

**Universidad de las Ciencias Informáticas**

**Facultad de Ciencias y Tecnologías Computacionales**



**Sistema de Información Geográfica para disminuir el daño por incendios**

**Trabajo de diploma**

**Autor:**

Victor Manuel Bruguera Palacios

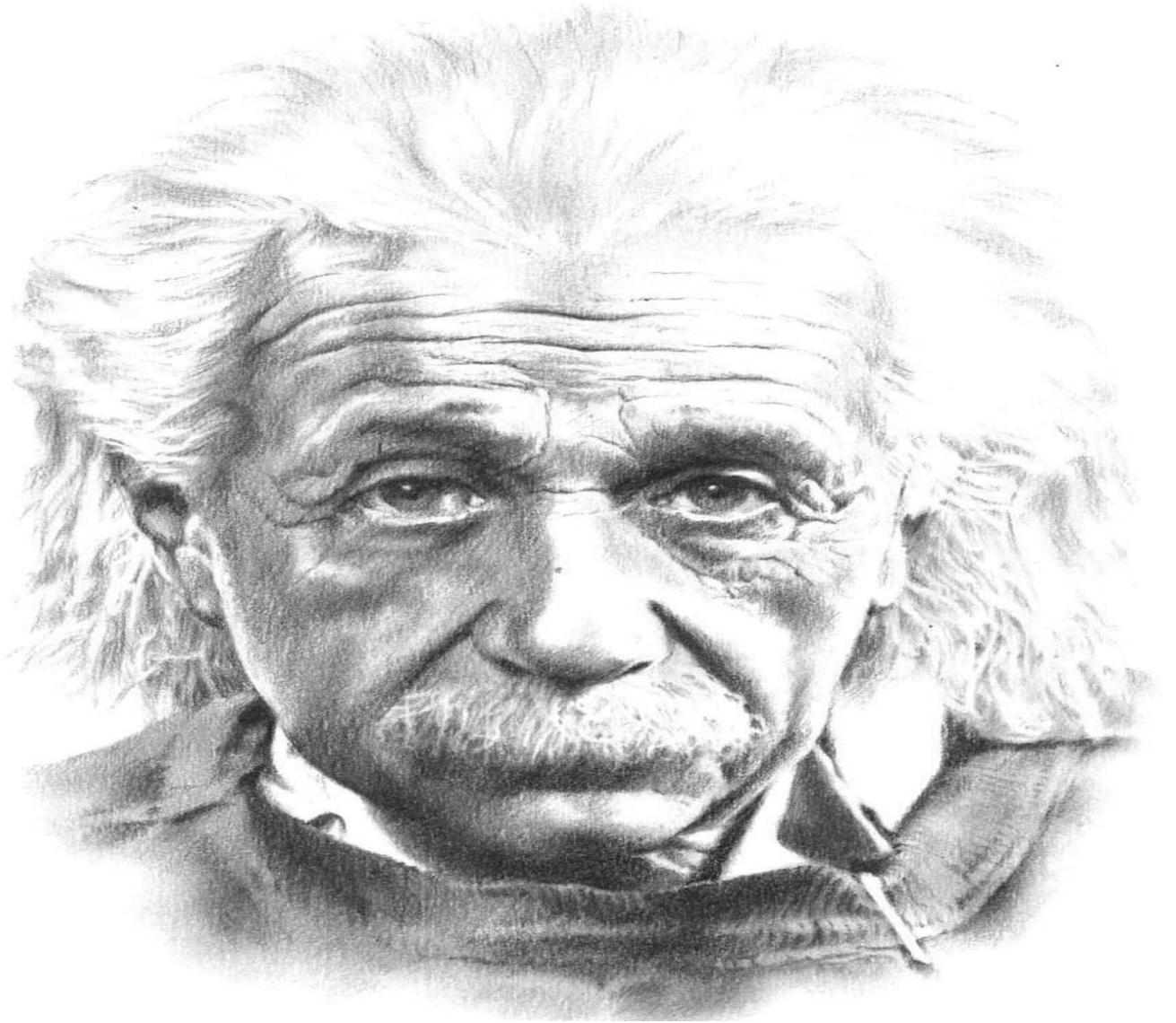
**Tutores:**

Ing. Arletty Silvera Boffill

Ing. Pedro Manuel Salas Leyva

La Habana, junio de 2017

“Año 59 de la Revolución”



*"El verdadero signo de la inteligencia  
no es el conocimiento,  
sino la imaginación"*  
*Albert Einstein*

## **Dedicatoria**

*Dedico esta tesis especialmente a mi hermanita María Alicia Bruguera Palacios, para que este logro le sirva de ejemplo para superarse en la vida.*

*A mis padres y mis abuelos por todo su esfuerzo y apoyo incondicional y estar cuando más los he necesitado. ¡Los quiero mucho!!!!*

*A toda aquella persona que le sea de interés el tema abordado.*

## **Agradecimientos**

*Esta es la primera vez que realizo una investigación formal que representa la hora de dejar atrás una etapa especial en mi vida.*

*A mis padres por ser los mejores del mundo, por estar siempre ahí cuando los he necesitado, por guiarme durante estos 23 años, por cada consejo, cada momento a mi lado, cada sonrisa y cada sacrificio que han hecho por mí.*

*A mis abuelos por darme dos padres inigualables.*

*A mi hermanita por inspirarme a ser mejor cada día para poder darles mi ejemplo.*

*A toda mi familia en general por preocuparse tanto por mis estudios.*

*A mis tutores Arletty y Pedro gracias por su tiempo y dedicación, por contribuir a hacer realidad este sueño, este logro es también de ustedes.*

*No quiero dejar pasar por alto a aquellas personas que durante los 5 años de mi carrera pasaron a formar parte de mi vida, mis amigos: Saydí, Panter, Wiselogia, Duster, Necrosis, Alysse, Match, Sardú, María, Imperator, Karel, Yúnior, Raimel y al resto de mis compañeros de aulas. A todos muchas gracias.*

## Declaración de Autoría

Declaro por este medio que yo, Victor Manuel Bruguera Palacios soy el autor de este trabajo y 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 a los \_\_\_\_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ del año \_\_\_\_\_.

---

Victor Manuel Bruguera Palacios

**Autor**

---

Ing. Pedro Manuel Salas Leyva

**Tutor**

---

Ing. Arletty Silvera Boffill

**Tutor**

## **Datos de Contactos**

### **Síntesis del tutor**

Ing. Arletty Silvera Boffil.

Graduada en la Universidad de las Ciencias Informáticas (año 2014).

Email: [asilvera@uci.cu](mailto:asilvera@uci.cu)

### **Síntesis del co-tutor**

Ing. Pedro Manuel Salas Leyva

Graduado en la Universidad de las Ciencias Informáticas (año 2014).

Email: [pmsalas@uci.cu](mailto:pmsalas@uci.cu)

### **Síntesis de autor**

Victor Manuel Bruguera Palacios.

Email: [vmbruguera@estudiantes.uci.cu](mailto:vmbruguera@estudiantes.uci.cu)

## Resumen

La prevención y control de los incendios forestales para el Cuerpo de Guardabosques de Cuba es una tarea de gran importancia. En la actualidad el análisis de la información sobre estos eventos se gestiona de forma manual en todas las estaciones de guardabosques del país, dificultando así la toma eficiente de decisiones. Por tanto, se hace necesario la implementación de un sistema que permita tener la información de manera centralizada, accesible e identificada por zona geográfica.

La presente investigación contempla el uso de un Sistema de Información Geográfica para gestionar los datos de los incendios forestales en Cuba. Su objetivo es representar y manejar esta información, permitiendo de este modo, agilizar el proceso de toma de decisiones, logrando mayor eficiencia y exactitud a la hora de combatir estos desastres naturales.

**Palabras claves:** Incendios forestales, Sistema de Información Geográfica.

## **Abstratc**

The prevention and control of forest fires for the Cuban Ranger Corps is a task of great importance. At present, information about these events is handled manually at all ranger stations in the country, making it difficult to make efficient decisions. Therefore, it is necessary to implement a system that allows the information to be centralized, accessible and identified by geographical area.

The present research contemplates the use of a Geographic Information System to manage data on forest fires in Cuba. Its objective is to represent and manage this information, allowing in this way to streamline the decision-making process, achieving greater efficiency and accuracy in the fight against these natural disasters.

