste pueda realizar las operaciones de movimiento, acercamiento (Zoom in) y alejamiento (Zoom out) en sus diferentes variantes.

## CAPÍTULO 2

- **Módulo de Selección**, ofrece la posibilidad de selección de objetos geográficos por el usuario dentro de las capas seleccionables definidas y realizar operaciones de consulta o persistencia de selección.

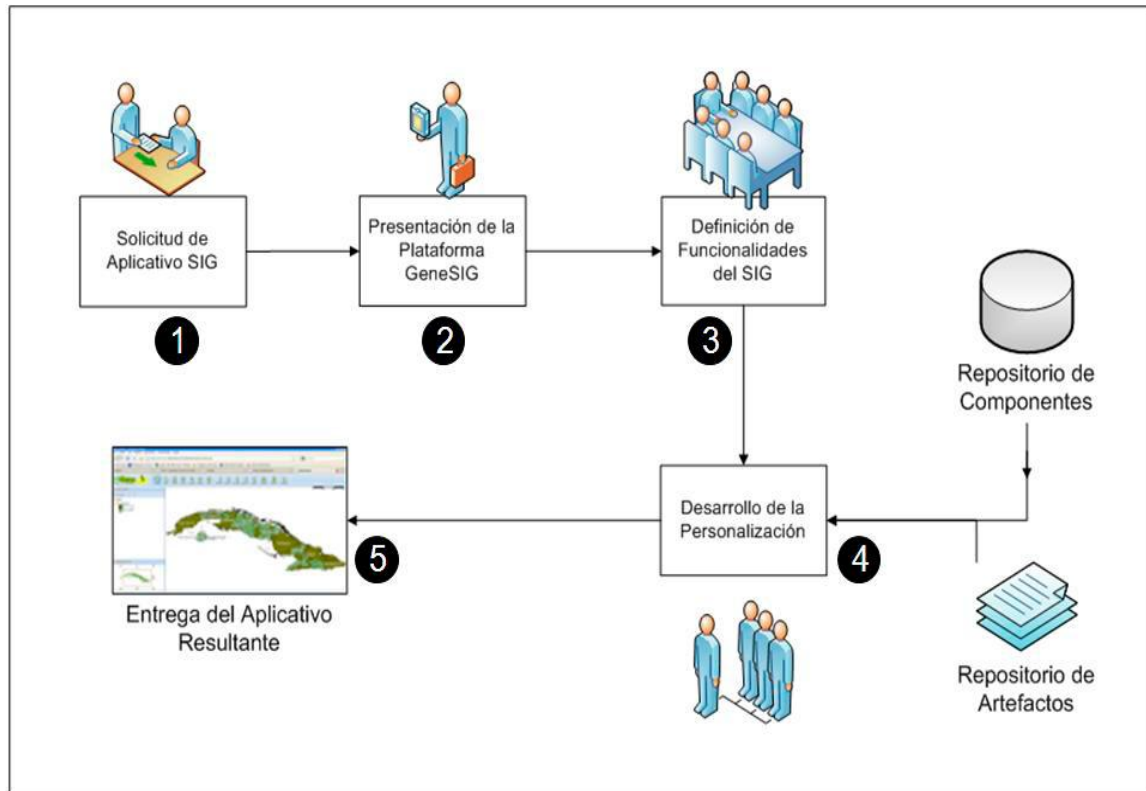


Figura 4: Procesos de personalizaciones sobre GeneSIG.

- **Módulo de Consulta Espacial**, ofrece la posibilidad de consultar espacialmente objetos puntuales o los determinados por un área que defina el usuario, rectangular, circular o poligonal irregular.
- **Módulo de Configuración del Mapa**, permite la configuración de la aplicación para el manejo de los datos y el mapa, unidades de medidas, tipo coordenadas, proyección, entre otras variables de trabajo.
- **Módulo de Impresión**, ofrece la posibilidad de impresión del área que defina el usuario en el formato de papel que corresponda.
- **Módulo de Catálogo**, ofrece la posibilidad de configurar la representación del mapa en cuanto a estilos y simbología desde una interfaz amigable, generando un archivo de configuración que es utilizado por un servidor de mapas para su representación, y haciendo persistente esta configuración en una base de datos (ZALDÍVAR 2012).

**PostGIS: la extensión geográfica del gestor seleccionado**

PostGIS es una extensión al sistema de base de datos objeto-relacional PostgreSQL. Permite el uso de objetos SIG e incluye soporte y funciones básicas para el análisis de ellos. Creado por Refrations Research Inc como un proyecto de investigación de tecnologías de bases de datos espaciales está publicado bajo licencia GNU y es posible con él usar todos los objetos que aparecen en la especificación OpenGIS como puntos, líneas, polígonos, multi-líneas, multi-puntos, y colecciones geométricas (MARTÍN 2009).

**PostGIS 1.5.2:** versión estable liberada de PostGIS, extensión de PostgreSQL que permite que objetos de los Sistemas de Información Geográfica sean almacenados en las bases de datos, incluye soporte para índices espaciales GiST basados en R-Tree y funciones para el análisis y procesamiento de objetos GIS (LEGRÁ *et al.* 2011).

**MapServer: el servidor de mapas**

MapServer es una plataforma de código abierto para la publicación de datos espaciales y aplicaciones cartográficas interactivas en la web. Es un programa CGI escrito en C, que utiliza la información pasada en una petición de usuario en la URL y un archivo Mapfile para crear una imagen del mapa requerido, además la petición podría incluir imágenes para leyenda, barras de escala, mapas de referencia y valores como variables CGI. MapServer debe ser compilado con una serie de librerías de terceros dependiendo de la funcionalidad que se espera.

Las capacidades de MapServer pueden ser extendidas a través de MapScript el cual provee una interfaz de programación para la construcción de aplicaciones web y de escritorio. Entre sus características principales se pueden citar el soporte para mostrar y consultar cientos de formatos raster, vector y bases de datos, la ejecución en varios Sistemas Operativos (Windows, Linux, Mac OSX), soporte de lenguajes de scripting y entornos de desarrollo (PHP, Python, Perl, Ruby, Java, .Net) y dibujos de alta calidad (ECUADOR 2004).

## CAPÍTULO 2

### 2.6 Conclusiones parciales

Los elementos significativos de las herramientas, tecnologías y tendencias a utilizar, satisfacen las necesidades existentes para el desarrollo del SIG. La utilización de las herramientas propuestas facilita y fortalece el trabajo, aportando rapidez y eficacia a lo largo del ciclo de vida del desarrollo y garantizando una mayor usabilidad de la aplicación. Las herramientas seleccionadas impulsan la soberanía tecnológica propuesta por el país y por el entorno de desarrollo donde se produce este resultado.

## CAPITULO 3: ANÁLISIS DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

### 3.1 Introducción

En el capítulo que sigue a continuación se presenta la fase de inicio (flujos de trabajo negocio, requerimientos y sistema), detallándose los respectivos modelos de dominio y sistema así como los requisitos funcionales y no funcionales de la propuesta de solución. Para concluir el capítulo se detallan los patrones de diseño a utilizar de acuerdo a la propuesta arquitectónica realizada por el arquitecto de software de la Línea de Productos de Software donde se desarrolla la propuesta.

### 3.2 Modelo de dominio

Un modelo del dominio es un modelo conceptual de un sistema, que identifica las relaciones entre todas las entidades importantes dentro del sistema e identifica generalmente sus métodos y cualidades. Puede ser tomado como el punto de partida para el diseño del sistema. El modelo del dominio se crea para documentar los conceptos dominantes del sistema, representa los conceptos u objetos del mundo real, significativos para un problema o área de interés. Ayuda además a los usuarios, clientes, desarrolladores y otros interesados a utilizar un vocabulario común (JACOBSON et al. 2000).

#### 3.2.1 Diagrama de clases del dominio

##### Definición de clases del diagrama del dominio

##### **CENAI**

El CENAI, radicado en Santiago de Cuba, se fundó en 1992 con el objetivo de contribuir a la mitigación del riesgo sísmico en la República de Cuba mediante la realización de investigaciones sismológicas y el monitoreo de la actividad sísmica en el territorio nacional.

Esta institución cuenta en la actualidad con personal altamente calificado que se ocupa de asesorar para la toma de decisiones a las autoridades locales respecto a la actividad sismológica en el archipiélago cubano y zonas adyacentes.



## CAPÍTULO 3

### ***Trabajador CENAI***

Persona que pertenece al CENAI y que tiene los permisos necesarios para acceder a la aplicación.

### ***Estaciones***

Una estación sismológica es una instalación donde se estudian los suelos con el fin de detectar movimientos en las placas tectónicas: temblores y terremotos. Es el recinto especialmente diseñado para albergar al sismógrafo.

El sismógrafo es un conjunto de elementos cuya interacción permite registrar o grabar, en forma continua, las vibraciones del suelo, en un lugar determinado. Está integrado por: a) el sismómetro o sensor, b) un amplificador de la señal captada por el sismómetro, que aumenta la amplitud de la misma, c) un reloj de precisión, el cual acciona un mecanismo que deja grabadas en el sismograma, las señales de la hora, el minuto y el segundo y d) un registrador gráfico o un grabador analógico o digital, donde se almacena continuamente el registro del movimiento de la tierra en el lugar donde está ubicado el sismómetro, es el instrumento diseñado para detectar las vibraciones del suelo, causadas principalmente por la llegada de las ondas sísmicas.

### ***SIGESIS***

El SIGESIS es el Sistema de Gestión Sismológica desarrollado por un equipo de especialistas pertenecientes al Centro de desarrollo de Santiago de Cuba.

### ***Centro de desarrollo***

El Centro de desarrollo de Santiago de Cuba se encarga de la producción de software en diferentes esferas de la sociedad.

### ***Información socioeconómica***

Es un conjunto organizado de datos procesados referentes, en este caso a las estaciones sismológicas y a los sismos detectados por dichas estaciones.

## CAPÍTULO 3

### **Mapa**

Es una representación gráfica y métrica de una porción de territorio sobre una superficie bidimensional, generalmente plana, pero que puede ser también esférica como ocurre en los globos terráqueos. Que el mapa tenga propiedades métricas significa que ha de ser posible tomar medidas de distancia, ángulos o superficies sobre él y obtener un resultado aproximadamente exacto. Base mediante la cual se obtiene todo el flujo de datos necesario para desarrollar las funcionalidades de este sistema.

### **Escala**

Relación entre la distancia que separa dos puntos en un mapa y la distancia real de esos dos puntos en la superficie terrestre. En los mapas, la escala puede expresarse de tres modos distintos: en forma de proporción o fracción, con una escala gráfica o con una expresión en palabras y cifras. Cuanto mayor es la escala, más se aproxima al tamaño real de los elementos de la superficie terrestre.

Los mapas a pequeña escala generalmente representan grandes porciones de la Tierra y, por tanto, son menos detallados que los mapas realizados con escalas más grandes. Es la relación matemática entre las dimensiones en el mapa, carta o plano y la superficie terrestre que representa.

### **Capa**

Las capas son una forma de organizar la información temática para la elaboración de los SIG. Son transparencias colocadas a criterio del autor para facilitar la manipulación de la información. El sistema permite activar o no las capas disponibles e incluso variar su orden de acuerdo al orden de prioridad o posible combinación que se le puede dar a la información disponible.

### **Breve descripción del dominio**

El CENAIS posee un conjunto de estaciones encargadas de registrar la información referente a los terremotos que detectan. Esta información de los terremotos brindada por las estaciones, unida a la información propia de las estaciones que posee el CENAIS, serán los datos a gestionar por el sistema desarrollado por el Centro de desarrollo de Santiago de Cuba: el SIGESIS. Este sistema será empleado por trabajadores del CENAIS.

## CAPÍTULO 3

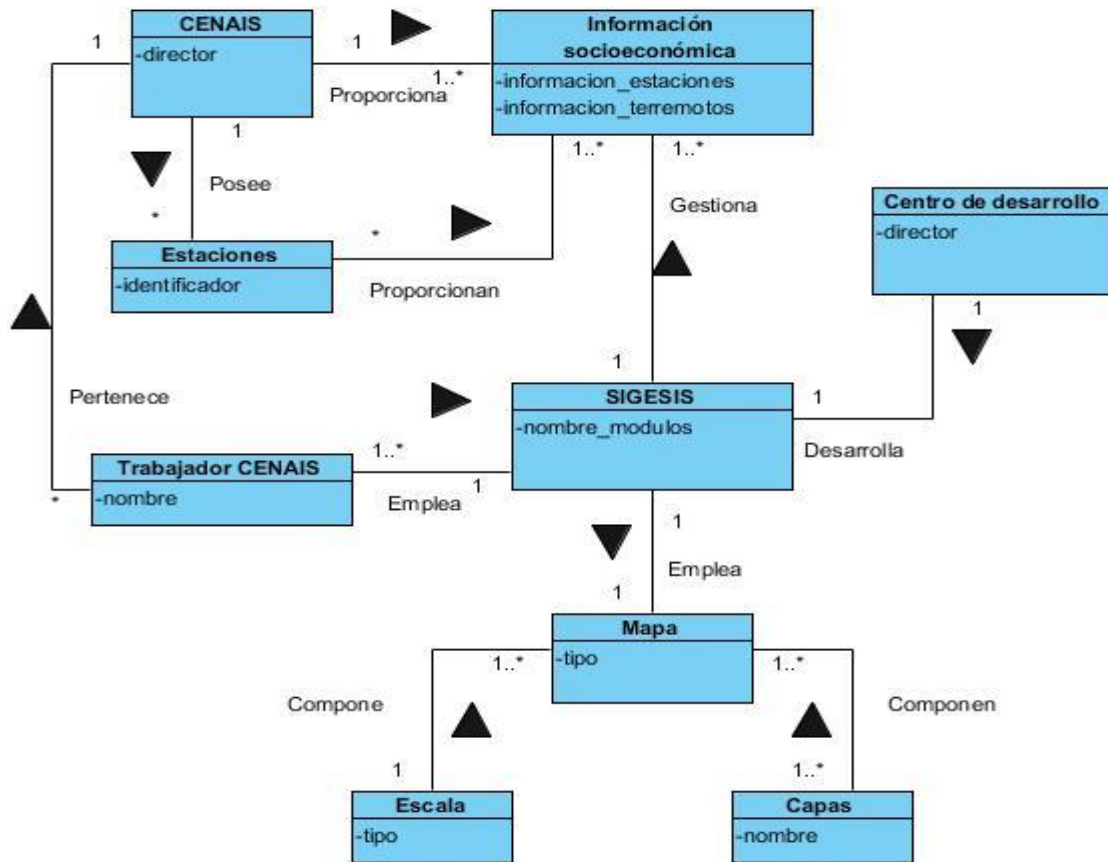


Figura 5: Diagrama de clases del dominio.