**Key words:** Forest fires, Geographic Information System.

# Índice de Contenido

<b>Introducción</b> .....	1
<b>Capítulo 1: Diseño teórico metodológico de la investigación</b> .....	5
1.1- Introducción.....	5
1.2-Conceptos asociados al dominio del problema.....	5
1.3- Caracterización del objeto de estudio.....	7
1.3.1- Sistema de Información Geográfica (SIG).....	7
1.3.2- Componentes Fundamentales de los SIG.....	8
1.4- Modelización matemática de incendios forestales.....	9
1.4.1-Análisis y selección del modelo a utilizar. ....	10
1.5- Análisis de soluciones existentes .....	14
1.6- Conclusiones parciales.....	16
<b>Capítulo 2: Herramientas y tecnologías a utilizar</b> .....	17
2.1-Introducción.....	17
2.2- Metodología .....	17
2.4- Herramienta CASE. Visual Paradigm for UML 8.0.....	19
2.5- MapServer 6.4 como servidor de mapas .....	19
2.6- PostgreSQL 9.3 como Sistema Gestor de Bases de Datos a utilizar .....	20
2.7- PGAdmin III para el manejo de PostgreSQL .....	20
2.9- Como Servidor de aplicaciones Apache 2.4.7 .....	22
2.10- Lenguaje de programación del lado del servidor PHP5 .....	22
2.11- Lenguaje de programación del lado del cliente JavaScript .....	23
2.12- ExtJS3.0 para JavaScript .....	23
2.13- Como Entorno de Desarrollo Integrado (IDE).....	24

<b>2.14- Conclusiones parciales</b> .....	24
<b>Capítulo 3: Análisis de la solución propuesta</b> .....	25
3.1- Introducción.....	25
3.2- Requisitos .....	25
3.2.2- Requisitos funcionales.....	25
3.2.3- Requisitos no funcionales.....	31
3.3- Conclusiones parciales.....	33
<b>Capítulo 4: Implementación y diseño de las pruebas</b> .....	34
4.1-Introducción.....	34
4.2-Arquitectura del Sistema .....	34
4.2.1-Patrones arquitectónicos.....	34
4.3-Modelo del Diseño.....	36
4.3.1-Diagrama de Clases del Diseño.....	37
4.4Modelo de Datos .....	39
4.4.1-Modelo entidad-relación.....	40
4.5- Modelo de Implementación .....	41
4.5.1-Diagrama de componentes.....	41
4.6-Modelo de Despliegue.....	42
4.7-Proceso de Pruebas de la solución propuesta.....	43
4.7.1-Casos de pruebas .....	44
4.7.2-Resultado de las pruebas .....	47
4.8-Conclusiones Parciales .....	49
<b>Conclusiones Generales</b> .....	50
<b>Recomendaciones</b> .....	51
<b>Bibliografía</b> .....	52

<b>Anexo 1: Interfaces de usuario.....</b>	<b>56</b>
<b>Anexo 2: Entrevista realizada.....</b>	<b>59</b>

## Índice de Figuras y Tablas

Tabla # 1 Características de los usuarios finales .....	32
Tabla # 2 Descripción de las variables de entrada .....	45
Tabla # 3 Matriz de datos.....	46
Tabla # 4 No conformidades encontradas y respuestas dadas .....	48
Fig # 1: Sistema considerado por Fons (López, 2004) .....	10
Fig # 2: Sistema considerado por Pagni y Peterson (López, 2004) .....	11
Fig # 3: Ecuación considerada por Rothermel (López, 2004) .....	13
Fig # 4: Diagrama de Clases del Diseño Gestionar Incendio .....	37
Fig # 5: Modelo de entidad-relación .....	40
Fig # 6: Diagrama de Componentes Gestionar Incendio .....	41
Fig # 7: Diagrama de despliegue .....	42
Fig# 8: Resultados obtenidos de la prueba de caja negra.....	47
Fig# 9: Interfaz del RF10. Insertar incendio.....	56
Fig# 10: Interfaz del RF11. Modificar incendio. ....	57
Fig# 11: Interfaz del RF12. Eliminar incendio.....	58

## INTRODUCCIÓN

### Introducción

El desarrollo tecnológico alcanzado en las últimas décadas ha posibilitado el surgimiento de varios sistemas informáticos cuyo objetivo fundamental es contribuir a mejorar la vida del hombre. Un ejemplo de esto lo constituyen los Sistemas de Información Geográfica (SIG) los cuales son ampliamente utilizados a nivel mundial. La popularidad de los SIG viene dada por el sinnúmero de aplicaciones y ventajas que ofrecen, los cuales han extendido su uso a casi todas las esferas de la vida cotidiana.

Según la (Confederación de Empresarios de Andalucía, 2010) los SIG” *son software específicos que permiten a los usuarios crear consultas interactivas, integrar, analizar y representar de una forma eficiente cualquier tipo de información geográfica referenciada asociada a un territorio, conectando mapas con bases de datos*”.

La Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), tiene como principal misión formar profesionales comprometidos con su patria, altamente calificados en la rama de la informática y servir de soporte a la industria cubana de la informática. La misma cuenta con el Centro de Geo-informática y Señales Digitales (GEYSED), integrado por 2 líneas de desarrollo fundamentales, la gestión de la geoinformación y el procesamiento de señales digitales. En este centro se han desarrollado exitosamente varios SIG con un alto valor económico y social.

Debido a las características geográficas de Cuba y a su ubicación en el trópico la isla está cubierta en gran parte por bosques los cuales constituyen una riqueza de la biodiversidad de la flora cubana contando con varias especies endémicas evidenciando un alto valor ecológico. De igual modo muchas de las maderas existentes tienen un alto valor económico siendo utilizadas desde la confección de diversos artículos hasta la producción de carbón. Producto de la intensa sequía que azota al país y en muchos de los casos por irresponsabilidades humanas la integridad de estos bosques se ve comprometida por el efecto de incendios forestales.

Para mitigar estos efectos devastadores en la flora cubana la dirección del país crea en el año 1959 el Departamento de Control del Fuego del Cuerpo de Guardabosques. Este departamento es el responsable de los planes y toma de decisiones respecto a la prevención y control de los incendios. Reunir información

## INTRODUCCIÓN

sobre estos desastres es una de las principales tareas que realiza el Cuerpo de Guardabosques, por lo cual ha desarrollado una infraestructura para obtener datos de campo que abarca todo el país.

Consiste en un grupo de dependencias a niveles regionales y locales. El nivel nacional elabora las directivas que orientan el trabajo al regional, el cual tiene cierta autonomía para tomar decisiones durante el enfrentamiento al incendio y respecto a las labores de vigilancia. El nivel local tiene funciones operativas, como la detección del fuego y recogida de datos de campo.

El Cuerpo de Guardabosques de Cuba se guía por una metodología en la cual clasifica los incendios detectados de acuerdo a la causa de origen, las afectaciones que produce y la respuesta para controlarlo. Hoy día este proceso se desarrolla de forma manual o parcialmente asistido, lo que ocasiona menor precisión y rapidez en la estimación de la posición del evento y los posibles daños, limitando con ello la posibilidad de disminuir el efecto negativo sobre la población, los recursos naturales y económicos.

Luego del análisis de la situación existente se identifica el siguiente **problema a resolver** ¿Cómo contribuir al proceso de toma de decisiones, en la reducción de daños por incendios forestales en Cuba? Para dar solución al problema anteriormente planteado se propone como **objetivo general** desarrollar un Sistema de Información Geográfica, que contribuya al proceso de toma de decisiones en la reducción de daños por incendios forestales en Cuba. Identificándose como **objeto de estudio** los Sistemas de Información Geográfica para el manejo y análisis de información referente a incendios forestales en Cuba, enmarcada en el **campo de acción** desarrollo de Sistemas de Información Geográfica para el manejo y análisis de información referente incendios forestales en Cuba.

Para facilitar la solución del problema a resolver se generan las siguientes **preguntas de la investigación**:

- ¿Qué metodología, herramientas y tecnologías utilizar para llevar a cabo la implementación del Sistema de Información Geográfica para disminuir el daño por incendios forestales en Cuba?
- ¿Qué características debe cumplir el Sistema de Información Geográfica para disminuir el daño por incendios forestales en Cuba para que cumpla con las necesidades de los clientes?
- ¿Cómo desarrollar el Sistema de Información Geográfica para disminuir el daño por incendios forestales en Cuba de manera que contribuya al proceso de toma de decisiones en el Cuerpo de Guardabosques de Cuba?

## INTRODUCCIÓN

- ¿Cómo probar el Sistema de Información Geográfica para disminuir el daño por incendios forestales en Cuba con el fin de garantizar el correcto funcionamiento del mismo?

Para dar cumplimiento al objetivo general se proponen las siguientes **tareas investigativas**:

- Analizar los métodos de reducción de daños por incendios forestales.
- Evaluar las soluciones existentes que contribuyen al problema de la investigación en alguna medida.
- Estudio, definición y análisis de la metodología y herramientas a utilizar para guiar el desarrollo del Sistema de Información Geográfica.
- Identificar las principales funcionalidades con las que contará el módulo a desarrollar.
- Modelar la solución propuesta a partir de la metodología y herramientas definidas.
- Implementar la solución propuesta.
- Realizar pruebas a la solución propuesta.

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

- Un sistema para la representación geográfica de incendios que apoye la toma de decisiones.
- La documentación asociada al proceso de desarrollo del sistema.

Para el desarrollo de la investigación se emplearon varios métodos científicos que permiten obtener una idea más detallada del resultado a obtener:

- **Histórico-Lógico:** Estudia la trayectoria real de los fenómenos y acontecimientos en el transcurso de su historia. Además 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.
- **Analítico-Sintético:** El análisis 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.

## INTRODUCCIÓN

Composición de la investigación:

**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. Además se valoran 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 aplican las pruebas del sistema. Se define el diagrama de despliegue e implementación y finalmente se diseñan.

## CAPÍTULO 1

# Capítulo 1: Diseño teórico metodológico de la investigación

## 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 formalizan un conjunto de definiciones estrechamente relacionadas con el objeto de estudio y la problemática tratada en la investigación: los incendios forestales. 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

### **Incendio**

Incendio (del latín incendĭum) es el fuego de grandes proporciones que destruye aquello que no está destinado a quemarse. El surgimiento de un incendio implica que la ocurrencia de fuego fuera de control, con riesgo para los seres vivos, las viviendas y cualquier estructura. (Merino, 2014)

Fuego grande que destruye lo que no debería quemarse. (RAE)

Un incendio es la manifestación de un fuego incontrolado que abrasa superficies o materiales combustibles no destinados a quemarse.

### **Incendio forestal**

Se llama incendio forestal al fuego que afecta la vegetación en bosques, selvas o aéreas preferentemente forestales, ya sea por causas naturales o inducidas, con una ocurrencia y propagación no controlada o programada. (naturales., 2011)

El incendio forestal es el fuego que se extiende sin control y afecta a la vegetación que no estaba destinada a arder. Para que un fuego pueda considerarse incendio, es esencial la falta de control. Por eso, siempre que estén permitidos y controlados, no se consideran incendios. (Guadalajara, 2015)

Un incendio forestal es un fuego que, cualquiera sea su origen y con peligro o daño a las personas, la propiedad o el ambiente, se propaga sin control en terrenos rurales, a través de vegetación leñosa, arbustiva o herbácea, viva o muerta. Es decir, es el fuego que quema árboles, matorrales y pastos. Es un fuego

## CAPÍTULO 1

injustificado y descontrolado en el cual los combustibles son materiales vegetales y que, en su propagación puede destruir ganado, viviendas, como también vidas humanas. (CONAF, 2011)

Se define como incendio forestal a la ocurrencia de fuego no controlado que destruye o afecta zonas forestales que no están destinadas a quemarse.

### **Información Geográfica**

Se considera 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 y procesada. (Rodríguez Parra,2012).

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. (Yagüez, 2012)

El término información geográfica se refiere a cualquier información que pueda ser geográficamente referenciada, es la que describe un sitio específico o está asociada al mismo. La información geográfica es un tipo de información que contiene una ubicación espacial (latitud, longitud, altitud).

### **Guardabosque**

Persona que tiene a su cargo guardar los bosques. (RAE)

Se define como guardabosque a la persona que se orienta hacia la vigilancia y protección de los recursos naturales en general, contribuyendo a evitar la pérdida o extinción de cualquier especie animal o vegetal.

### **Bases de Datos Espaciales**

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 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

## CAPÍTULO 1

semántica del contexto y establecer ciertas jerarquías de elementos a través de sus relaciones (Gutierrez 2006).

La Lic. Rosa María Mato García señala como una base de datos al conjunto de datos interrelacionados entre sí, almacenados con carácter más o menos permanente en la computadora. Puede considerarse una colección de datos variables en el tiempo (García 2009).

### **Mapa**

Un mapa es una representación geográfica de la Tierra o parte de ella en una superficie que puede ser un plano o no a causa de la curvatura.

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 (RAE)

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. (Parra y Fernández 2012)

Los mapas son medios de comunicación visual que constituyen un lenguaje con un objetivo particular: la descripción de relaciones espaciales.

## **1.3- Caracterización del objeto de estudio**

### **1.3.1- Sistema de Información Geográfica (SIG)**

En la actualidad, el uso de los Sistemas de Información Geográfica se encuentra ampliamente diversificado, permitiendo que se aprovechen sus ventajas en muchas áreas de la ciencia, la tecnología y la sociedad. Debido a ello existen diversas definiciones formales, a continuación, se presentan algunas de ellas:

Un Sistema de Información Geográfica (SIG, en su acrónimo inglés [Geographic Information System]) es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñada para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y de gestión. (Laboratorio Unidad Pacífico Sur (CIESAS), 2016). Se desea señalar que el criterio anterior no toma en cuenta a uno de los principales componentes de los SIG, el cual es el hombre, ya que es el mismo el que desarrolla los Sistemas de Información Geográfica y los utiliza para su beneficio.

## CAPÍTULO 1

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son al mismo tiempo una herramienta tecnológica y una síntesis conceptual producto de varias décadas de desarrollo teórico en cuanto a la forma de mirar, pensar y construir conocimiento acerca de la realidad socio-espacial. En el ámbito de la Geografía como ciencia están produciendo, al mismo tiempo, una revolución teórica y una revolución intelectual. (Buzai, 2013)

Las definiciones generalmente se refieren a un sistema de hardware, software y personas que soportan la captura, administración, análisis y visualización de datos espaciales. (GIS Commons, 2011)

En resumen, un SIG es una herramienta tecnológica que permite a los usuarios satisfacer diversas necesidades de ubicación y análisis a partir de datos referenciados geográficamente. Permiten gestionar grandes volúmenes de información ayudando a la formación de elementos para facilitar la toma de decisiones. Debido a ello, se puede afirmar que estos sistemas ofrecen amplias ventajas que pueden ser aprovechadas por diversos sectores de la sociedad.

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 siendo uno de los pocos países del tercer mundo en la región que ha logrado desarrollar SIG propios, implementados y puestos en marcha por especialistas cubanos.(CELADA, 2006)

### **1.3.2- Componentes Fundamentales de los SIG**

Los SIG poseen cuatro componentes fundamentales: Información georeferenciada, el equipo informático, el software y los atributos descriptivos.

**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)

**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.

## CAPÍTULO 1

**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.

**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.

### 1.4- Modelización matemática de incendios forestales

Los modelos matemáticos de incendios forestales son, genéricamente, un conjunto más o menos amplio de ecuaciones, planteadas a partir de balances teóricos o de observaciones experimentales, o por ambos medios, cuya solución proporciona la evolución temporal y/o espacial de una o diversas variables, como por ejemplo, la velocidad de propagación, la intensidad lineal del frente o el consumo de combustible, a fin de determinar el comportamiento físico de un incendio determinado. (Chávez, 2012)

De acuerdo con esta definición, se propone una clasificación genérica que engloba y permite ubicar cualquier tipología de modelo matemático que se refiera a incendios forestales:

#### Según la naturaleza de las ecuaciones

**Modelos teóricos:** Generados a partir de las leyes que gobiernan la mecánica de fluidos y la transferencia de calor.

**Modelos empíricos:** Creados a partir de ecuaciones extraídas de la experimentación o del estudio de incendios históricos.

**Modelos semiempíricos:** Generados a partir de las leyes físicas y completados con datos experimentales.

#### Según las variables de estudio

**Modelo de geometría de las llamas:** Se formulan ecuaciones para determinar la altura, anchura, longitud, ángulo de inclinación y tiempo de residencia.

**Modelo de propagación de incendio:** Proporcionan mecanismos para la obtención de las principales variables que determinan el avance del frente del incendio. La mayoría de los modelos tratan las más importantes, como la velocidad de propagación, el calor desprendido en el frente y el consumo de combustible.

## CAPÍTULO 1

**Modelo de predicción meteorológica de inicio y comportamiento de los incendios forestales:** A partir de datos meteorológicos y paisajísticos, evalúan la posibilidad de ocurrencia de incendio y su peligrosidad en un territorio determinado.

### **1.4.1-Análisis y selección del modelo a utilizar.**

En general, los modelos predicen la velocidad de propagación del incendio considerando la transferencia de calor hacia el combustible vegetal. A continuación se analizarán tres modelos matemáticos creados por diversos autores y se explicará su selección o no para utilizarlos en la presente propuesta de solución.