### 3.3 Requisitos

Los requisitos de software son las necesidades de los clientes, los servicios que los usuarios desean que proporcione el sistema de desarrollo y las restricciones en las que debe operar. Los requisitos se dividen en funcionales y no funcionales y muestran las capacidades o condiciones que el sistema debe cumplir y las propiedades o cualidades que el producto debe tener, los cuales en la fase de construcción deben ser posibles de probar o verificar (PRESSMAN 2005).

#### 3.3.1 Requisitos Funcionales

Según (SOMMERVILLE 2005b), los Requisitos Funcionales son declaraciones de los servicios que debe proporcionar el sistema, de la manera en que éste debe reaccionar a entradas particulares y de cómo se

## CAPÍTULO 3

debe comportar en situaciones particulares. En algunos casos, los requerimientos funcionales de los sistemas también pueden declarar explícitamente lo que el sistema no debe hacer.

La solución que se desarrolla contará con un conjunto de funciones necesarias para la representación, modelación y análisis de la información geográfica. Los usuarios que emplearán la misma, son los responsables del manejo y control de la información, accediendo sólo a las funcionalidades a las que tienen permisos asignados.

### **Módulo de navegación**

#### **RF 1. Acercar determinada región del mapa**

Esta funcionalidad permite aumentar el tamaño del mapa y disminuye la escala, ubicando en el centro del mapa el punto donde el usuario realizó la operación de Acercar. Para realizar esta funcionalidad se requiere que el usuario seleccione en el mapa el punto o la región que desea acercar. El sistema mostrará dicha región a un mayor nivel de visualización.

#### **RF 2. Alejar determinada región del mapa**

Esta funcionalidad permite disminuir el tamaño del mapa en caso que el usuario lo haya aumentado con anterioridad. Una vez disminuido el tamaño se aumenta la escala del mapa. Para realizar esta funcionalidad se requiere que el usuario seleccione en el mapa el punto que desea alejar. El sistema mostrará dicha región a un menor nivel de visualización.

#### **RF 3. Visualizar todo el mapa**

Esta funcionalidad permite visualizar el mapa según la escala inicial de la aplicación. Para realizar esta funcionalidad el usuario debe seleccionar la opción correspondiente. El sistema mostrará el mapa en su escala máxima.

#### **RF 4. Modificar el centro del mapa**

Con este requerimiento el sistema debe ser capaz de permitirle al usuario que seleccione una región determinada y recentrar el mapa sobre esa región, sin modificar la proporción del mismo. Para realizar

### CAPÍTULO 3

esta funcionalidad se requiere que el usuario seleccione en el mapa la región que desea recentrar. El sistema mostrará dicha región en el centro del mapa.

#### **RF 5. Visualizar diferentes regiones del mapa**

Con este requerimiento el sistema debe ser capaz de permitirle al usuario que mueva el mapa, variando con el puntero del ratón la posición de la vista que se presenta.

#### **RF 6. Navegar a través del mapa de referencia**

Esta funcionalidad permite mover el mapa haciendo clic en el Mapa de Referencia en el punto donde se quiere recentrar el mapa.

#### **RF 7. Generar imagen del mapa**

Esta funcionalidad permite incluir ya sea en el boletín informativo o en los partes diarios que genera el SIGESIS, una imagen del mapa donde se muestran los epicentros de los terremotos ocurridos en un período de tiempo dado.

### **Módulo de análisis**

#### **RF 8. Medir distancia**

Esta funcionalidad permite que el usuario pueda calcular la distancia entre dos o más puntos a partir del trazado de los mismos con el ratón y visualizar el valor de la distancia entre los dos últimos vértices dibujados y la distancia acumulada (del primer al último vértice) en un panel lateral, además de poder modificar la unidad de distancia si lo desea. Para su desarrollo se requiere el siguiente criterio de entrada:

- Unidad de medida (Formato: Alfabético).

Esta funcionalidad devolverá el valor correspondiente a la distancia según la polilínea trazada:

- Distancia (Formato: Alfanumérico).
- Distancia acumulada (Formato: Alfanumérico).

**CAPÍTULO 3****RF 9. Realizar tematización por las estaciones**

Esta funcionalidad le permite al usuario realizar una tematización gráfica, que le permita ver el porcentaje que representa la cantidad de terremotos registrados en cada una de las estaciones con respecto al total de terremotos. Para ello se requieren los siguientes criterios de entrada:

- Criterio de análisis (Formato: Campo de selección, Obligatorio: Sí)

Cantidad de terremotos registrados.

- Rango de fecha (Formato: Campo de selección, Obligatorio: No)

Fecha inicial.

Fecha final.

- Tipo de gráfica (Formato: Campo de selección, Obligatorio: Sí)

**RF 10. Realizar tematización por las zonas de actividad sísmica**

Esta funcionalidad le permite al usuario realizar una tematización gráfica, a partir de criterios de análisis definidos para las zonas de actividad sísmica. Mediante esta tematización el usuario podrá conocer el porcentaje que representa la cantidad de terremotos registrados en cada una de las zonas sísmicas del total, así como el porcentaje que representa la cantidad de energía de los terremotos ocurridos en las zonas, con respecto al total de energía de todos los terremotos registrados. Para ello se requieren los siguientes criterios de entrada:

- Criterio de análisis (Formato: Campo de selección, Obligatorio: Sí)

Cantidad de terremotos registrados.

Cantidad de energía total.

- Rango de fecha (Formato: Campo de selección, Obligatorio: No)

Fecha inicial.

Fecha final.

- Tipo de gráfica (Formato: Campo de selección, Obligatorio: Sí)

## CAPÍTULO 3

El sistema mostrará el mapa con la tematización correspondiente, representando en cada zona sísmica una gráfica que reflejará la proporcionalidad explicada anteriormente.

### **Módulo de identificación**

#### **RF 11. Identificar los terremotos perceptibles**

Esta funcionalidad le permite al usuario identificar cuáles son los terremotos perceptibles entre todos los que están representados en el mapa. El sistema cambiará la simbología de dichos terremotos perceptibles, representándolos como estrellas.

#### **RF 12. Mostrar información de los terremotos**

Esta funcionalidad le permite al usuario consultar la información asociada a los terremotos. El usuario deberá seleccionar la opción correspondiente y luego seleccionar en el mapa el terremoto del que desea conocer los datos. Los terremotos estarán representados en el mapa por círculos, mientras mayor sea la magnitud de dicho terremoto, mayor será el tamaño del círculo. Además los círculos variarán en el color en dependencia de la profundidad de los mismos:

- 0 - 30 km: rojo.
- 31 - 70 km: azul.
- 71 - 120 km: verde.
- Mayor que 120: amarillo.

El sistema mostrará como salida una ventana con la información correspondiente:

- Tiempo de origen.
  - Fecha.
  - Hora.
- Longitud.
- Latitud.
- Profundidad.
- Magnitud.

### CAPÍTULO 3

Además se podrán ver datos más específicos de los terremotos, mediante la opción de “Ver detalles”, permitiendo que el usuario pueda tener acceso a la siguiente información:

- Identificador de la estación.
- Tipo de instrumento.
- Componente.
- Indicador clarity.
- Nombre de la fase.
- Peso.
- Autopick.
- Wsing (first motion).
- Hora.
- Minuto.
- Segundo.
- Coda.
- Amplitud.
- Período.
- Azimut.
- Ángulo de incidencia.
- Velocidad de la fase.
- Travel residual.
- Distancia epicentro.

#### **RF 13. Mostrar información de las estaciones**

Esta funcionalidad le permite al usuario consultar la información asociada a las estaciones. El usuario deberá seleccionar la opción correspondiente y luego seleccionar en el mapa la estación de la que desea conocer los datos (las estaciones estarán representadas en el mapa por triángulos).

El sistema mostrará como salida una ventana con la información correspondiente:

- Identificador de la estación.
- Localización geográfica.

Latitud.

Longitud.

#### **RF 14. Realizar identificación rectangular**

Esta funcionalidad permite que el usuario pueda consultar la información asociada a los objetos que forman parte de las capas del mapa que fueron seleccionadas. Mediante la identificación rectangular se obtiene la información de todos los objetos que se encuentran dentro del rectángulo dibujado por el



## CAPÍTULO 3

usuario en el mapa. El usuario debe seleccionar la opción correspondiente y luego dibujar en el mapa un rectángulo que encierre el o los objetos de los que desea obtener la información.

El sistema mostrará los datos asociados a los objetos, en este caso serán los terremotos y las estaciones. De ellos se mostrará la información correspondiente descrita en los RF 12 y RF 13.

### **RF 15. Realizar identificación radial**

Esta funcionalidad permite que el usuario pueda consultar la información asociada a los objetos que forman parte de las capas del mapa que fueron seleccionadas. Mediante la identificación radial se obtiene la información de todos los objetos que se encuentran dentro del círculo dibujado por el usuario en el mapa. El usuario debe seleccionar la opción correspondiente y luego dibujar en el mapa un círculo que encierre el o los objetos de los que desea obtener la información.

El sistema mostrará los datos asociados a los objetos, en este caso serán los terremotos y las estaciones. De ellos se mostrará la información correspondiente descrita en los RF 12 y RF 13.

### **Módulo de impresión**

#### **RF 16. Exportar mapa como imagen**

Esta funcionalidad permite que el usuario pueda exportar el mapa o una región del mismo en formato de imagen. Para ello el usuario deberá seleccionar la opción correspondiente, así como la región que desea exportar. El sistema exportará dicha región como una imagen.

### **Módulo de visualización**

#### **RF 17. Habilitar capas del mapa**

Esta funcionalidad permite habilitar las capas del mapa que se encuentren deshabilitadas y que el usuario desea visualizar en la aplicación. La aplicación mostrará inicialmente deshabilitadas las capas de las zonas de actividad sísmica y las estaciones. El usuario deberá habilitarlas en caso de que desee visualizarlas en el mapa. Se debe seleccionar en el panel izquierdo en el control de capas, la capa que se quiere habilitar.

**RF 18. Deshabilitar capas del mapa**

Esta funcionalidad permite deshabilitar las capas del mapa que se encuentran habilitadas y que el usuario no desea que se muestren en la aplicación.

Se debe seleccionar en el panel izquierdo en el control de capas, la capa que se quiere deshabilitar.

**RF 19. Modificar escala del mapa**

Con este requerimiento el sistema debe ser capaz de permitirle al usuario que modifique la escala con la que se visualiza el mapa en la aplicación.

Para esta funcionalidad se requiere como criterio de entrada:

- Escala (Formato: Numérico, Obligatorio: Sí).

El sistema muestra como resultado el mapa en la escala seleccionada.

**3.3.2 Requisitos No Funcionales**

Citando al mismo Sommerville, los requisitos no funcionales se refieren a las características que de una u otra forma puedan limitar el sistema. Describen una restricción sobre el sistema que limita la elección del usuario en la construcción de una solución (SOMMERVILLE 2005b).

A continuación se describen los requisitos no funcionales del sistema que se propone.

**Requisitos de usabilidad**

El sistema podrá ser usado por personas con conocimientos básicos en el manejo de computadoras.

Se emplearán componentes que indiquen al usuario el estado de los procesos que por su complejidad requieran de un tiempo de procesamiento apreciable.

## CAPÍTULO 3

El Sistema tendrá una correcta Arquitectura de la Información, a partir de un estudio de usuarios para su etiquetado e indexado y las funcionalidades principales del sistema estarán orientadas a íconos para un mayor reconocimiento por parte del usuario.

### **Requisitos de fiabilidad**

La información manejada por el sistema estará protegida de acceso no autorizado y divulgación. Debido a la arquitectura que presenta el sistema, siendo más robusto al no tratarse de un sistema de gestión que requiera mantenimiento y optimización en el almacenamiento, se estima un tiempo promedio de 6 meses entre posibles fallas. El tiempo medio de reparación, en caso de un fallo es de 7 días.

La información y las funcionalidades del sistema estarán disponibles y el usuario podrá acceder a ellas las 24 horas de los 7 días de la semana.

### **Requisitos de eficiencia**

El tiempo de respuesta estará dado por la cantidad de información a procesar, entre mayor cantidad de información mayor será el tiempo de procesamiento.

Al igual que el tiempo de respuesta, la velocidad de procesamiento de la información, la actualización y la recuperación dependerán de la cantidad de información que tenga que procesar la aplicación. El sistema puede soportar hasta 200 usuarios conectados simultáneamente ejecutando las funcionalidades de la aplicación.

### **Soporte técnico**

El proyecto se hace responsable del soporte de la aplicación hasta que se haga la entrega al Centro de Soporte de la UCI, esta entrega se realiza una vez se haya desplegado el sistema. Por tanto el mantenimiento que recibirá la aplicación será coordinada entre el equipo del Centro de Soporte que asumirá esta tarea y los clientes del SIGCENAI. En caso de que exista alguna situación puntual a la que no le puedan dar respuesta, el equipo de desarrollo de Aplicativos\_SIG se hará cargo de la misma y una vez resuelta se la hará llegar al equipo de soporte para que actualicen la aplicación de los clientes.

## CAPÍTULO 3

### Restricciones de diseño

El diseño debe ser sencillo, con pocas entradas, donde no sea necesario mucho entrenamiento para utilizar el sistema, deberá ser diseñado sobre una arquitectura cliente-servidor. Se deben emplear los estándares establecidos (diseño de interfaces, base de datos y codificación). Se debe lograr un producto altamente configurable y extensible, teniendo en cuenta que se desarrollará sobre la Plataforma GeneSIG y que constituye una plataforma de desarrollo para ser personalizada como aplicaciones a la medida, pudiéndose incorporar a ésta nuevas funcionalidades.

### Requisitos para la documentación de usuarios en línea y ayuda del sistema

El software tendrá siempre la posibilidad de ayuda disponible para cualquier tipo de usuario, lo que le permitirá un avance considerable en la explotación de la aplicación en todas sus funcionalidades.