#### **Modelo de Fons**

Fons consideró al lecho de combustible como un sistema compuesto por pequeñas barras verticales, espaciadas regularmente por una distancia  $S$ . Cuando la barra  $(n-1)$  se incendia, su temperatura es la temperatura de ignición y la temperatura de la barra adyacente  $(n)$  se encuentra en un valor intermedio entre la temperatura ambiente y la temperatura de ignición. Se considera que la barra  $(n)$  está en contacto con las llamas de la barra  $(n-1)$ , de manera que la transferencia de calor por conducción, convección y radiación son las responsables de que la barra  $(n)$  llegue a la temperatura de ignición. (López, 2004)

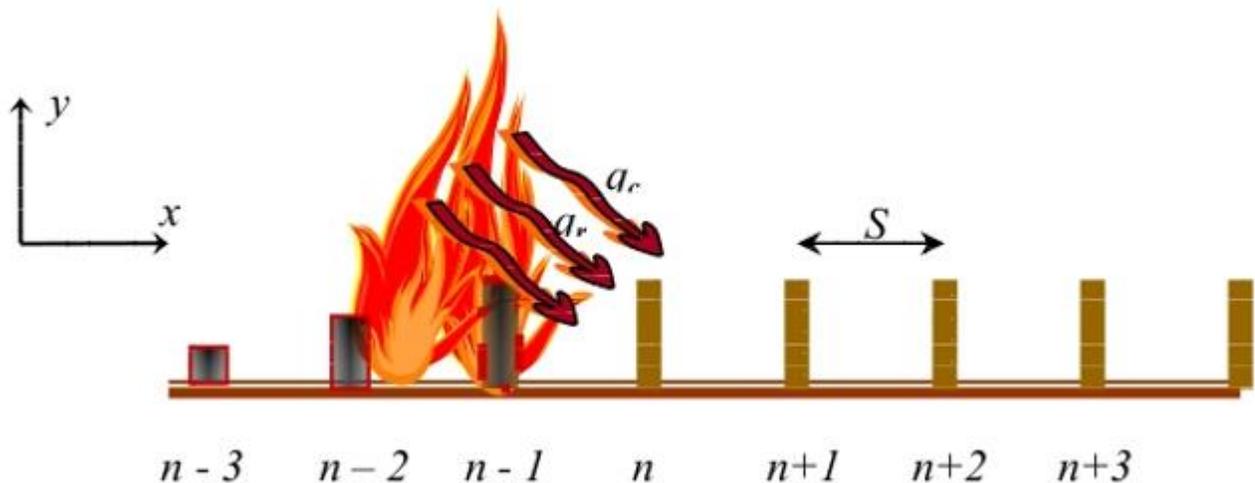


Fig # 1: Sistema considerado por Fons (López, 2004)

En este modelo propuesto por Fons, no se toman en cuenta el efecto del viento y ni el de la pendiente. Esta es la razón por la que no se decide aplicar dicho modelo en esta propuesta de solución.

#### **Modelo de Pagni y Peterson**

**CAPÍTULO 1**

Este modelo considera que para que la propagación del incendio permanezca se requiere de un flujo constante de energía, que primeramente se empleará para aumentar la temperatura del combustible ( $q_s$ ), posteriormente para evaporar el contenido de agua de las partículas ( $q_v$ ), y finalmente para la quema del combustible. (López, 2004)

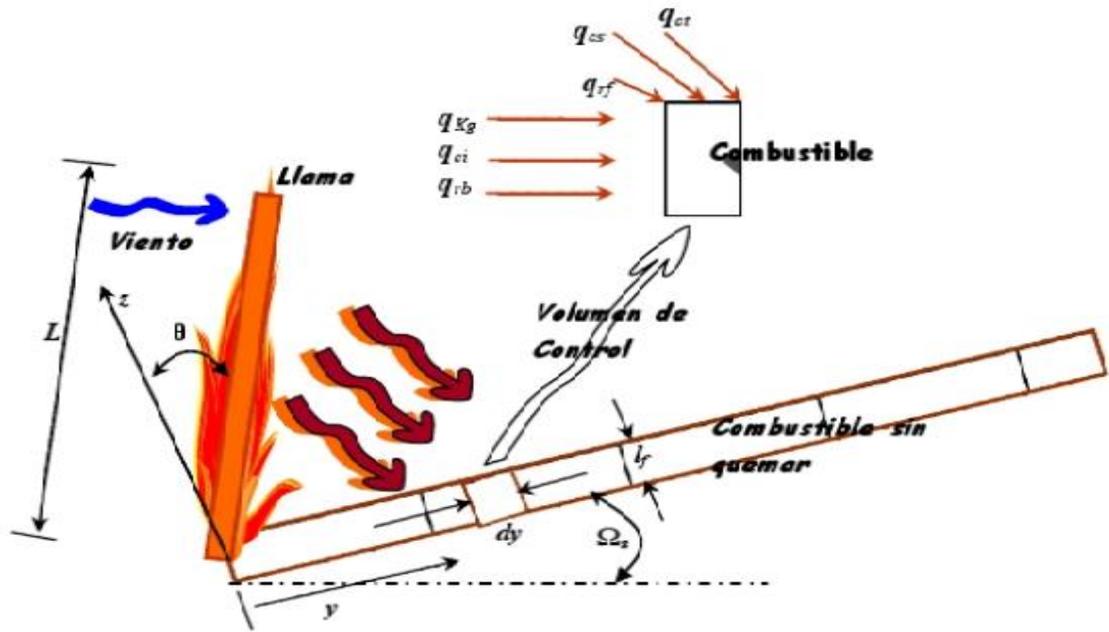


Fig # 2: Sistema considerado por Pagni y Peterson (López, 2004)

Aplicando la ley de conservación de la energía, lo anterior se puede representar mediante la siguiente expresión:

$$q_s + q_v + q_p = q_r + q_{rb} + q_{cs} + q_{ci} + q_{ct} + q_{cq}$$

Donde:

$q_s$ : Energía sensible.

$q_v$ : Energía de evaporación.

## CAPÍTULO 1

**qp:** Pirólisis<sup>1</sup>.

**qrf:** Radiación de la llama.

**qrb:** Radiación de las brasas.

**qcs:** Convección en la superficie.

**qci:** Convección en el interior.

**qct:** Difusión turbulenta.

**qkg:** Conducción en la fase gas.

El modelo propuesto por Pagni y Peterson funciona solamente para analizar un incendio en estado estable, donde no se toma en cuenta la pérdida de energía térmica por radiación, convección ni conducción.

Debido a que es prácticamente imposible que no ocurra pérdida de energía en la ocurrencia de un incendio forestal, se decide no utilizar este modelo.

### **Modelo propuesto por Rothermel:**

El modelo de Rothermel ha sido empleado en muchos países y en algunos sistemas de simulación de incendios forestales como el Visual-Cardin. Es un modelo semifísico, que aplica los principios de la conservación de energía a un volumen de control en el frente del incendio, así logra predecir la velocidad de propagación en un lecho de combustible mediante una expresión. Es una relación entre el calor recibido por el combustible con respecto al calor necesario para llevar este combustible a la temperatura de ignición. (López, 2004)

Rothermel determina la expresión mediante el empleo de una ecuación obtenida a partir de datos experimentales:

---

<sup>1</sup> Descomposición química de materia orgánica y todo tipo de materiales, excepto metales y vidrios, causada por el calentamiento a altas temperaturas.

**CAPÍTULO 1**

$$R = \frac{I_R \xi (1 + \phi_w + \phi_s)}{\rho_b \zeta Q_{ig}}$$

Fig # 3: Ecuación considerada por Rothermel (López, 2004)

**R:** Velocidad de propagación del frente.

**I<sub>r</sub>:** Intensidad de reacción.

**ξ:** Proporción de la intensidad de reacción que calienta a las partículas adyacentes de combustible hasta la ignición.

**φ<sub>w</sub>:** Efecto del viento en la propagación del frente.

**φ<sub>s</sub>:** Efecto de la pendiente.

**ρ:** Densidad del combustible.

**ζ:** Número de calentamiento efectivo.

**Q<sub>i</sub>:** Calor de preignición.

A pesar de que cuando el modelo se prueba en terreno llano y con combustible homogéneo, aparecen situaciones en las que la velocidad de frente de incendio es mayor que la velocidad del viento, el modelo propuesto por Rothermel es completo, no son necesarios datos posteriores al incendio y provee soluciones analíticas. La conjunción de estas características, junto con un rango de resultados bastantes precisos, son elementos esenciales para una operatividad sencilla y eficaz, razón que explica la buena aceptación que el modelo ha tenido.

En la esta propuesta de solución se elige el modelo propuesto por Rothermel ya que este nos permite calcular la velocidad a la que se mueve el frente del incendio forestal bajo determinadas características introducidas por el usuario. Con este parámetro podemos saber a la distancia que se encuentra el frente del incendio en un tiempo dado por la fórmula física  $d = v * t$  donde:

d = distancia (m).

## CAPÍTULO 1

v = velocidad (m/min).

t = tiempo (min).

Esta distancia se calcula para ocho de los puntos cardinales (Norte, Sur, Este, Oeste, Noreste, Sureste, Noroeste, Suroeste). Partiendo del centro del incendio introducido anteriormente y la distancia que este ha recorrido en cada una de las direcciones, es posible saber los puntos de coordenadas en los que se encuentra el frente del incendio en el tiempo dado y mediante la creación de un polígono que une estos puntos se puede visualizar una estimación del área afectada por el incendio.

### **1.5- Análisis de soluciones existentes**

#### **SIG para localización y análisis de incendios forestales en la provincia de Pinar del Río(Fénix).**

El SIG de referencia fue desarrollado en el año 2005 por el Msc.Duniesky Pérez Costa y profesores del Instituto Politécnico de Informática "Tania la Guerrillera". 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 incendios forestales en la provincia de Pinar del Río.

Con la implementación del SIG se obtienen mapas temáticos de dicha provincia, predictivos del comportamiento del medio ambiente, construidos ante la ocurrencia de incendios, 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, así como una base de datos de incendios ocurridos en Pinar del Río.

Este sistema, aun cuando incide directamente en el problema de la investigación, no se considera una solución factible debido a:

- Está enmarcado solamente en la provincia de Pinar del Río.
- Solamente se pueden hacer consultas para obtener información referente a diferentes datos de incendios forestales.
- No permite representar en el mapa las áreas afectadas por un incendio.

#### **Visual-Cardin**

## CAPÍTULO 1

El simulador de incendios CARDIN (Martínez-Millán et al. 1991) basado en la formulación de Rothermel (1972) del comportamiento del fuego de superficie, ha evolucionado recientemente hacia el formato Visual-Cardin, programado en C++, lo que constituye la tercera generación de dicho simulador. Presenta un entorno más fácil de usar y totalmente compatible con el resto de los archivos y capas georreferenciadas existentes y utilizadas con frecuencia por los servicios forestales. Tiene como objetivo principal ser un simulador del comportamiento del fuego que principalmente ofrezca una herramienta de toma de decisiones para el ataque al incendio en un puesto de mando avanzado. No obstante, el desarrollo de la informática y, sobre todo, la proliferación de abundante información cartográfica de la totalidad del territorio nacional, abriría la posibilidad de utilizar Visual-Cardin también como una herramienta preventiva en la fase de planificación de prioridades de defensa.

Con el análisis del sistema Visual-Cardin se estudiaron las diferentes variables relacionadas a la simulación de la propagación de los incendios forestales y la estimación de los recursos que serán necesarios para el combate del fuego.

Este sistema, aun cuando incide directamente en el problema de la investigación, no se considera una solución factible debido a:

- Los mapas que posee y los modelos de combustibles no están enmarcados en el territorio de Cuba ya que el sistema es español.
- No permite representar en un mapa de Cuba las áreas afectadas por un incendio.

Luego analizar las soluciones existentes fue posible un mejor entendimiento de la variables a tener en cuenta en el sistema, así como el modelo matemático seleccionado para la representación del avance del frente del incendio forestal.

## CAPÍTULO 1

### **1.6- Conclusiones parciales**

Con el desarrollo de este capítulo se ha logrado definir de forma clara todos los aspectos teóricos y conceptuales, necesarios para la realización de la investigación propuesta se realizó el análisis y profundización de los conceptos relacionados con el objeto de estudio, lo que permitió conocer el entorno del sistema sobre el cual se trabajará.

Los SIG disponibles en internet, o desarrollados dentro del territorio nacional, que tributan al problema a resolver de esta investigación no presentan soluciones factibles, pero el estudio realizado sobre ellos permitió incluir en la posible solución algunas características (herramientas, almacenamiento de resultados obtenidos, método de modelización de incendios forestales) que se emplean en el desarrollo de estos sistemas.

## 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 y frameworks.

### 2.2- Metodología

Durante la creación de un software es necesario utilizar una metodología que se encarga de guiar el proceso de desarrollo; como todos los procesos no son iguales no existe una única metodología, sino varias que se ajustan a las características de cada producto que se realice.

Existen metodologías ágiles y robustas. Las metodologías robustas pueden ser empleadas para guiar el proceso de desarrollo de proyectos grandes o pequeños, aunque son más apropiadas para proyectos grandes que por su importancia requieren una fuerte planificación. Las metodologías ágiles son apropiadas para guiar proyectos de poco volumen que requieran una rápida implementación. (Ramírez Martín & Rodríguez Donatien, 2009)

Partiendo de lo anterior y teniendo en cuenta que el sistema propuesto es relativamente sencillo en cuanto a su volumen de información, el cliente estará en contacto con el equipo de desarrollo para convenir los detalles de los requisitos y así poder implementarlos, probarlos y validarlos, además, debe realizarse en un período de tiempo corto, en la presente investigación se decidió utilizar una metodología ágil, dentro de ellas la llamada AUP-UCI en su escenario número 4 Historias de usuario (HU).

La metodología AUP-UCI es una versión de la metodología AUP adaptada al ciclo de vida de la UCI, con los fines de estandarizar el proceso de desarrollo de software, hablar un lenguaje común en cuanto a fases, disciplinas, roles y productos de trabajos. AUP-UCI consta de tres fases (Inicio, Ejecución y Cierre), siete disciplinas (Modelado del negocio, Requisitos, Análisis y diseño, Implementación, Pruebas internas, Liberación y Aceptación), once roles (Jefe de proyecto, Planificador, Analista, Arquitecto de información, Desarrollador, Administrador de la configuración, Stakeholder, Administrador de calidad, Probador, Arquitecto de software y Administrador de base de datos) y tres productos de trabajo (Historia de usuario, Descripción de requisitos del proceso y Casos de uso del sistema). (Sánchez, 2014)

## CAPÍTULO 2

Descripción de las fases de AUP-UCI:

- **Inicio:** Durante el inicio del proyecto se llevan a cabo las actividades relacionadas con la planeación del proyecto. En esta fase se realiza un estudio inicial que permite obtener información fundamental acerca del alcance del proyecto, realizar estimaciones de tiempo, esfuerzo y costo y decidir si se ejecuta o no el proyecto.
- **Ejecución:** En esta fase se ejecutan las actividades requeridas para desarrollar el software, incluyendo el ajuste de los planes del proyecto considerando los requisitos y la arquitectura. Durante el desarrollo se modela el negocio, obtienen los requisitos, se elaboran la arquitectura y el diseño, se implementa y se libera el producto.
- **Cierre:** En esta fase se analizan tanto los resultados del proyecto como su ejecución y se realizan las actividades formales de cierre del proyecto.

### 2.3- Lenguaje de Modelado UML 2.0

UML es un lenguaje que permite modelar lo que el software deberá hacer; posibilitando un mayor entendimiento y comprensión del sistema por parte del equipo de desarrollo. Sus objetivos son varios, pero se pueden resumir en sus funciones (Orallo, 2003):

- **Visualizar:** Posibilita expresar de una forma gráfica un sistema, de manera que pueda ser entendido fácilmente.
- **Especificar:** UML permite especificar cuáles son las características de un sistema antes de su construcción.
- **Construir:** A partir de los modelos especificados se pueden construir los sistemas diseñados.
- **Documentar:** Los propios elementos gráficos sirven como documentación del sistema desarrollado, los que pueden ser empleados en su futura revisión.

Es necesario el uso de este lenguaje de modelado para el prototipo funcional del SIG que se desea desarrollar. Porque es de fácil entendimiento para todo tipo de roles. Además, dicho lenguaje genera la documentación de todo el ciclo de desarrollo, facilitando el mantenimiento, actualización y reutilización.

Para visualizar, especificar, construir y documentar los artefactos que posibilitaron la realización del módulo se empleó este lenguaje de modelado utilizando la herramienta Visual Paradigm.

## CAPÍTULO 2

### **2.4- Herramienta CASE. Visual Paradigm for UML 8.0**

Las herramientas CASE (Computer Aided Software Engineering, Ingeniería de Software Asistida por Computadora) son diversas aplicaciones informáticas destinadas a aumentar la productividad en el desarrollo de software reduciendo el coste de las mismas en términos de tiempo y de dinero. Mejoran la forma en que ocurre el desarrollo y tienen influencia sobre la calidad del resultado final. Para apoyar el modelado de los diagramas se hará uso de la herramienta CASE Visual Paradigm for UML, la cual soporta hasta la versión 2.1 de UML y permite modelar los procesos del negocio, la base de datos y las clases del sistema de manera visual.