### Requisitos de Interfaz

#### Interfaces de usuario

El sistema debe:

- Tener una apariencia profesional y un diseño gráfico sencillo.
- Posibilitarle al usuario la configuración del entorno de trabajo.
- Ser intuitivo.

#### Interfaces de hardware

Para las PCs cliente:

- 128 MB de memoria RAM como mínimo.
- Se requiere al menos 40 GB de disco duro.
- Procesador 512 MHz como mínimo.

Para los servidores:

- 2 GB de RAM y 40 GB de disco duro para el Servidor de mapas como mínimo.

## CAPÍTULO 3

- 2 GB de RAM y 40 GB de disco duro para el servidor de bases de datos como mínimo.
- Procesador 3.0 GHz como mínimo.

### Interfaces de software

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

Para las PCs clientes:

- Un navegador como Mozilla Firefox 16.0 o superior, Safari 4.0 o superior u otro que cumpla con los estándares W3C.
- Sistema operativo: GNU/Linux (la distribución es irrelevante), Windows XP o superior y Mac OS.

Para los Servidores:

- Sistema operativo GNU/Linux Ubuntu Server 11.04.
- Servidor Web Apache 2.0 o superior, con módulo PHP 5 configurado con la extensión pgsql incluida.
- PostgreSQL 8.4 o superior como Sistema Gestor de Base de Datos.
- PostGIS como soporte de datos espaciales.
- MapServer 5.2.2 o superior, con extensión PHP mapscript.

### Interfaces de comunicación

El producto SIGCENAIIS garantizará mediante su interfaz la configuración del entorno de trabajo mediante funcionalidades propias como ocultar y mostrar paneles, así como elementos para cambiar las vistas, las escalas y las capas que serán visibles en la interacción. Todo con resolución de pantalla de 1024 x 768.

### Requisitos de licencia

De acuerdo a los tipos de licencias de los componentes y herramientas que se proponen a utilizar para el desarrollo del producto SIGCENAIIS se puede catalogar legalmente esta arquitectura de modelo libre, permitiendo la utilización, modificación y distribución de las mismas por terceros sin necesidad de obtener la autorización de sus respectivos titulares.

## CAPÍTULO 3

### Requisitos Legales, de Derecho de Autor y otros

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

### Estándares aplicables

El sistema será desarrollado bajo estándares OpenGIS como aseguramiento de la parte científica y en el desarrollo se codificará y modelará siguiendo los patrones de las normativas ISO, tanto de codificación como de diseño de bases de datos.

### 3.4 Modelo de Sistema

El modelo de Casos de Uso ayuda al cliente, a los usuarios y a los desarrolladores a llegar a un acuerdo sobre cómo utilizar el sistema. La mayoría de los sistemas tienen muchos tipos de usuarios. Cada usuario se representa mediante un actor. Los actores utilizan el sistema al interactuar con los casos de uso (PRESSMAN 2005).

#### 3.4.1 Actores del sistema

Un actor es un rol que cumple un usuario, puede intercambiar información o puede ser un recipiente pasivo de información y representa a un ser humano, a un software o a una máquina que interactúa con el sistema (PRESSMAN 2005). Durante el desarrollo de la aplicación se definieron dos actores los cuales son descritos a continuación.

Actor	Descripción
<b>Usuario</b>	Usuario con permisos para acceder a las funcionalidades del sistema.
<b>SIGESIS</b>	Sistema que interactúa con el SIGCENAIIS para incorporar en sus boletines o partes las imágenes del mapa generadas por el SIG.

CAPÍTULO 3

3.4.2 Diagrama de Casos de Uso del Sistema

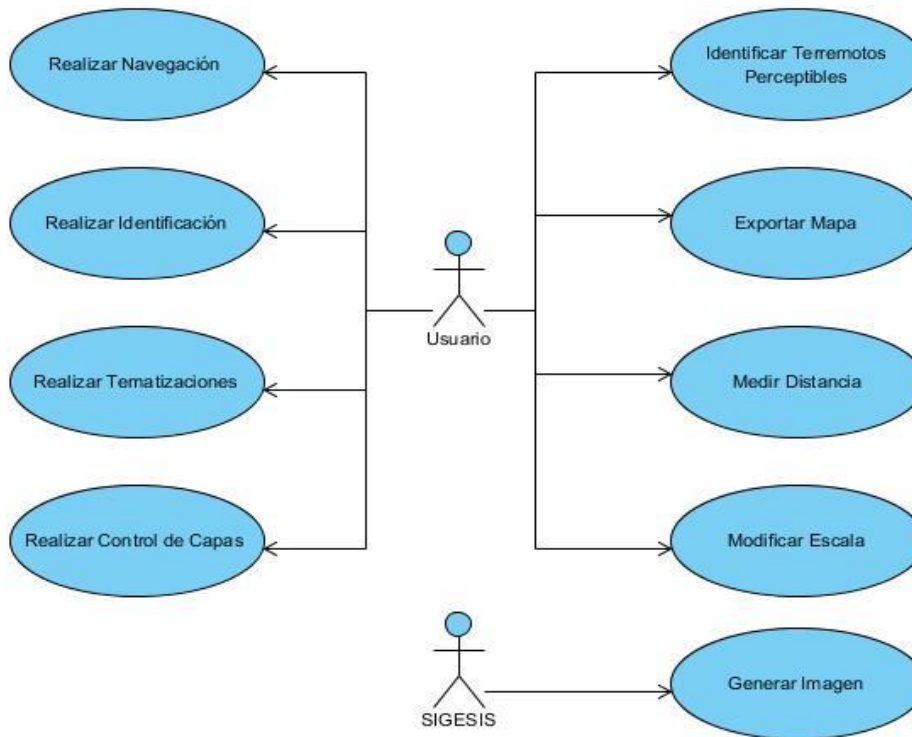


Figura 6: Diagrama de Casos de Uso del Sistema.


3.4.3 Descripción textual de los Casos de Uso del Sistema

A continuación se especifica la descripción textual del Identificar terremotos perceptibles.

Tabla 1: Descripción textual del Caso de Uso Identificar Terremotos Perceptibles.

<b>Caso de Uso:</b>	Identificar Terremotos Perceptibles.
<b>Actores:</b>	Usuario.
<b>Propósito:</b>	Este caso de uso se realiza con el objetivo de <i>identificar en el mapa cuáles son los terremotos perceptibles</i> .
<b>Resumen:</b>	Este caso de uso se inicia cuando el usuario desea identificar los terremotos perceptibles y termina cuando el sistema los muestra representados por una estrella.
<b>Precondiciones:</b>	-
<b>Referencias:</b>	RF 11.

**CAPÍTULO 3**

<b>Prioridad:</b>	Crítico.
<b>Flujo Normal de Eventos</b>	
<b>Acción del Actor</b>	<b>Respuesta del Sistema</b>
1. El caso de uso inicia cuando el usuario selecciona la opción “”. Ver Interfaz 8.	2. El caso de uso termina cuando el sistema identifica los terremotos perceptibles que se encuentran representados en el mapa, cambiándoles su simbología por una estrella.
<b>Prototipo de Interfaz</b>	
<b>Interfaz 8</b>	
	
<b>Poscondiciones:</b>	El sistema identifica los terremotos perceptibles.

**3.5 Conclusiones parciales**

La modelación del dominio y del sistema, a partir de sus correspondientes diagramas brinda un entendimiento común hacia dentro del equipo de desarrollo, de manera que las etapas sucesivas de la construcción de la solución pueden ser comprendidas y ejecutadas sin dificultad por los demás miembros.



## CAPITULO 4: IMPLEMENTACIÓN Y DISEÑO DE LAS PRUEBAS

### 4.1 Introducción

En el presente capítulo se detalla la fase de implementación de la solución, enunciándose los principales patrones de diseño tenidos en cuenta y especificándose los artefactos referidos a las etapas de diseño e implementación, específicamente, el diagrama de clases del diseño y el diagrama de componentes. Al finalizar el capítulo se desarrollan los diseños de casos de prueba necesarios para la validación de la propuesta.

### 4.2 Elementos fundamentales de la arquitectura

Según Roger Pressman la Arquitectura de un Sistema es la estructura de las estructuras del sistema, la cual comprende los componentes del software, las propiedades de esos componentes visibles externamente, y las relaciones entre ellos (PRESSMAN 2001).

Por otra parte, la definición más difundida hoy, ofrecida por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (del inglés, Institute Electrical and Electronic Engineers, IEEE) la define como 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 (ASSOCIATION 2000).

#### 4.2.1 Patrones arquitectónicos y de diseño

Los patrones arquitectónicos, al decir de (CAMACHO 2004) expresan el esquema de organización estructural fundamental para sistemas de software. Proveen un conjunto de subsistemas predefinidos, especifica sus responsabilidades e incluye reglas y pautas para la organización de las relaciones entre ellos. La selección de un patrón arquitectónico es, por lo tanto, una decisión fundamental de diseño en el desarrollo de un sistema de software.

Un patrón de diseño, al mismo tiempo, provee un esquema para refinar los subsistemas o componentes de un sistema de software, o las relaciones entre ellos. Describe la estructura comúnmente recurrente de los componentes en comunicación, que resuelve un problema general de diseño en un contexto particular (BUSCHMANN 1996).

## CAPÍTULO 4

Según el libro de Craig Larman, UML y Patrones, un patrón de diseño se define como el amplio repertorio de principios generales y de expresiones formados por expertos que sirven de guía al crear un software. El patrón es una pareja de problema/solución con un nombre y que es aplicable a otros contextos, con una sugerencia sobre la manera de usarlo en situaciones nuevas (LARMAN 1999). Pressman los define, de manera general, como soluciones estándar que brindan respuesta a un problema común durante el diseño de un software. Una vez que se ha desarrollado el modelo de análisis, el diseñador puede examinar una representación detallada del problema que debe resolver y las restricciones que impone (PRESSMAN 2005).

La propuesta de solución implementa la Arquitectura basada en Componentes de la familia de arquitecturas del Estilo de Llamada y Retorno el cual enfatiza en la modificabilidad y la escalabilidad. La Arquitectura basada en Componentes basa su funcionamiento en la reutilización de módulos o subsistemas, con el objetivo de optimizar el proceso de desarrollo de nuevas aplicaciones fundamentalmente.

Lo anterior se justifica con la utilización de GENESIG como plataforma base para el desarrollo y del marco de trabajo para la implementación de SIG. El término componente es muy empleado en la actualidad debido a la necesidad -en aumento- de desarrollar software con la misma calidad y costo pero en menores tiempos de producción.

Una vez seleccionada la Arquitectura de alto nivel, se definen los patrones generales de asignación de responsabilidades así como los patrones de diseño que se consideran necesarios para el desarrollo.

### **Patrones generales de asignación de responsabilidades**

Existen diferentes patrones utilizados para asignar responsabilidades, a continuación se refieren los principales:

**Experto:** En este patrón se persigue que la responsabilidad de realizar una labor sea de la clase que tiene o pueda tener los datos involucrados (atributos) en esa labor. Fue utilizado en el encapsulamiento de las clases del negocio, donde cada una contiene los elementos suficientes para gestionar la información que la describe.

## CAPÍTULO 4

**Creador**: Se asigna la responsabilidad de que una clase B cree un objeto de la clase A. Se utiliza para un mejor aprovechamiento de los estándares de la Programación Orientada a Objetos mediante la creación específica de objetos para mejor acceso y manipulación de la información que contiene.

**Alta cohesión**: Cada elemento del diseño debe realizar una labor única dentro del sistema. Se utiliza mediante la estructuración jerárquica de las clases evitando la sobrecarga en funcionalidades de las mismas, con una mejor distribución de responsabilidades establecidas en el marco del negocio.

**Bajo acoplamiento**: Se utiliza para lograr la mínima dependencia entre las clases del sistema, lo cual disminuye considerablemente el flujo de datos, propiciando rapidez en la ejecución de sus funcionalidades (MORENO 2012).

### Patrones del Grupo de los Cuatro

Se reconocen como patrones del Grupo de los Cuatro, según el libro Design Patterns, a un conjunto de patrones (alrededor de 23) dentro del campo del desarrollo de software definidos por un grupo de cuatro personas: Erich Gamma, Richard Helm, Ralph Johnson y John Vlissides.

A continuación se exponen dos patrones tenidos en cuenta en la propuesta de solución:

**Patrón Singleton**: Se utiliza para garantizar el acceso único a una clase mediante una única instancia. Tiene como objetivo crear el objeto “mapa” para que no se cree cada vez que se hace un envío en la aplicación.

**Patrón Command**: Patrón de diseño en el que los objetos representan acciones que serán consumidas por algún consumidor. Se utiliza para resolver diversos tipos de problemas en desarrollo de software: simplificación de llamadas, cola y generalización de comandos y operaciones con histórico.

### 4.3 Modelo de Diseño

Los modelos de diseño muestran los objetos o clases en un sistema y, donde sea apropiado, los diferentes tipos de relaciones entre estas entidades. Son esencialmente el diseño mismo y el puente entre los requerimientos y la implantación del sistema (SOMMERVILLE 2005a).

### 4.3.1 Diagrama de Clases del Diseño

El diagrama de clases del diseño describe gráficamente las especificaciones de las clases de software y de las interfaces en una aplicación y permiten modelar la vista de diseño del sistema y el mejoramiento del modelo conceptual o de dominio. A continuación se presenta el diagrama de clases del diseño del Caso de Uso Identificar Terremotos, los demás pueden ser consultados en el Anexo #2.