Esta herramienta agrupa los diagramas por categorías, permitiendo al usuario una rápida localización de la información y configuración de los estilos y formatos de los diagramas incorporando imágenes y estereotipos y permite la exportación de los diagramas en formato de imagen.

### **2.5- MapServer 6.4 como servidor de mapas**

MapServer es una plataforma de código abierto para la publicación de datos espaciales y aplicaciones cartográficas interactivas en la web. 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 (Common Gateway Interface). 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, soporte de lenguajes de scripting y entornos de desarrollo (PHP, Python, Perl, Ruby, Java, .Net) y dibujos de alta calidad.

Se empleó MapServer por la fortaleza que posee para la graficación de imágenes; además de que el sistema a implementar deberá crearse sobre la plataforma de GeneSIG que utiliza a MapServer como servidor de mapas debido a que soporta scripts desarrollados en php, es rápido y ligero, trabaja datos en formato ráster y vectorial y brinda la posibilidad de establecer una conexión más segura entre los servidores de aplicaciones y la base de datos.

## CAPÍTULO 2

### **2.6- PostgreSQL 9.3 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 (Berkeley Software Distribution) y con su código fuente disponible libremente. 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. 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. (Guerrero, 2013)

Entre sus principales características se encuentra la creación de copias de seguridad mientras se usa la base de datos, lo que permite salvar las operaciones realizadas cuando ocurra un suceso inesperado.

Debido a sus características se selecciona a PostgreSQL en su versión 9.3 como el sistema de gestión de base de datos para el desarrollo de la aplicación.

### **2.7- 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 aplicación puede utilizarse en Linux, FreeBSD, Solaris, Mac OSX y Windows para administrar PostgreSQL 7.3 y superiores. 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.

### **2.8- Plataforma GeneSIG 2.0**

La plataforma GeneSIG es una herramienta que permite realizar representaciones y análisis de información referenciada geográficamente (Caballero, 2010). Posee una estructura basada en *plugins*, lo que la convierte en una plataforma con un alto grado de interoperabilidad debido a que permite agregar o quitar componentes de manera sencilla. De igual modo permite separar los servidores de bases de datos y web en dos estaciones de trabajo diferentes, balanceando la carga del sistema, aumentando su disponibilidad y disminuyendo la posibilidad de fallas. Es un producto desarrollado sobre software libre que permite la personalización de sus funcionalidades a cualquier negocio que lo requiera a través de la reutilización de sus componentes. Presenta también un abanico bastante completo de características propias de un geoportal, con posibilidad de ir añadiendo o desarrollando nuevos *plugins*. Y es precisamente a través de

## CAPÍTULO 2

estos *plugins* agregados de forma convencional, que GeneSIG posee un amplio conjunto de funcionalidades, que actúan como herramientas de la misma plataforma y le brindan la posibilidad de ser altamente modular y escalable (Membrides Espinosa, 2013).

Entre sus principales módulos se encuentran:

**Módulo de Navegación:** Se encarga de gestionar toda la interacción del usuario con la interfaz visual donde se encuentra el mapa y garantiza que este pueda realizar las operaciones de movimiento, acercamiento y alejamiento en sus diferentes variantes.

**Módulo de Selección:** Ofrece la posibilidad de selección de objetos geográficos dentro de las capas seleccionables definidas y realizar operaciones de consulta o persistencia de selección.

**Módulo de Catálogo:** Posibilita la configuración de la representación del mapa en cuanto a estilos y simbología desde una interfaz amigable.

**Módulo de Servicios:** Realiza operaciones relacionadas con la gestión de las capas, como selección y agregado de nuevas capas en diferentes formatos y conexión a servicios de mapas.

**Módulo de Edición:** Realiza operaciones de edición que permiten a los usuarios insertar nuevos objetos geográficos a capas temporales.

**Módulo de Ayuda:** Relaciona opciones de apoyo al usuario para el trabajo con la plataforma.

**Módulo de Consulta Espacial:** Permite consultar espacialmente objetos puntuales o los determinados por un área que defina el usuario, rectangular, circular o poligonal.

**Módulo de Análisis:** Ofrece la posibilidad de realizar análisis espacial sobre el mapa como cálculo de distancias, superficies y localizaciones.

**Módulo de Configuración del Mapa:** Permite la configuración de la aplicación para el manejo de los datos del mapa, unidades de medidas, tipo de coordenadas, proyección, entre otros.

**Módulo de Impresión:** Ofrece la posibilidad de impresión del área que defina el usuario en el formato de papel que corresponda.

## CAPÍTULO 2

Presenta una arquitectura distribuida, empleando como base cartográfica una información certificada por especialistas que laboran en su desarrollo, y sobre ella un conjunto de objetos representados geoespacialmente que contienen información asociada. El sistema se basa en la arquitectura cliente-servidor sobre plataforma Web, donde cada instancia del sistema en el cliente es independiente de la ejecución de otra.

El sistema cuenta con 3 capas lógicas:

- **Interfaz:** En esta capa están implementadas todas las interfaces gráficas con las que interactúa el usuario y las interfaces de interacción con otros sistemas. Estas interfaces se relacionan directamente con los módulos que se encuentran implementados en la capa de negocio.
- **Base de Datos:** En esta capa se encuentran las bases de datos con las que trabaja la plataforma (una para datos cartográficos y otra para la información socio-económica, de configuración y los usuarios).
- **Negocio:** En esta capa están incluidas todas las tareas y funcionalidades que realiza la plataforma e incluye al servidor de mapas MapServer.

La plataforma se emplea en el proyecto donde radica el desarrollador, encontrándose además abundante bibliografía, manuales y personal con vasta experiencia en su uso.

### **2.9- Como Servidor de aplicaciones Apache 2.4.7**

Apache 2.2 es un servidor web multiplataforma de código abierto. Es modular (basado en módulos), donde cada módulo ofrece un grupo de funcionalidades específicas al servidor. Es uno de los servidores web más utilizado en Internet, lo que facilita el acceso a la documentación. Provee un alto nivel de seguridad y eficiencia, permitiendo además el uso de una versión local, la cual hace posible que el servidor actúe como servidor y cliente al mismo tiempo, creando así la posibilidad de pre visualizar y probar el código mientras este es desarrollado (Apache Software Foundation, 1997). A partir de las características mencionadas se decide utilizar Apache versión 2.4.7 como servidor web.

### **2.10- Lenguaje de programación del lado del servidor PHP5**

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

## CAPÍTULO 2

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 . ( PHP GROUP, 2013)

Además de que GeneSIG emplea PHP en el desarrollo de sus componentes y que el SIG a desarrollar deberá crearse sobre esta plataforma, por lo que se elige como el lenguaje para la implementación del lado del servidor.

### **2.11- Lenguaje de programación del lado del cliente JavaScript**

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. 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 orientado a documento, como pueden ser los lenguajes de macros que tienen muchos procesadores de texto y planillas de cálculo.

### **2.12- ExtJS3.0 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 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).

La ventana flotante que provee JS Ext se considera excelente por la forma en la que funciona. Al moverla o redimensionarla solo se dibujan los bordes haciendo que el movimiento sea fluido. Además, brinda los siguientes beneficios:

- **Eficiencia de la red:** El tráfico de red puede disminuir al permitir que la aplicación elija que información desea transmitir al servidor y viceversa, sin embargo, la aplicación que haga uso de la pre-carga de datos puede que revierta este beneficio por el incremento del tráfico.
- **Balance entre Cliente – Servidor:** La carga de procesamiento se distribuye, permitiendo que el servidor, al tener menor carga, pueda manejar más clientes al mismo tiempo.
- **Comunicación asíncrona:** En este tipo de aplicación el motor de render puede comunicarse con el servidor sin necesidad de estar sujeta a un clic o una acción del usuario, dándole la libertad de cargar información sin que el cliente lo note.

## CAPÍTULO 2

### **2.13- Como Entorno de Desarrollo Integrado (IDE)**

#### **NetBeans 7.0.1**

Es un IDE gratuito y de código abierto, permite desarrollar aplicaciones web de forma fácil y rápida. NetBeans Editor combina palabras y soportes, y destaca código fuente sintáctica y semánticamente. También proporciona plantillas de código, consejos de codificación, y las herramientas de refactorización. Soporta varios lenguajes como PHP y JavaScript. (NetBeans, 2013-2014)

Algunas de las ventajas de utilizar este IDE son (NetBeans, 2013-2014):

- Proporciona un gran conjunto de herramientas para PHP
- El código está bien organizado
- Permite profundizar en sus datos de forma rápida y sencilla

### **2.14- Conclusiones parciales**

La selección de las herramientas y tecnologías que satisfagan las necesidades existentes para el desarrollo del SIG es un proceso de vital importancia. Su correcta utilización facilitará y fortalecerá el trabajo, aportando rapidez y eficiencia a lo largo del ciclo de vida del proyecto y garantizando una mayor usabilidad de la aplicación. Además las herramientas seleccionadas impulsan la soberanía tecnológica propuesta por el país y por la universidad.