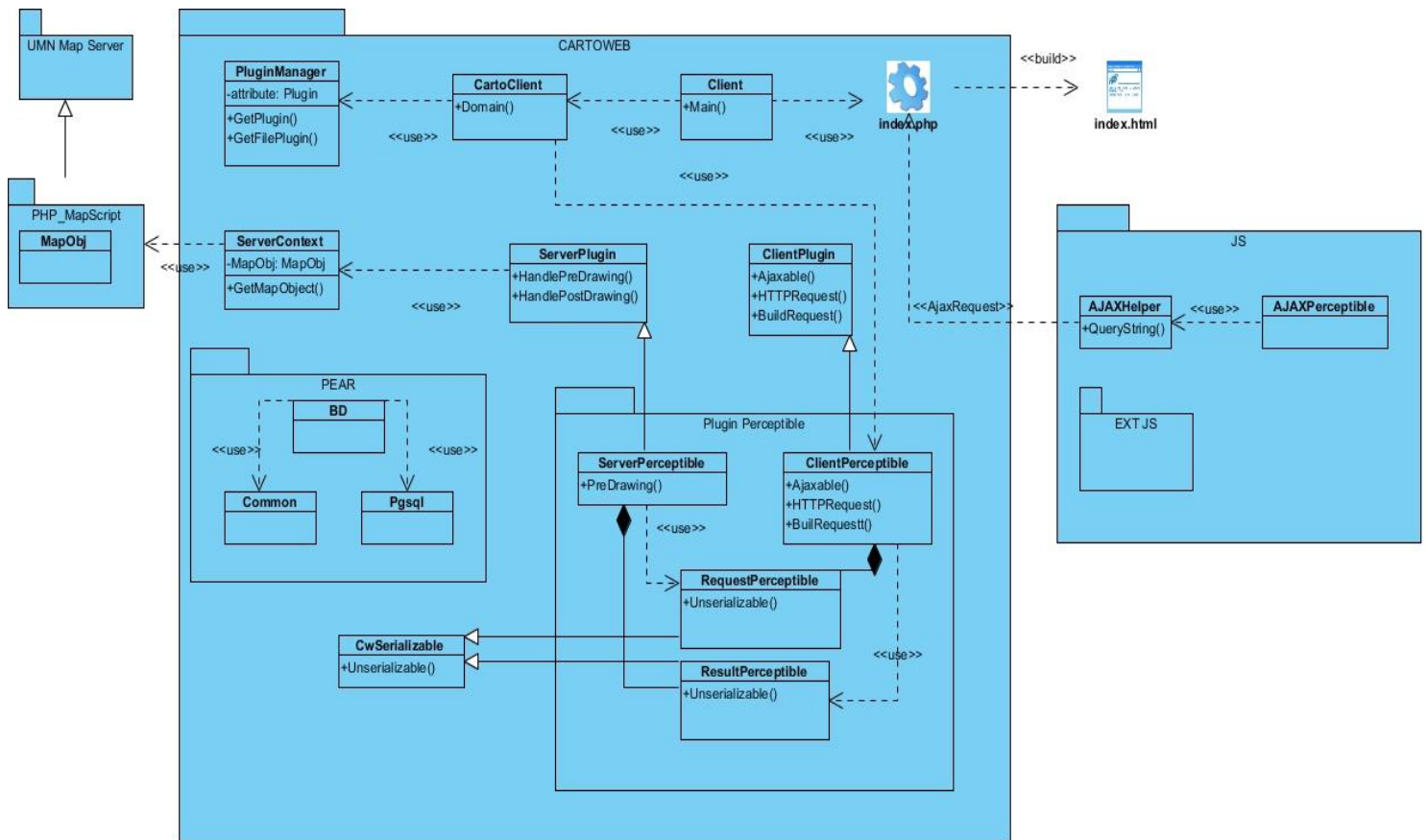


Figura 7: Diagrama de Clases del Diseño del Caso de Uso Identificar Terremotos.

### 4.4 Modelo de Implementación

El modelo de implementación describe cómo los elementos del modelo de diseño se implementan en términos de componentes, como ficheros de código fuente, ejecutables, entre otros. El modelo de

## CAPÍTULO 4

implementación describe también cómo se organizan los componentes de acuerdo con los mecanismos de estructuración y modularización disponibles en el entorno de implementación y en el lenguaje o lenguajes de programación utilizados, y cómo dependen los componentes unos de otros (JACOBSON *et al.* 2000).

#### 4.4.1 Diagrama de componentes

Un diagrama de componentes, como representación tácita del modelo de implementación, representa las dependencias entre componentes software, incluyendo componentes de código fuente, componentes del código binario, y componentes ejecutables (JACOBSON *et al.* 2000). A continuación se representa el diagrama de componentes del Caso de Uso Identificar Terremotos, el resto de los diagramas pueden consultarse en el Anexo #3.

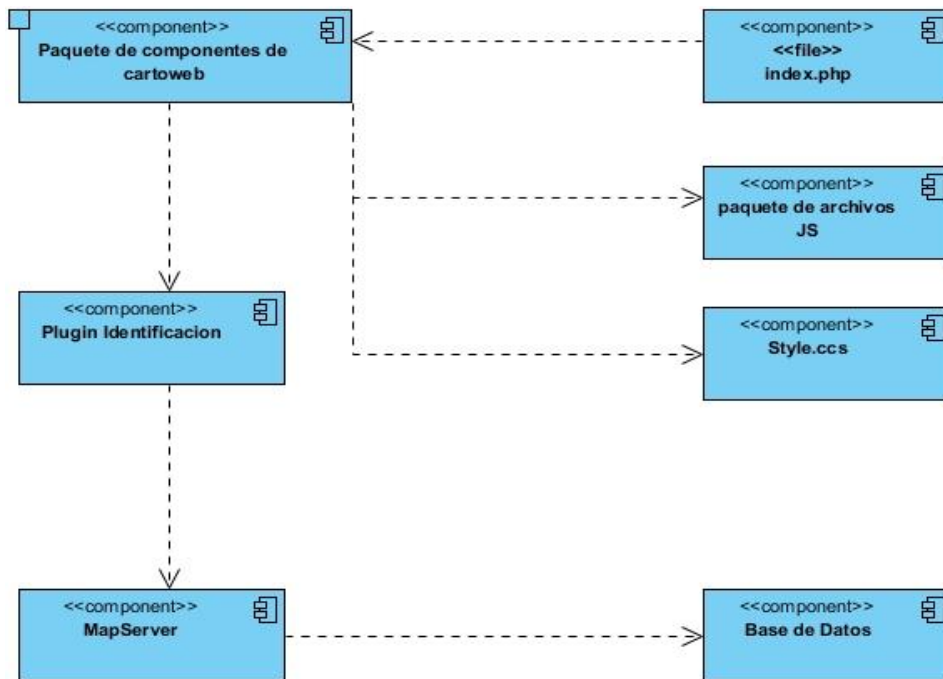


Figura 8: Diagrama de componentes del Caso de Uso Identificar Terremotos.

#### 4.5 Modelo de despliegue

El modelo de despliegue es un modelo de objetos que describe la distribución física del sistema en términos de cómo se distribuye la funcionalidad entre los nodos de cómputo. Se utiliza como entrada

## CAPÍTULO 4

fundamental en las actividades de diseño e implementación debido a que la distribución del sistema tiene una influencia principal en su diseño (JACOBSON *et al.* 2000).

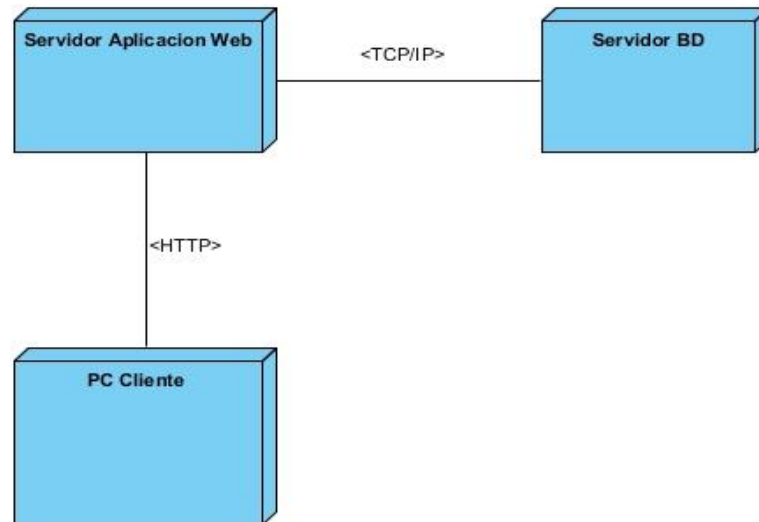


Figura 9: Diagrama de despliegue.

#### 4.6 El Proceso de Pruebas de la solución propuesta

Las pruebas de software tienen gran importancia pues permiten, al mismo tiempo, verificar y revelar la calidad del mismo. Existen múltiples tipos de pruebas y cada una de ellas posee su estrategia y su propósito. Se utilizan, en cualquier caso, para identificar posibles fallos relacionados con la implementación, calidad, o usabilidad del sistema. No obstante, un éxito supuesto en el proceso (donde no se detectan defectos) no puede ser entendido como una demostración de ausencia de errores en el software.

Según Pressman, las pruebas son un conjunto de actividades que se planean con anticipación y se realizan de manera sistemática y para descubrir errores cometidos sin darse cuenta al realizar su diseño y construcción. Se ejecutan utilizando un conjunto de pasos en que se pueden incluir técnicas y métodos específicos del diseño de caso de pruebas (PRESSMAN 2001).

Bercial entiende por prueba de software a “una actividad en la cual un sistema o uno de sus componentes se ejecuta en circunstancias previamente especificadas, los resultados se observan y registran y se realiza una evaluación de algún aspecto” (BERCIAL 2006).

## CAPÍTULO 4

Las pruebas se organizan por niveles, dependiendo fundamentalmente, del objetivo y la intención de cada una de ellas así como del momento del ciclo del desarrollo del software en el cual se encuentre. Los niveles de pruebas más aceptados en la actualidad son las pruebas de unidad, de integración, de validación y de sistema, este último, a su vez se compone por las pruebas de recuperación, seguridad, resistencia y rendimiento (PRESSMAN 2005).

Independientemente de los niveles existen dos métodos generalmente aceptados para realizar el proceso de pruebas de cualquier sistema informático, el método de pruebas de caja negra y el método de pruebas de caja blanca. Se determinó utilizar el método de caja negra debido a que este se centra en los requisitos funcionales y se lleva a cabo sobre la interfaz del software. Tiene como objetivo demostrar que las funciones del software son operativas, que las entradas se acepten de forma adecuada y se produzca un resultado correcto, teniendo en cuenta la integridad de la información externa.

Este método está compuesto por varias técnicas, de las cuales se selecciona la de partición equivalente con el objetivo de dividir el campo de entrada en clases de datos de los que se pueden derivar casos de prueba. Es un intento por dividir el dominio de entrada de un programa en un número finito de clases de equivalencia. Estas divisiones son denominadas diseños de caso de prueba.

### 4.6.1 Diseño de Casos de Prueba

El diseño de las pruebas se basa en la creación de casos de prueba cuya ejecución permitirá observar posibles síntomas de defectos. Se puede definir un caso de prueba como “el conjunto de entradas, condiciones de ejecución y resultados esperados desarrollados para un objetivo particular como, por ejemplo, ejercitar un camino concreto de un programa o verificar el cumplimiento de un determinado requisito” (LARA and FERNÁNDEZ 2001). A continuación se muestra el diseño de casos de prueba del CU Identificar Terremotos, los demás pueden ser consultados en los anexos.

Nombre de la sección	Escenarios de la sección	Descripción de la funcionalidad	Flujo central
SC1: Identificar terremotos perceptibles	EC 1.1: Identificar terremotos perceptibles satisfactoriamente.	El sistema muestra en el mapa los terremotos perceptibles con la simbología de una estrella.	Seleccionar la opción “Ver terremotos perceptibles” en la barra de herramientas (P).

**CAPÍTULO 4**

	<p>EC 1.2: Mostrar mapa con la simbología original.</p>	<p>Una vez que el usuario haya identificado en el mapa los terremotos perceptibles y desee volver al mapa original, deberá seleccionar la opción correspondiente y el sistema mostrará el mapa con todos los terremotos representados por un círculo.</p>	<p>Seleccionar la opción “Ver terremotos perceptibles” en la barra de herramientas (P).</p>
--	---------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------

**4.6.2 Ejecución de las pruebas**

Una vez diseñados todos los Casos de prueba a partir de las descripciones textuales de los Casos de Uso del Sistema se desarrollaron tres iteraciones de pruebas a partir de ellos.

**Primera Iteración:** Se obtuvieron siete No Conformidades distribuidas por cada caso de uso de acuerdo a como se muestra en la gráfica siguiente.

**Segunda Iteración:** Una vez corregidas las No Conformidades anteriores, se ejecutaron nuevamente los diseños elaborados, obteniéndose una sola No Conformidad en el Caso de Uso Realizar Tematización, la cual fue corregida de inmediato. Se decide no ejecutar la tercera iteración.

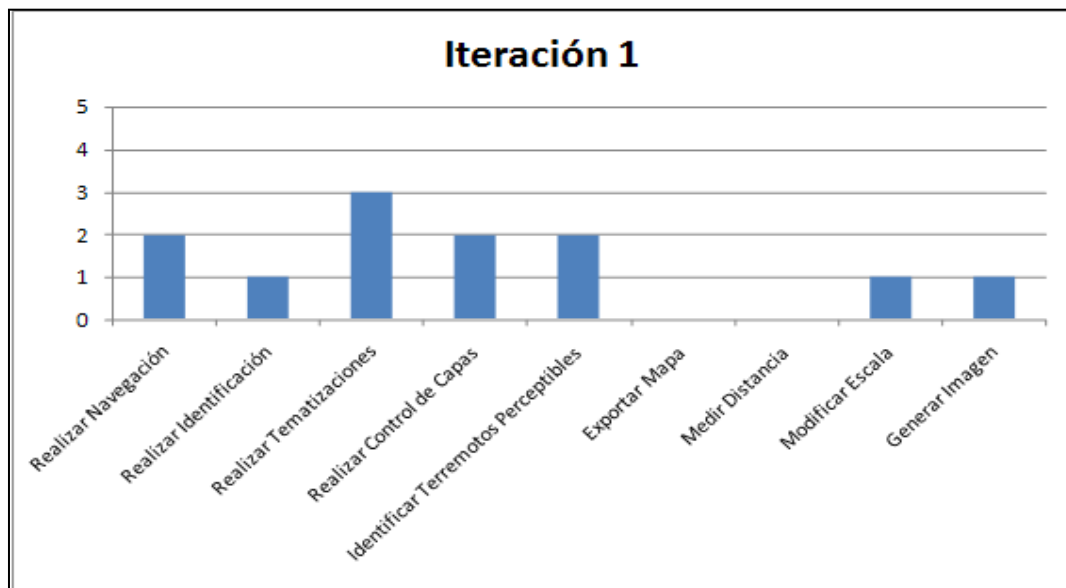


Figura 10: Primera iteración de la ejecución de las pruebas.



## CAPÍTULO 4

### 4.7 Conclusiones parciales

La utilización de patrones de diseño en la implementación de la solución propició mayor organización, comprensión y menor tiempo de desarrollo. El proceso de pruebas desarrollado permitió identificar y resolver los errores en la implementación aumentando la calidad del producto final obtenido.

## CONCLUSIONES GENERALES

### CONCLUSIONES GENERALES

Luego de finalizada la investigación el autor concluye que:

1. Las soluciones existentes consultadas no satisfacen los requerimientos del problema de la investigación, no obstante aportaron algunos elementos tenidos en cuenta en la implementación.
2. Las herramientas y tecnologías utilizadas (libres y multiplataforma) para resolver el problema planteado permiten al CENAIIS disponer de un producto informático que contribuye a la soberanía tecnológica que impulsa el país y la universidad.
3. Los estilos y patrones utilizados proporcionan uniformidad, comprensión y escalabilidad a la solución desarrollada, al mismo tiempo que favorecieron la rigurosidad en su diseño.
4. El proceso de pruebas desarrollado permitió identificar y resolver los errores en la implementación aumentando la calidad del producto final obtenido.
5. La utilización del Sistema de Información Geográfica desarrollado para el Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas favorecerá la toma de decisiones en esta importante entidad a partir de la representación y análisis espacial de la información asociada a los eventos sismológicos que en este Centro se monitorizan.

## RECOMENDACIONES

### RECOMENDACIONES

El autor recomienda:

1. Desarrollar una versión superior del producto donde se brinden Servicios Web de Mapas con la información de la actividad sísmica, y que puedan ser consumidos por el resto de las instituciones en país.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABC, D. *Definición de cartografía*, 2007a. [2013]. Disponible en: <http://www.definicionabc.com/ciencia/cartografia.php>
2. ---. *Definición de Sismo*, 2007b. [2013]. Disponible en: <http://www.definicionabc.com/geografia/sismo.php>
3. ANALYSIS, N. C. F. G. I. A. *Los Sistemas de Información Geográfica*, 2010.
4. AREBA, J. B. D. *Metodología del análisis estructurado de sistemas*. Madrid, ALCOBENDAS, 2001. p. 84-8468-043-06
5. ASSOCIATION, I. S. *IEEE Recommended Practice for Architectural Description for Software-Intensive Systems*, 2000. [Disponible en:
6. BERCIAL, L. S. Y. P. J. L. *Universidad Europea de Madrid: Taller sobre Pruebas en Ingeniería del Software.*, 2006. 7.
7. BRISABOA, N. R.; LEMA, J. A. C., et al. *Sistemas de Información Geográfica: Revisión de su estado actual*: 18.
8. BUSCHMANN, F. *"Pattern – Oriented Software Architecture. A System of Patterns*. Inglaterra, John Wiley & Sons, 1996. p.
9. BUZAI, G. D. *SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN AMÉRICA LATINA (1987-2010). UN ANÁLISIS DE SU EVOLUCIÓN ACADÉMICA BASADO EN LA CONFIBSIG*, 2011.
10. CAMACHO, E. *Arquitecturas de Software. Guía de estudio.*, 2004. p.
11. CATALUNYA, P. D. *Proyecto SIG Vulcà*, 2009. [2013]. Disponible en: [http://www20.gencat.cat/portal/site/parcsnaturals/menuitem.a225e400fafcf1b0f22c5b10b0c0e1a0/?vgn\\_extoid=b1d11a6c7fac2210VgnVCM1000008d0c1e0aRCRD&vgnnextchannel=b1d11a6c7fac2210VgnVCM1000008d0c1e0aRCRD&vgnnextfmt=default](http://www20.gencat.cat/portal/site/parcsnaturals/menuitem.a225e400fafcf1b0f22c5b10b0c0e1a0/?vgn_extoid=b1d11a6c7fac2210VgnVCM1000008d0c1e0aRCRD&vgnnextchannel=b1d11a6c7fac2210VgnVCM1000008d0c1e0aRCRD&vgnnextfmt=default)
12. CELADA, M. S.; ROFFE, T. G., et al. *Estado del arte del uso de la tecnología SIG en la gestión del riesgo de desastres naturales en la agricultura a escala nacional*, 2006. 43.
13. CENAI. *¿Qué hacemos?*, 2012a. [2013]. Disponible en: <http://www.cenais.cu/index.php/que-hacemos>
14. ---. *¿Quiénes Somos?*, 2012b. [2012]. Disponible en: <http://www.cenais.cu/index.php/quienes-somos>
15. ESPAÑOLA, R. A. *Mapa*, 2012. [2013]. Disponible en: <http://lema.rae.es/drae/>
16. ESRI. *What is GIS?*, 2011.
17. FERNÁNDEZ, V. M. and HIDALGO, D. F. *Sistema automatizado para la gestión de los datos del Balance Nacional de recursos y reservas de petróleo y gas de la Oficina Nacional de Recursos Minerales.*: Geoinformática. La Habana, Universidad de las Ciencias Informáticas, 2008. 119. p.
18. FILEHEAVEN. *VISUAL PARADIGM FOR UML (COMMUNITY EDITION) FOR WINDOWS 3.1*, 2008. [Disponible en: [www.fileheaven.com/descargar/visual-paradigm-for-uml-communityedition-for-windows/32083.htm](http://www.fileheaven.com/descargar/visual-paradigm-for-uml-communityedition-for-windows/32083.htm)
19. FORNARIS, Y. D. T. *Herramienta para la transmisión de audiovisuales basada en Listas de Decisión de Edición para el Departamento de Señales Digitales*. Señales Digitales. La Habana, Universidad de las Ciencias Informáticas, 2012. 79. p.
20. GARRIDO, M. A. *SIG y Medio Ambiente: principios básicos.*, 2003. 2: 19.
21. GEOINFORMÁTICA, D. D. *Informe del Departamento de Geoinformática*, 2011. 12.
22. GIS.COM. *What is GIS?*, 2011. [Disponible en: <http://www.gis.com/content/what-gis>
23. GROUP, P. *What is PHP?*, 2009. [2013]. Disponible en: [www.php.net](http://www.php.net)
24. GRUMETS. *Proyecto MiraMon*, 2011. [2013]. Disponible en: <http://www.grumets.uab.cat/CAST/miramom.html>

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

25. GUERRERO, R. M. *Sobre PostgreSQL*, 2009. [2013]. Disponible en: [http://www.postgresql.org/es/sobre\\_postgresql](http://www.postgresql.org/es/sobre_postgresql)
26. GUTIÉRREZ, M. *El Rol de las Bases de Datos Espaciales en una Infraestructura de Datos*. GSDI-9, 2006. p.
27. HERNÁNDEZ, U. M. *Evaluación del Riesgo Sísmico en Zonas Urbanas*. Ingeniería del Terreno, Cartografía y Geofísica. Barcelona, Universidad Politécnica de Cataluña, 2002. 225. p.
28. JACOBSON, I.; BOOCH, G., et al. *El proceso Unificado de Desarrollo de Software*. Madrid, PEARSON EDUCACION.SA, 2000. 458 p. 84-7829-036-2
29. JAVASCRIPTYA. *Tutorial de Javascript*, 2012. [2013]. Disponible en: <http://www.javascriptya.com.ar/>
30. LANGHI, R. and YAGÜEZ, J. C. D. *Sistema de Información Geográfica (S.I.G.)*, 2002. [2012]. Disponible en: [http://anterior.inta.gov.ar/f/?url=http://anterior.inta.gob.ar/barrow/info/documentos/SIG/que\\_es\\_sig.htm](http://anterior.inta.gov.ar/f/?url=http://anterior.inta.gob.ar/barrow/info/documentos/SIG/que_es_sig.htm)
31. LARA, P. and FERNÁNDEZ, L. *Generación de casos de prueba a partir de especificaciones UML*, 2001. 11.
32. LARMAN, C. *UML y Patrones: Introducción al análisis y programación orientada a objetos*. México DF, Prentice Hall, 1999. 536 p.
33. LEGRÁ, Y. B.; ORTÍZ, Y. V., et al. Guía para el soporte de Sistemas de Información Geográfica en servidores PostgreSQL para Ubuntu *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 2011, 5(1): 12.
34. MARTÍN, M. M. *Manual PostGIS*, 2009. 21.
35. MEDINA, A. R.; ESCRIBANO, J. G., et al. Evaluación del riesgo sísmico con técnicas de información geográfica. Aplicación en Navarra. *Mapping*, 2010: 17.
36. MORENO, M. L. *Propuesta de arquitectura para la Línea de Productos de Software Aplicativos SIG*. Geoinformática. La Habana, Universidad de las Ciencias Informáticas, 2012. 81. p.
37. MUÑOZ, A. L. F. *Análisis de un Sistema de Información Geográfica sobre GVSIG en el Departamento Geoinformática*. Geoinformática. La Habana, Universidad de las Ciencias Informáticas, 2010. 80. p.
38. NACIONAL, R. S. *Sismología*, 2010. [2013]. Disponible en: <http://www.rsn.ucr.ac.cr/index.php/en/sismologia>
39. OLAYA, V. *Sistemas de Información Geográfica*. 2010. 911 p.
40. PARRA, D. R. and FERNÁNDEZ, M. E. C. *GeoQ: Desarrollo del módulo de interrelación de múltiples tablas y capas*. Geoinformática. La Habana, Universidad de las Ciencias Informáticas, 2012. 103. p.
41. PELÁEZ, I. J. A. G.; ORTIZ, I. O. M., et al. *SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA PARA EL MANEJO Y EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO EN LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CUBA*, 2009. 6.
42. PILONE, D. and PITMAN, N. *UML 2.0 in a Nutshell* O'Reilly Media, 2005. 236 p. 978-0-596-00795-9
43. POSTGRESQL. *pgAdmin Introduction*, 2012. [2013]. Disponible en: <http://www.pgadmin.org/>
44. PRESSMAN, R. *Ingeniería del Software. Un enfoque práctico*. 5ta. 2001. p.
45. ---. *Ingeniería del Software: Un enfoque práctico*. Sexta Edición. 2005. 927 p.
46. RAE. *Definición de Sismo*, 2013. [2012]. Disponible en: <http://buscon.rae.es/drae/srv/search?val=sismo>
47. REINGSYS. *Nueva generación de software*, 2011. [2013]. Disponible en: <http://www.slideshare.net/reingsys/nuevas-tecnologas-reingsys-31309>
48. REYNA, A. *El uso de los sistemas de información geográfica (SIG) en el análisis demográfico de situaciones de desastre*, 2005. 34.
49. RIQUELME, S. L. and MORALES, M. C. *Sistema Gestor de Base de Datos Relacionales*, 2010. 14.
50. RODRÍGUEZ, Y. A. and MARTÍNEZ, J. A. H. *Desarrollo del sistema de Conferencias de la plataforma Platel.*: Facultad 2. La Habana, Universidad de las Ciencias Informáticas, 2010. 75. p.
51. SÍSMICA, S. M. D. I. *Sismos*, 2011. [2013]. Disponible en: <http://www.smis.org.mx/htm/sm5.htm>

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

52. SOMMERVILLE, I. Diseño. en: *Ingeniería del Software*. 2005a. 145.p.
53. ---. *Ingeniería del Software*. Séptima edición. Madrid, Pearson Educación, 2005b. 712 p.
54. TEAM, T. S. *Características de PHP*, 2011. [2013]. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/50288837/Caracteristicas-de-PHP>
55. TORRES, A. R. Bases de datos espaciales: Spatial Databases. *Revista Internacional de la Tierra MAPPING Interactivo*, 2009.
56. UCR. *Sismología*, 2008. [Disponible en: <http://www.rsn.ucr.ac.cr/index.php/sismologia>
57. ZALDÍVAR, Y. P. *Modelo de desarrollo basado en líneas de productos de software para Sistemas de Información Geográfica sobre la base de la Plataforma GeneSIG*. Geoinformática. La Habana, Universidad de las Ciencias Informáticas, 2012. 84. p.

## ANEXOS

## ANEXO 1: ESCALA DE INTENSIDAD DE LOS SISMOS

Tabla 2: Escala de intensidad de los sismos.

<b>Magnitud</b>	<b>Efectos</b>
Menos de 3.5	Generalmente no se siente, pero se registra.
3.5 - 5.4	Se siente, pero sólo causa daños menores cerca del epicentro.
5.5 - 6.0	Ocasiona daños ligeros a edificios mal construidos en un radio de 10 km.
6.1 - 6.9	Puede ocasionar daños severos en áreas donde vive mucha gente
7.0 - 7.9	Terremoto mayor. Causa graves daños a las comunidades en un radio de 100 km.
Mayor de 8.0	Gran terremoto. Destrucción total de comunidades cercanas y daños severos en un radio de más de 1000 km de distancia.