## CAPÍTULO 3

### Capítulo 3: Análisis de la solución propuesta

#### 3.1- Introducción

En el presente capítulo cuenta con la fase de inicio, compuesta por: requerimientos y sistema. Detallándose los requisitos funcionales y no funcionales de la propuesta de solución.

#### 3.2- 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)

##### 3.2.1- Técnicas de obtención de requisitos

Existen varias técnicas que posibilitan capturar los requisitos de software de forma eficiente y segura, como la entrevista, introspección, cuestionarios, listas de verificación, tormenta de ideas y análisis de la documentación. Para satisfacer las necesidades del cliente se realizó la extracción de los requisitos del software mediante la utilización de la técnica: entrevista, ya que la misma es de gran utilidad para obtener información cualitativa como opiniones, o descripciones subjetivas de actividades. Es una técnica muy utilizada, y requiere una mayor preparación y experiencia por parte del entrevistado. Se puede definir como un intento sistemático de recoger información de otra persona a través de una comunicación interpersonal que se lleva a cabo por medio de una conversación estructurada. La entrevista fue realizada al Jefe Provincial del Cuerpo de Guardabosques de Pinar del Río Marcos Crespo Acebal. Ver Anexo 2.

##### 3.2.2- Requisitos funcionales

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 debe comportar en situaciones específicas. En algunos casos los requisitos funcionales pueden declarar explícitamente lo que el sistema no debe hacer. (Sommerville, 2005)

#### Módulo de navegación

##### RF 1. Acercar región del mapa

### **CAPÍTULO 3**

Esta funcionalidad permite aumentar el tamaño del mapa y aumentar la escala, dejando en el centro del mapa el punto donde el usuario realizó la operación Acercar.

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

Esta funcionalidad permite disminuir determinada región del mapa en caso de que el usuario lo haya aumentado con anterioridad.

#### **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 y el sistema mostrará el mapa en su escala máxima.

#### **RF 4. Visualizar diferentes regiones del mapa**

Con esta funcionalidad 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 5. Modificar mapa de referencia**

Con esta funcionalidad el sistema debe ser capaz de permitirle al usuario señalar determinada región del mapa y recentrar el mapa sobre esa región sin modificar la proporción del mismo.

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

Esta funcionalidad permite mover la vista del mapa haciendo clic en el mapa de referencia en el punto donde el usuario desea recentrar el mapa.

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

Esta funcionalidad permite incluir en los partes una imagen del mapa donde se muestran los datos de los incendios representados.

#### **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

### CAPÍTULO 3

y la distancia del primer al último vértice (distancia acumulada) en un panel lateral, además de poder modificar la unidad de distancia si lo desea el usuario. Para su uso 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)

#### **Módulo de gestión**

##### **RF 10.Adicionar incendio forestal**

Con esta funcionalidad el usuario podrá añadir un nuevo incendio forestal a la base de datos introduciendo los datos respectivos en cada campo del formulario que se le mostrará.

##### **RF 11.Modificar incendio forestal**

Esta funcionalidad le permite al usuario cambiar los datos de un incendio forestal previamente insertado en la base de datos.

##### **RF 12.Eliminar incendio forestal**

Mediante esta funcionalidad el usuario podrá eliminar los datos de un incendio forestal previamente insertado en la base de datos.

##### **RF 13.Listar incendio(s) forestal(es)**

Esta funcionalidad muestra una lista de los incendios forestales.

##### **RF14. Insertar representación**

Esta funcionalidad permite al usuario añadir una nueva representación a la base de datos introduciendo los datos respectivos en cada campo del formulario que se le mostrará.

##### **RF 15.Modificar representación**

### **CAPÍTULO 3**

Esta funcionalidad le permite al usuario cambiar los datos de una representación previamente insertada en la base de datos.

#### **RF 16.Listar representación**

Esta funcionalidad muestra una lista de las representaciones existentes.

#### **RF 17.Eliminar representación**

Con esta funcionalidad el usuario podrá eliminar los datos de una representación previamente insertada en la base de datos.

#### **Módulo de seguridad**

#### **RF 18.Insertar usuario**

Esta funcionalidad permite al usuario añadir un nuevo usuario a la base de datos introduciendo los datos respectivos en cada campo del formulario que se le mostrará.

#### **RF 19.Eliminar usuario**

Con esta funcionalidad el usuario podrá eliminar los datos de otro usuario previamente insertado en la base de datos.

#### **RF 20.Modificar usuario**

Esta funcionalidad le permite al usuario cambiar los datos de un usuario previamente insertado en la base de datos.

#### **RF 21.Listar usuarios**

Esta funcionalidad muestra una lista de los usuarios existentes.

#### **Módulo de visualización**

#### **RF 22.Exportar listado de incendios a pdf.**

Esta funcionalidad permite al usuario exportar a pdf el listado de incendios forestales y sus principales datos para un posterior análisis.

#### **RF 23.Representar la posible área que abarcará un incendio forestal.**

### CAPÍTULO 3

Con esta funcionalidad el usuario podrá observar una representación estimada del área que cubrirá un incendio forestal, una vez que se inserten los datos correspondientes.

#### Especificación de requisitos funcionales

En la variante que se aplica de la metodología se emplean historias de usuarios para describir de una forma clara los requisitos. Estas definen un requisito de manera breve y simple, generalmente son escritas por el propio cliente. A continuación, la especificación de los requisitos: Adicionar incendio forestal, Modificar incendio forestal y Eliminar incendio forestal.

<b>Requisito: RF10</b>		<b>Nombre del requisito:</b> Adicionar incendio forestal	
<b>Programador:</b> Víctor Manuel Bruguera		<b>Iteración Asignada:</b> 1	
<b>Prioridad:</b> Alta		<b>Tiempo Estimado:</b> 3 días	
<b>Riesgo en Desarrollo:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Proceso mal implementado.</li><li>• Débil validación de los datos relacionados al proceso.</li><li>• Planificación de tiempo irreal.</li></ul>		<b>Tiempo Real:</b>	
<b>Descripción:</b> <p>El usuario debe seleccionar el <i>plugin</i> Gestionar incendio, seguido seleccionar la opción Adicionar e introducir en el sistema los siguientes datos en sus campos correspondientes:</p> <p><b>Datos generales</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Hora</li><li>• Denominación</li><li>• Fecha</li><li>• Provincia</li><li>• Municipio</li><li>• Causa (naturales, antropogénicas)</li><li>• Medio de detección (torre, guardabosque, avión, otro)</li><li>• Tipo de incendio (copa, subterráneo, superficial)</li><li>• Descripción</li><li>• Coordenadas</li></ul>			

**CAPÍTULO 3**

**Datos climáticos**

- Humedad relativa
- Temperatura
- Velocidad del viento
- Velocidad máxima del viento (racha máxima)

**Afectaciones**

- Clase de peligrosidad (I, II, III, IV)
- Prioridad (a, m, b)
- Superficie afectada por el fuego (bosque, herbazal, pastos, vegetación, caña y/o frutales)

El sistema debe adicionar en la base de datos un nuevo incendio forestal junto a todos sus datos pertinentes previamente insertados por el usuario y mostrar el cartel "Incendio adicionado satisfactoriamente".

**Observaciones:**

- El sistema inserta satisfactoriamente el incendio con sus datos en la base de datos.

**Interfaz de usuario:** Ver anexos.

<b>Requisito: RF11</b>		<b>Nombre del requisito:</b> Modificar incendio forestal	
<b>Programador:</b> Victor Manuel Bruguera		<b>Iteración Asignada:</b> 1	
<b>Prioridad:</b> Alta		<b>Tiempo Estimado:</b> 3 días	
<b>Riesgo en Desarrollo:</b>		<b>Tiempo Real:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proceso mal implementado.</li> <li>• Débil validación de los datos relacionados al proceso.</li> <li>• Planificación de tiempo irreal.</li> </ul>			
<b>Descripción:</b>			
<p>El usuario debe seleccionar el <i>plugin</i> Gestionar incendio, seguidamente seleccionar el incendio que desea modificar y elegir la opción Modificar. De esta manera el usuario podrá modificar los datos que desee del incendio previamente insertado.</p> <p>El sistema debe ser capaz de modificar en la base de datos los datos del incendio que fueron cambiados por el usuario y mostrar el cartel "Incendio modificado satisfactoriamente".</p>			
<b>Observaciones:</b>			

**CAPÍTULO 3**

- El sistema cambia satisfactoriamente en la base de datos los datos del incendio que se modifican.