ANEXOS

ANEXO 2: DIAGRAMAS DE CLASES DEL DISEÑO

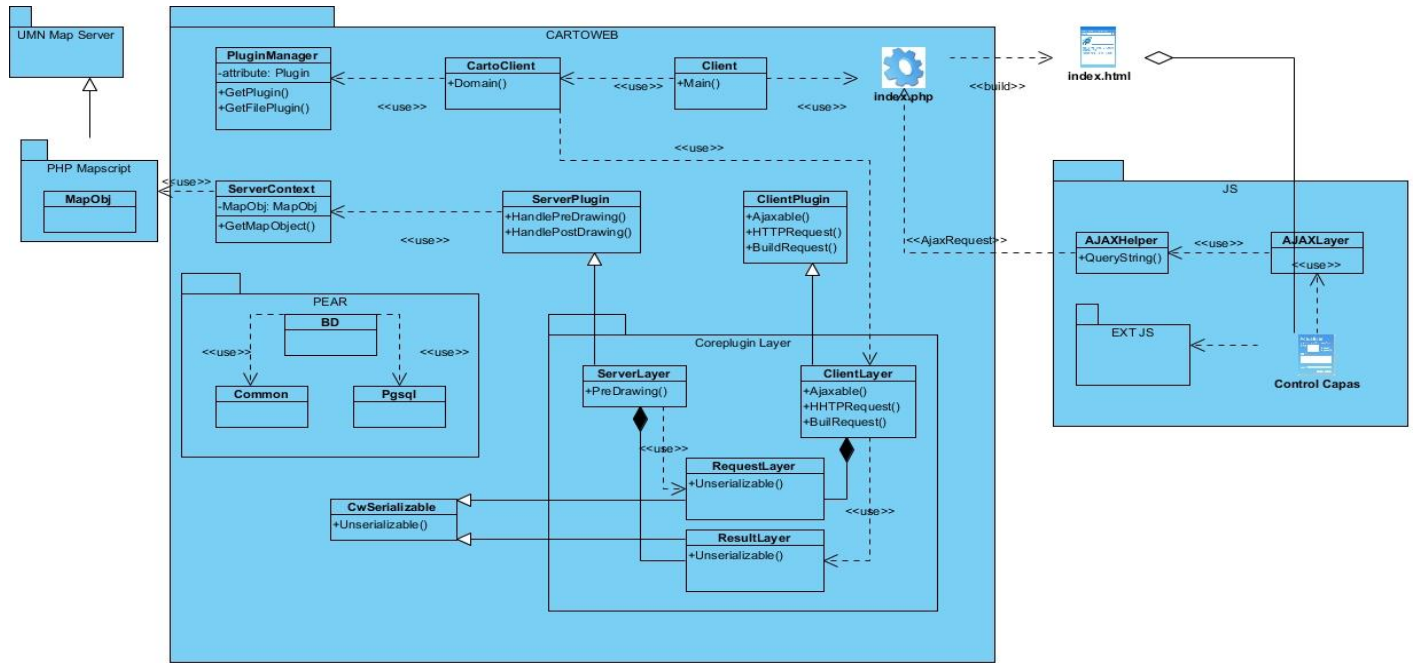


Figura 11: Diagrama de Clases del Diseño Control Capas.

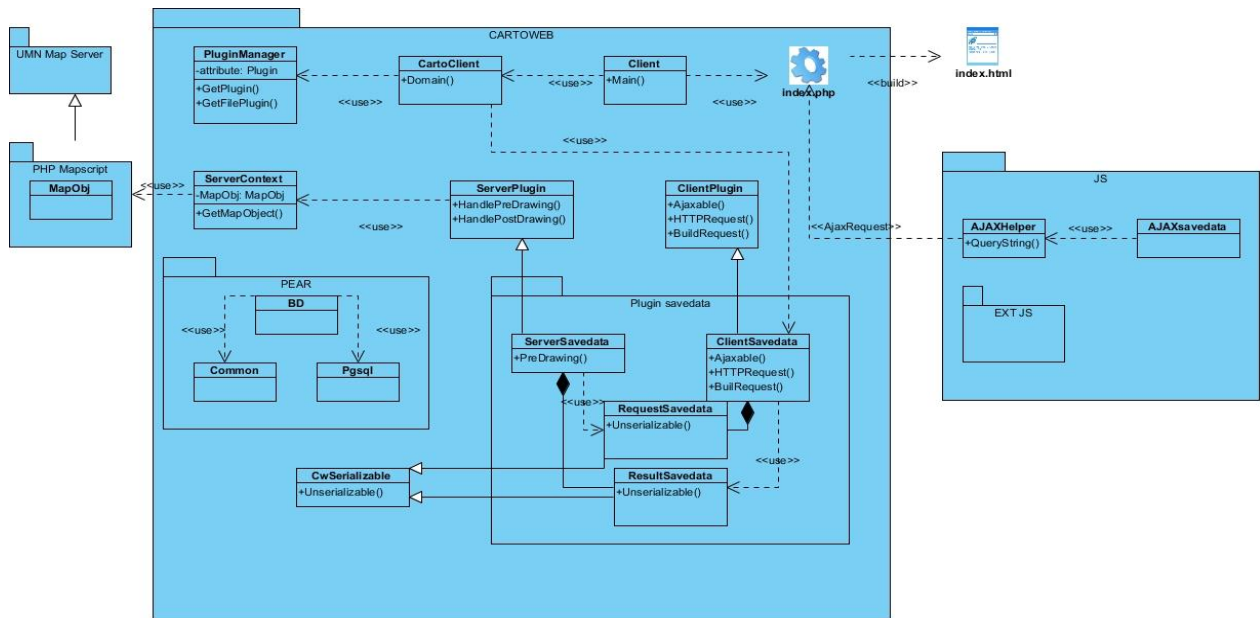


Figura 12: Diagrama de Clases del Diseño Exportar Mapa.



ANEXOS

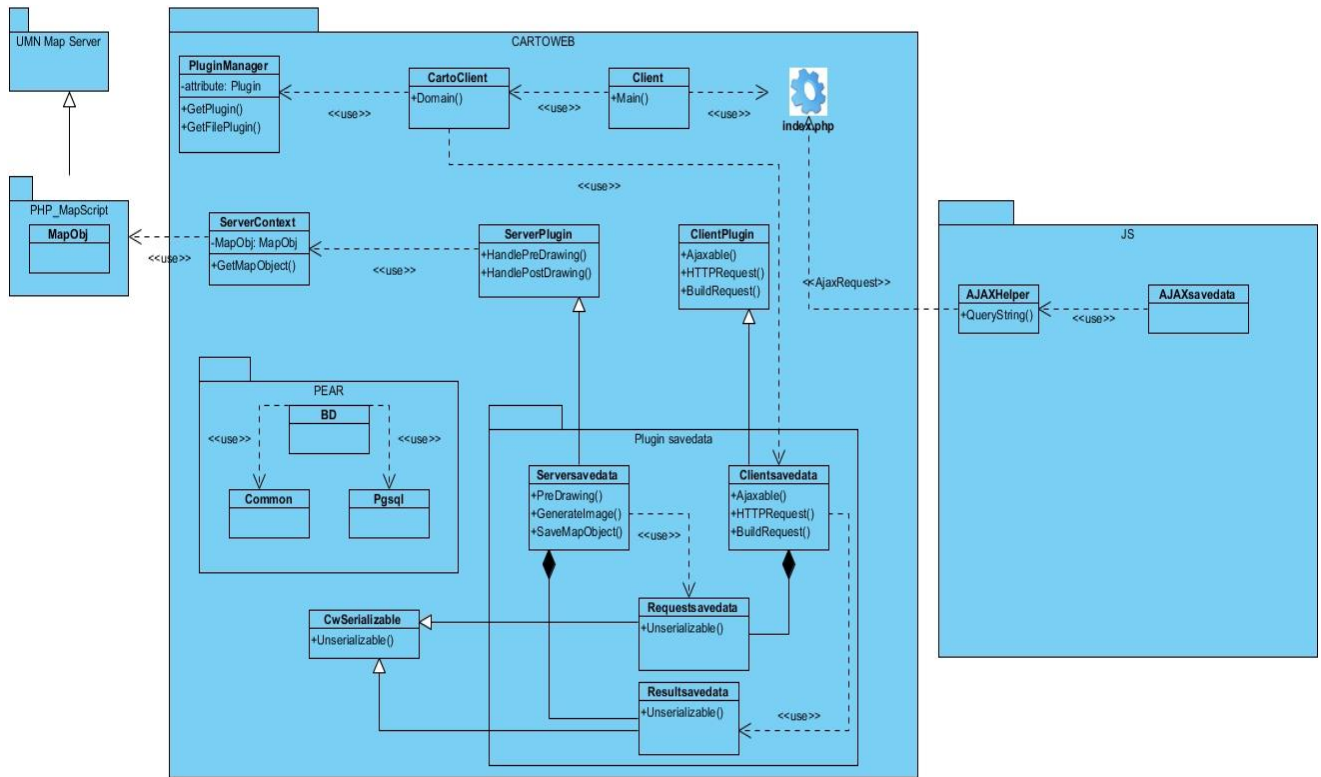


Figura 13: Diagrama de Clases del Diseño Generar Imagen.

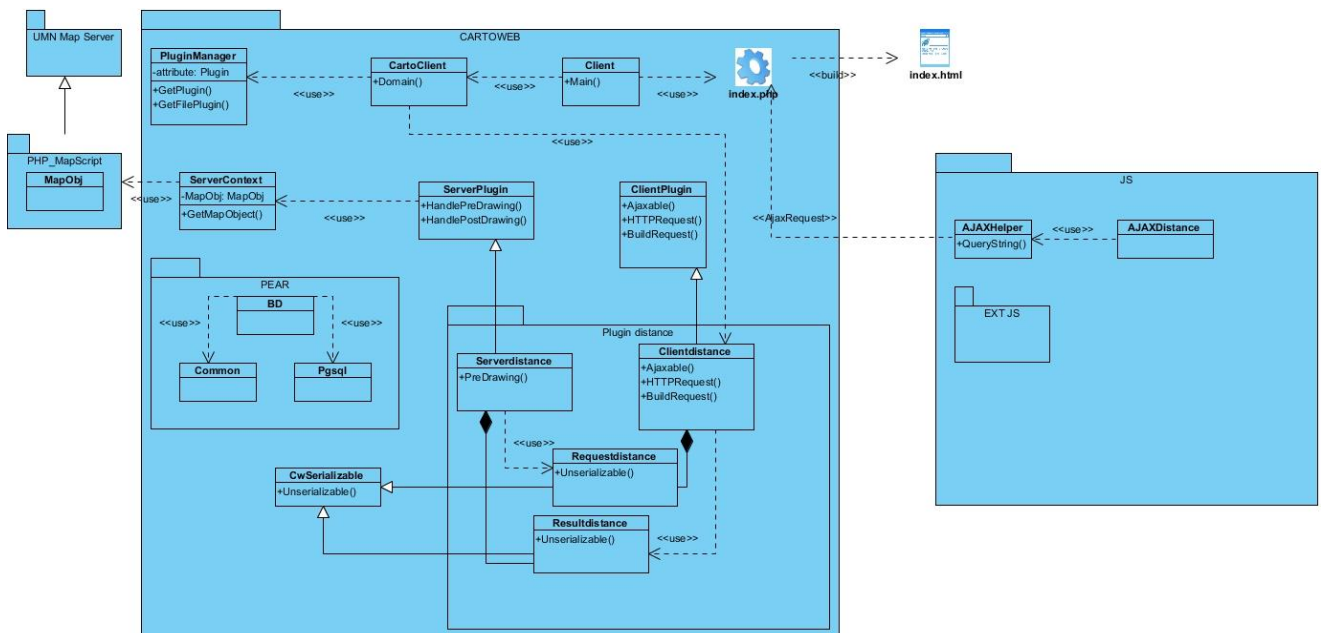


Figura 14: Diagrama de Clases del Diseño Medir Distancia.

ANEXOS

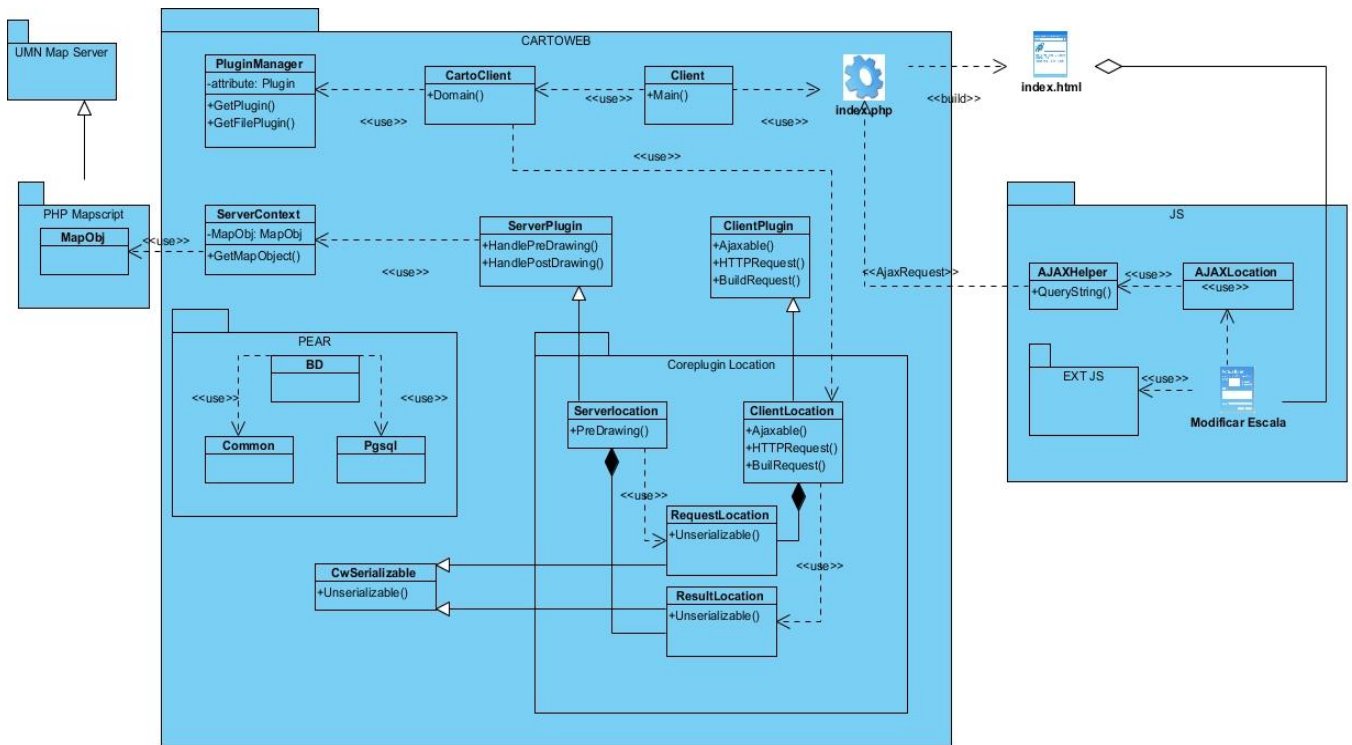


Figura 15: Diagrama de Clases del Diseño Modificar Escala.

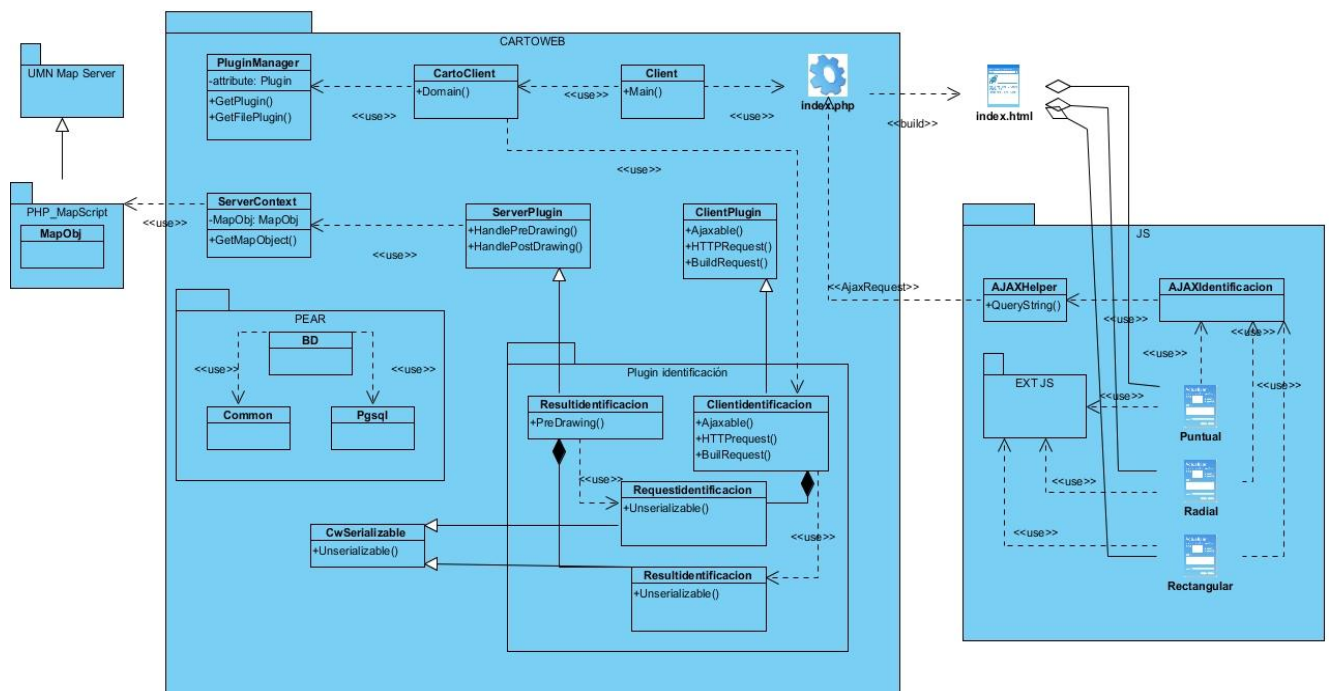


Figura 16: Diagrama de Clases del Diseño Realizar Identificación.

ANEXOS

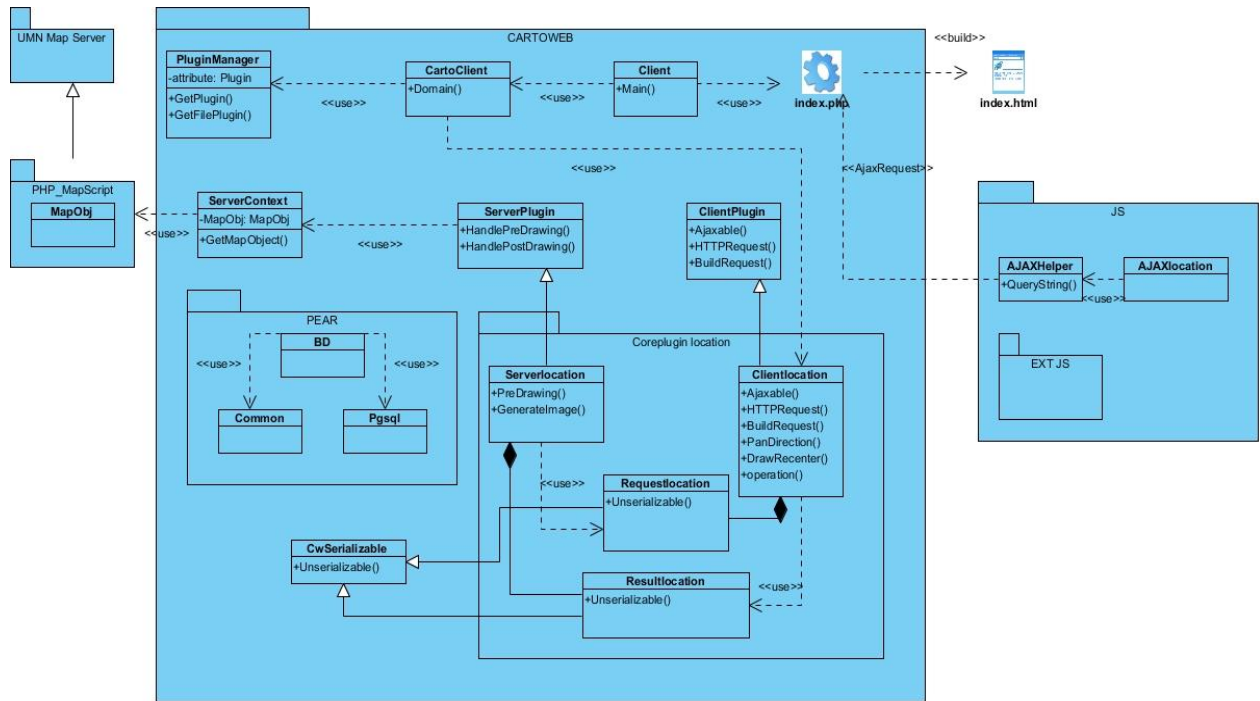


Figura 17: Diagrama de Clases del Diseño Realizar Navegación.

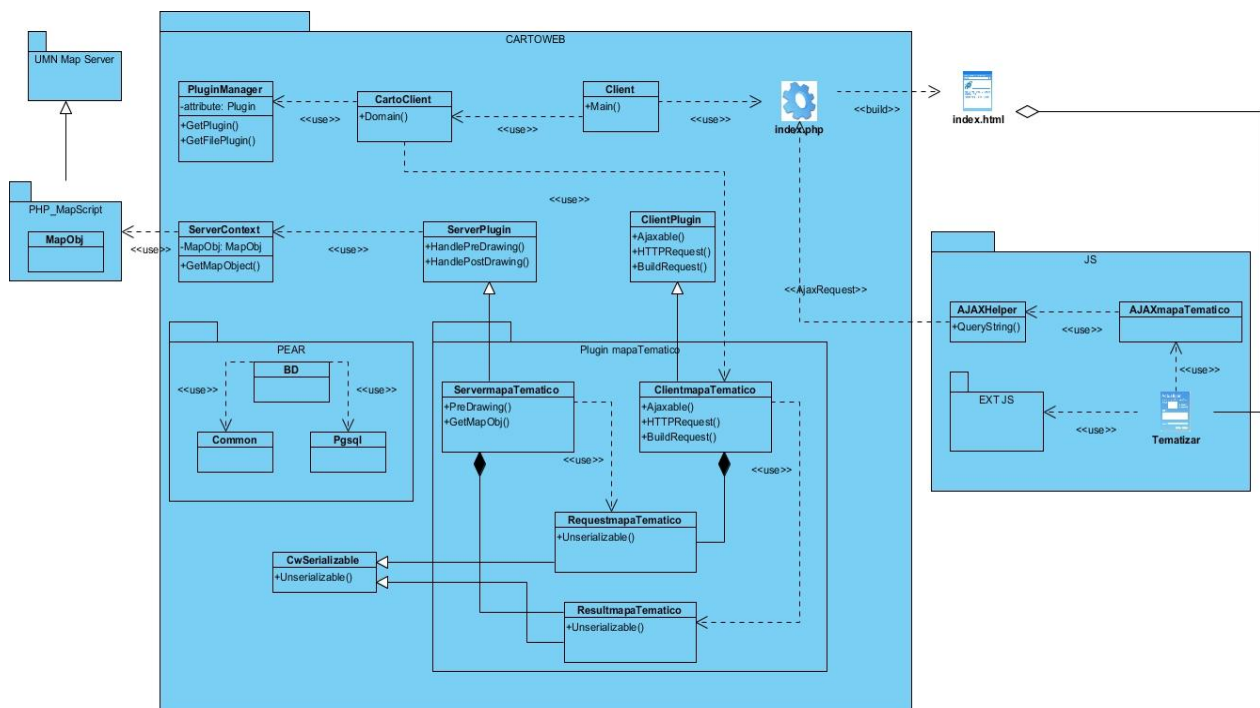


Figura 18: Diagrama de Clases del Diseño Tematizar.

ANEXOS

ANEXO 3: DIAGRAMAS DE COMPONENTES

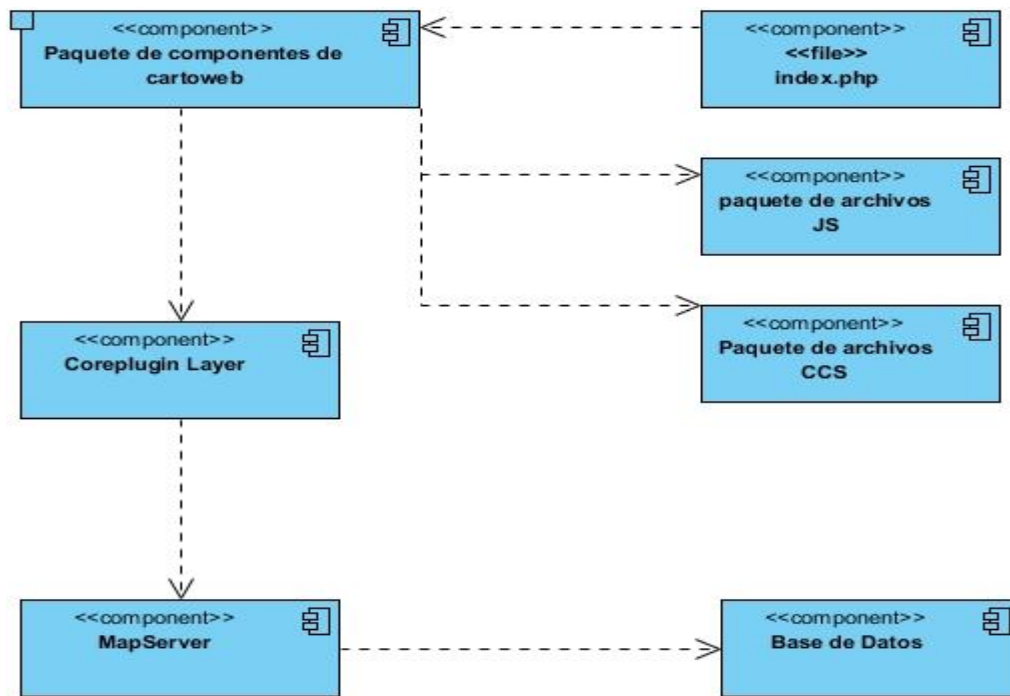


Figura 19: Diagrama de Componentes Control Capas.

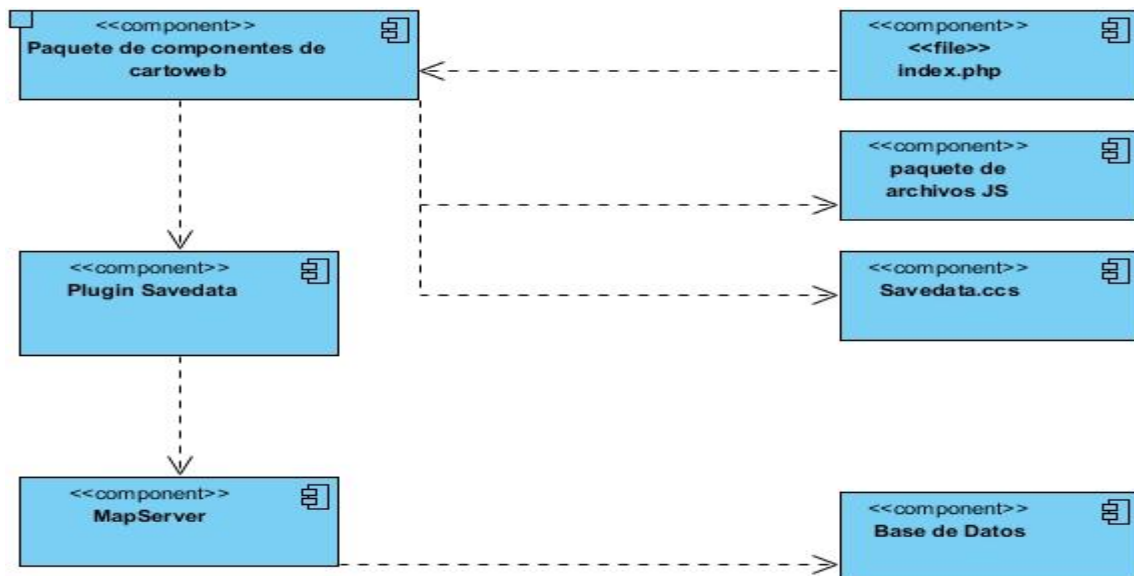


Figura 20: Diagrama de Componentes Exportar Mapa.

ANEXOS

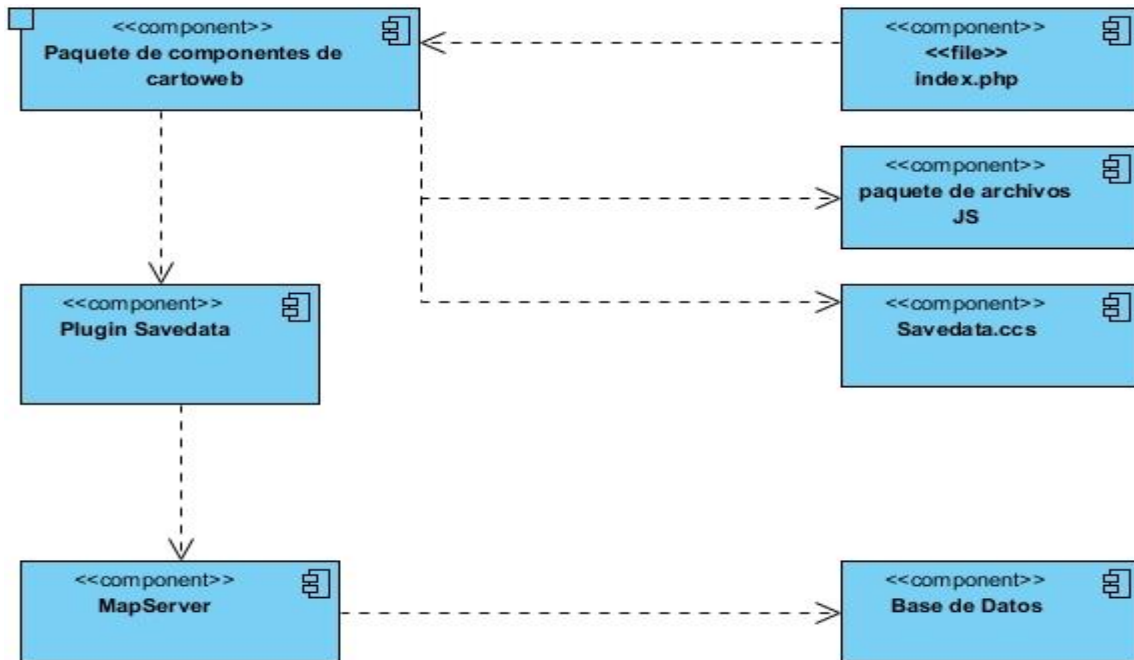


Figura 21: Diagrama de Componentes Generar Imagen.

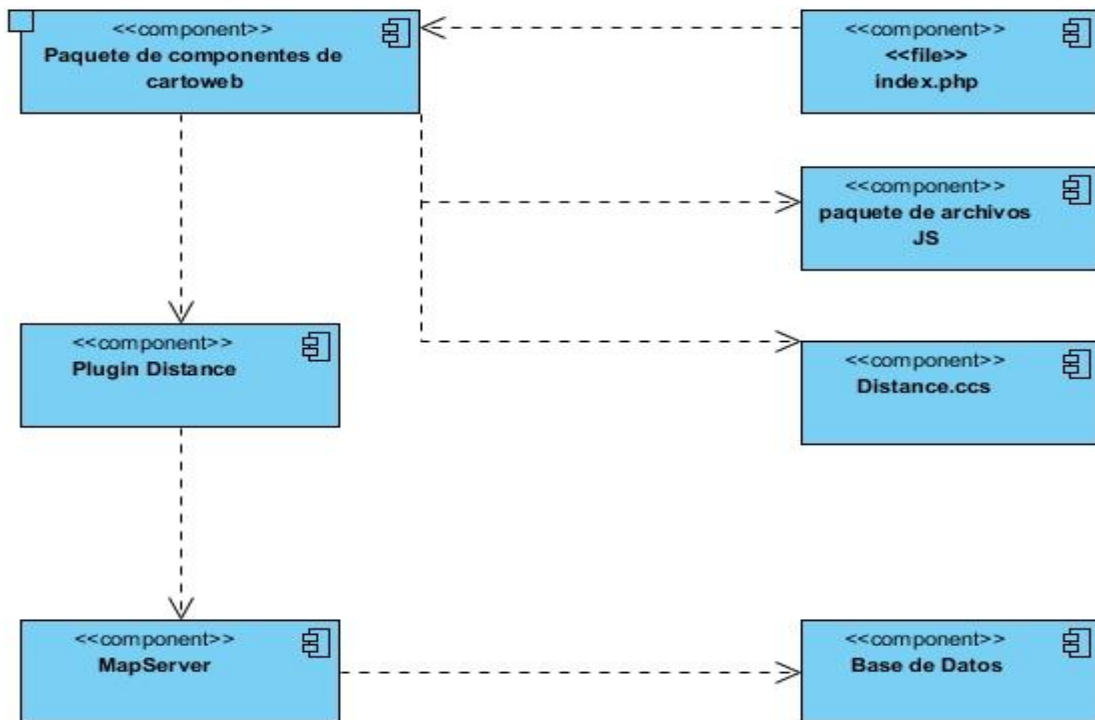


Figura 22: Diagrama de Componentes Medir Distancia.

ANEXOS

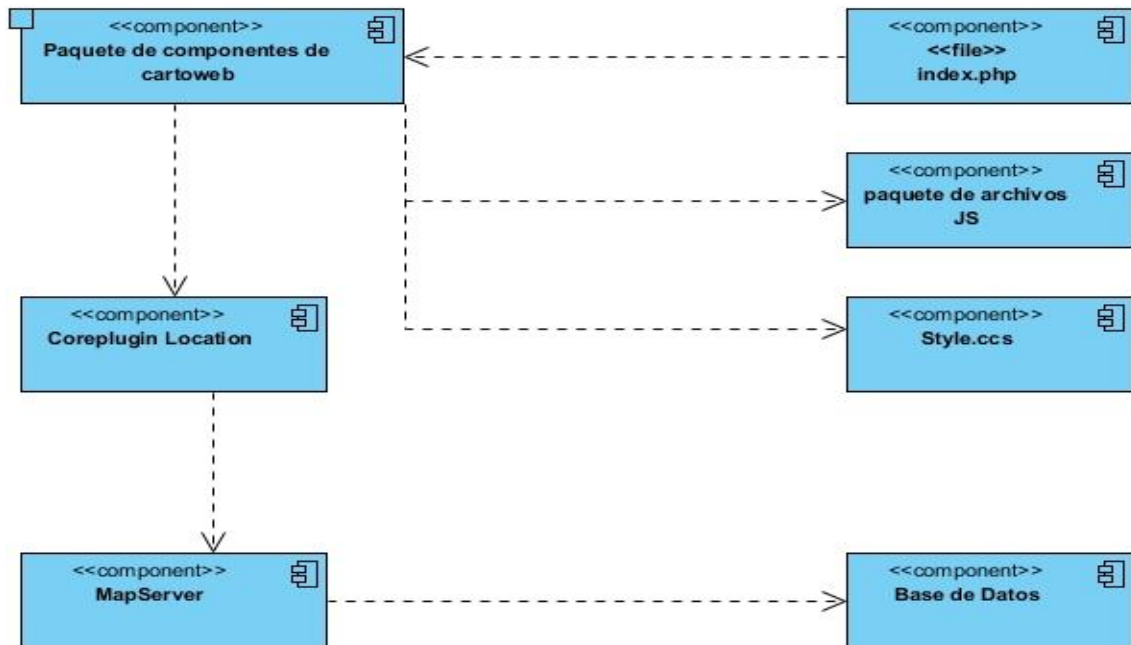


Figura 23: Diagrama de Componentes Modificar Escala.

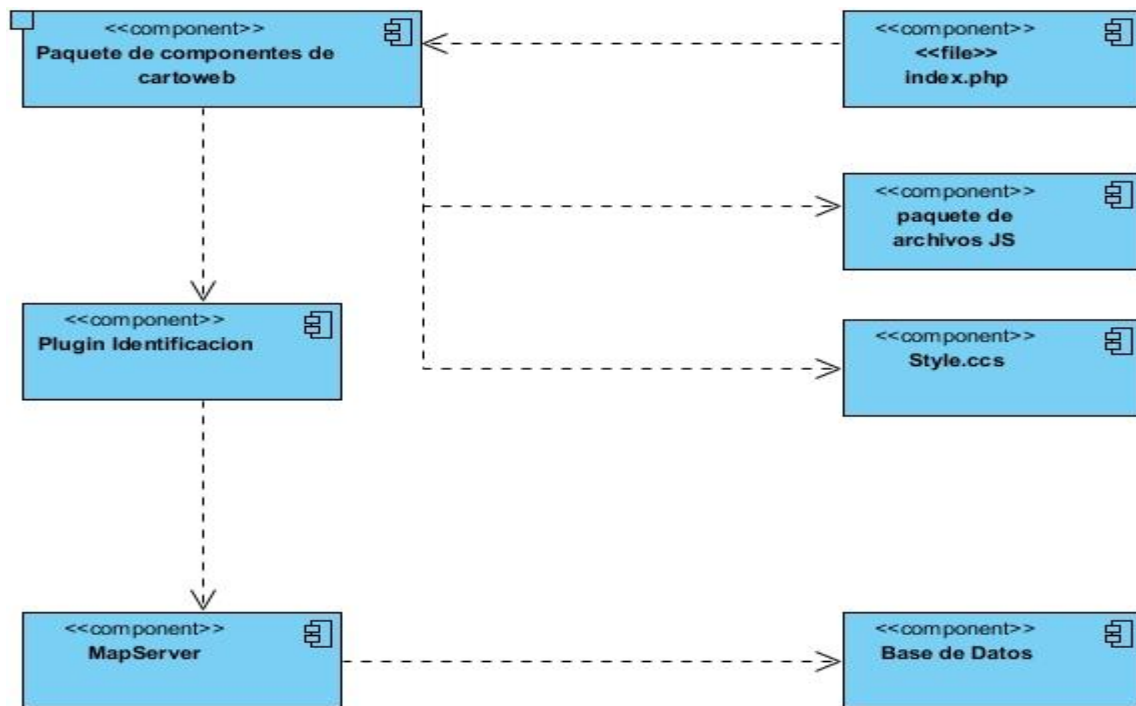


Figura 24: Diagrama de Componentes Realizar Identificación.



ANEXOS

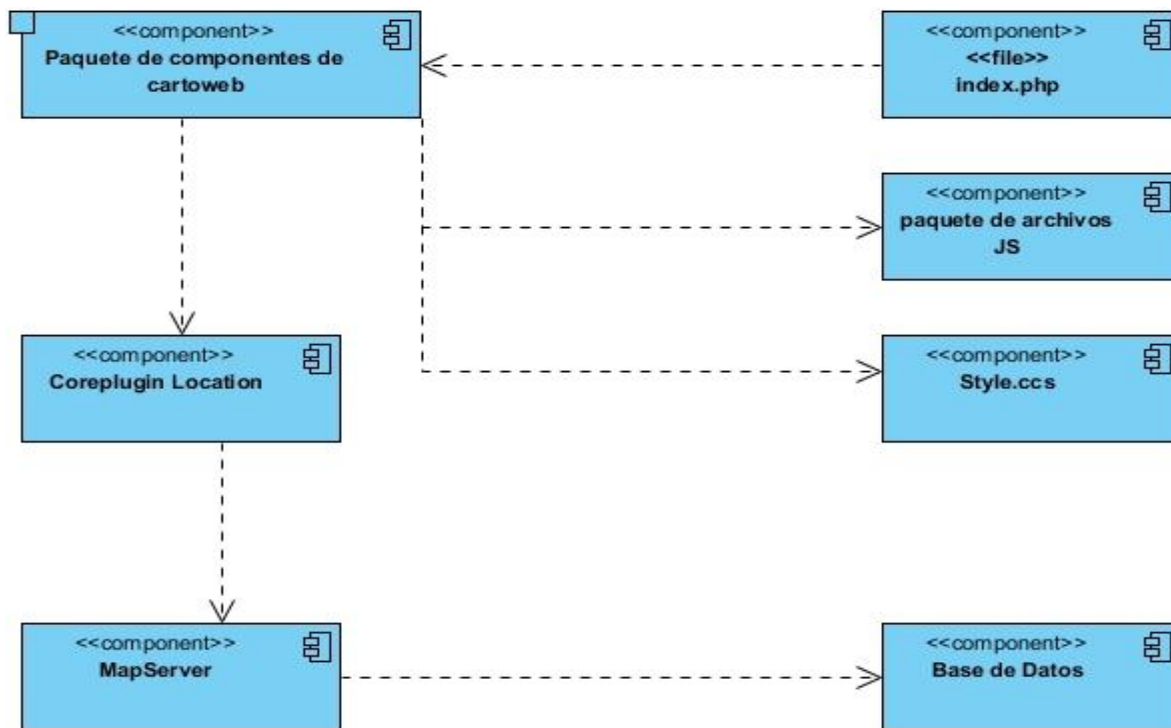


Figura 25: Diagrama de Componentes Realizar Navegación.

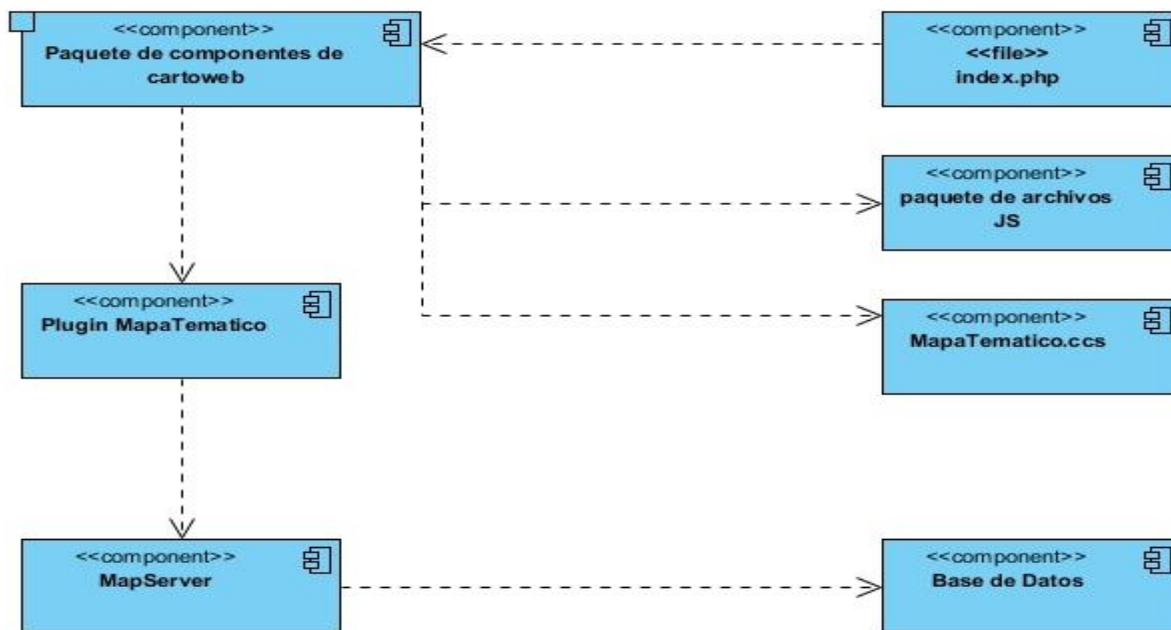


Figura 26: Diagrama de Componentes Tematizar.