**Interfaz de usuario:** Ver anexos.

<b>Requisito: RF12</b>		<b>Nombre del requisito:</b> Eliminar incendio	
<b>Programador:</b> Víctor Manuel Bruguera		<b>Iteración Asignada:</b> 1	
<b>Prioridad:</b> Alta		<b>Tiempo Estimado:</b> 1 días	
<b>Riesgo en Desarrollo:</b>		<b>Tiempo Real:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proceso mal implementado.</li> <li>• Débil validación de los datos relacionados al proceso.</li> <li>• Planificación de tiempo irreal.</li> </ul>			
<b>Descripción:</b>			
El usuario debe seleccionar el <i>plugin</i> Gestionar incendio, después seleccionar el incendio que desea eliminar y hacer clic en la opción Eliminar. El sistema deberá borrar el incendio seleccionado junto con todos sus datos en la base de datos y mostrar el cartel "Incendio eliminado satisfactoriamente".			
<b>Observaciones:</b> El sistema elimina satisfactoriamente los datos del incendio seleccionado.			
<b>Interfaz de usuario:</b> Ver anexos.			

**3.2.3- Requisitos no funcionales**

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

Los requerimientos no funcionales representan características generales y restricciones de la aplicación o sistema que se esté desarrollando. (Oficina de Proyectos de Informática, 2015)

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

**Requisitos de Usabilidad**

Debido a las acciones que se realizarán en la aplicación deberá ser manejada por usuarios con conocimientos básicos en Informática. En la siguiente tabla se describen las características de los usuarios

### CAPÍTULO 3

finales de la aplicación.

Tabla # 1 Características de los usuarios finales

	Sexo	Edad	Nivel de escolaridad	Ocupación	Experiencia profesional	Experiencia con la aplicación informática.	Tipo de discapacidad	Otras
	F/M	Laboral	Preuniversitario	Especialistas	1 año o más	Ninguna	Ninguna	-

#### **Tipo de Aplicación Informática**

La solución constituye una aplicación Web que permitirá la gestión y representación sobre un mapa de los elementos que maneja, así como otras funcionalidades básicas de todo Sistema de Información Geográfica.

#### **Requisitos de Interfaz**

##### **Interfaces de usuario**

El sistema debe:

- Deben tener un diseño sencillo donde no sea necesario mucho entrenamiento para utilizar el sistema.
- El sistema debe mostrar interfaces con íconos intuitivos representando las funcionalidades que se pueden realizar.
- El sistema debe tener un paginado para cada listado de elementos, de forma tal que se pueda mostrar solo una cantidad determinada de elementos por página.

##### **Interfaces de hardware**

Para las PCs cliente:

- Procesador 512 MHz como mínimo.
- 128 MB de memoria RAM como mínimo.

### CAPÍTULO 3

- Una interfaz de red con conexión al servidor.

Para los servidores:

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

#### **Interfaces de software**

Para las PCs clientes:

- Sistema operativo: GNU/Linux (la distribución es irrelevante) y Windows XP o superior.
- Un navegador como Mozilla Firefox 16.0 o superior, Safari 4.0 o superior.

Para los Servidores:

- MapServer 6.4 con extensión PHP mapscript
- PostgreSQL 8.4 o superior como Sistema Gestor de Base de Datos
- PostGIS 2.1 como soporte de datos espaciales
- 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

### **3.3- Conclusiones parciales**

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

## Capítulo 4: Implementación y diseño de las pruebas

### 4.1-Introducción

En este capítulo se detallan los principales patrones de diseño tenidos en cuenta y especificándose artefactos como el diagrama de clases del diseño y el diagrama de componentes. Al finalizar el capítulo se desarrollan los diseños de casos de pruebas necesarios para validar la propuesta.

### 4.2-Arquitectura del Sistema

La arquitectura de software es la estructura de un sistema, compuesta por sus elementos y las relaciones que existen entre ellos, se define también la forma de organización y distribución de sus partes. Los patrones arquitectónicos dan una descripción de los elementos y el tipo de relación que tienen junto con un conjunto de restricciones sobre cómo pueden ser usados, ofreciendo así soluciones a problemas de arquitectura de software. Un patrón arquitectónico expresa un esquema de organización estructural esencial para un sistema de software, que consta de subsistemas, sus responsabilidades e interrelaciones.

La arquitectura es la organización fundamental de un sistema, que incluye sus componentes, las relaciones entre sí y el ambiente, y los principios que gobiernan su diseño y evolución. (ANSI/IEEE).

Muchas de las herramientas tecnológicas siguen determinadas arquitecturas, que son transferidas a los sistemas que se desarrollan haciendo uso de ellas. Tal es el caso de la plataforma GeneSIG, la cual emplea la arquitectura orientada a objeto y basada en componentes.

#### 4.2.1-Patrones arquitectónicos

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).

## CAPÍTULO 4

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 fundamenta su funcionamiento en la reutilización de módulos o subsistemas, con el objetivo de optimizar el proceso de desarrollo de nuevas aplicaciones fundamentalmente.

El término componente es muy empleado en la actualidad debido a la necesidad de desarrollar software con la misma calidad y costo pero en menores tiempos de producción. Lo anterior se justifica con la utilización de GeneSIG como plataforma base para el desarrollo del SIG, ya que está compuesto por *core-plugins* y *plugins*. Esta posibilidad permite que la arquitectura del sistema sea flexible y fácil de personalizar, ya que posibilita agregar o modificar *plugins* sin que se vea afectado el resto de los componentes.

En el “*Sistema de Información Geográfica para disminuir el daño por incendios*” también se hace uso del patrón de Arquitectura Orientada a Objetos, el cual se basan en los principios de encapsulamiento, herencia y polimorfismo. Teniendo la gran ventaja que permite descomponer el trabajo en módulos, lo cual disminuye la complejidad. De igual modo fomenta la escalabilidad y la modularidad, a la vez que facilita la reutilización de códigos. Se evidencia el uso de este patrón, dado que el framework que se emplea para el desarrollo del SIG es CartoWeb y este posee dichas características. Se evidencia que existen relaciones de herencia, agregación y composición dentro de diferentes clases del sistema.

### **Patrones generales de asignación de responsabilidades (GRASP)**

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

**Bajo acoplamiento:** Se utiliza para asignar las responsabilidades de modo que se mantenga bajo acoplamiento (Larman C. , UML y Patrones. Introducción al análisis y diseño orientado a objetos., 1999). Este patrón se utiliza en la asignación de responsabilidades a clases de manera que un cambio en una de estas genere poco cambio en otras. Es utilizado por el sistema en la mayoría de clases posibles, con el objetivo de eliminar la dependencia de una clase con el resto, garantizando que esta no se afecte por cambios en otros componentes.

**Creador:** Es usado para asignar a la clase B la responsabilidad de crear una instancia de clase A (Larman C. , UML y Patrones. Introducción al análisis y diseño orientado a objetos., 1999). Se evidencia su uso en la clase ServerPlugin, ya que proporciona la base de herramientas para el desarrollo de *plugins*.

## CAPÍTULO 4

**Alta cohesión:** Se emplea para asignar las responsabilidades de modo que se mantenga una alta cohesión (Larman C. , UML y Patrones. Introducción al análisis y diseño orientado a objetos., 1999). Se da una alta cohesión funcional cuando los elementos de un componente colaboran para producir algún comportamiento bien definido. Está estrechamente relacionado con el patrón bajo acoplamiento y es utilizado por el sistema en la medida de lo posible en la mayor cantidad de clases.

**Experto:** Se emplea para asignar una responsabilidad a la clase que posee la información necesaria para cumplir con la responsabilidad (Larman C. , UML y Patrones. Introducción al análisis y diseño orientado a objetos., 1999). Evidenciándose su uso en la clase ClientPlugin ya que contiene las interfaces necesarias para los *plugins* del lado del cliente.

### **Patrones del Grupo de los Cuatro (GOF)**

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 los patrones tenidos en cuenta en la propuesta de solución:

**Patrón Command:** En este patrón 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. Se evidencia su uso en la clase AJAXHelper la cual tiene como propósito enviar las respuestas de los plugins “AJAX” a los plugins que responden a las peticiones del usuario.

**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. Mostrándose su uso en la clase ServerContext.

### **4.3-Modelo del Diseño**

Según (Sommerville,2004) 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.

CAPÍTULO 4

Por lo antes planteado la elaboración de un correcto modelo del diseño influye de manera significativa en la realización de un software con alta calidad ya que posibilita detallar un software con suficiente claridad.

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 expone un ejemplo de dicho diagrama, los demás podrán ser consultados en el artefacto Diagramas.doc.

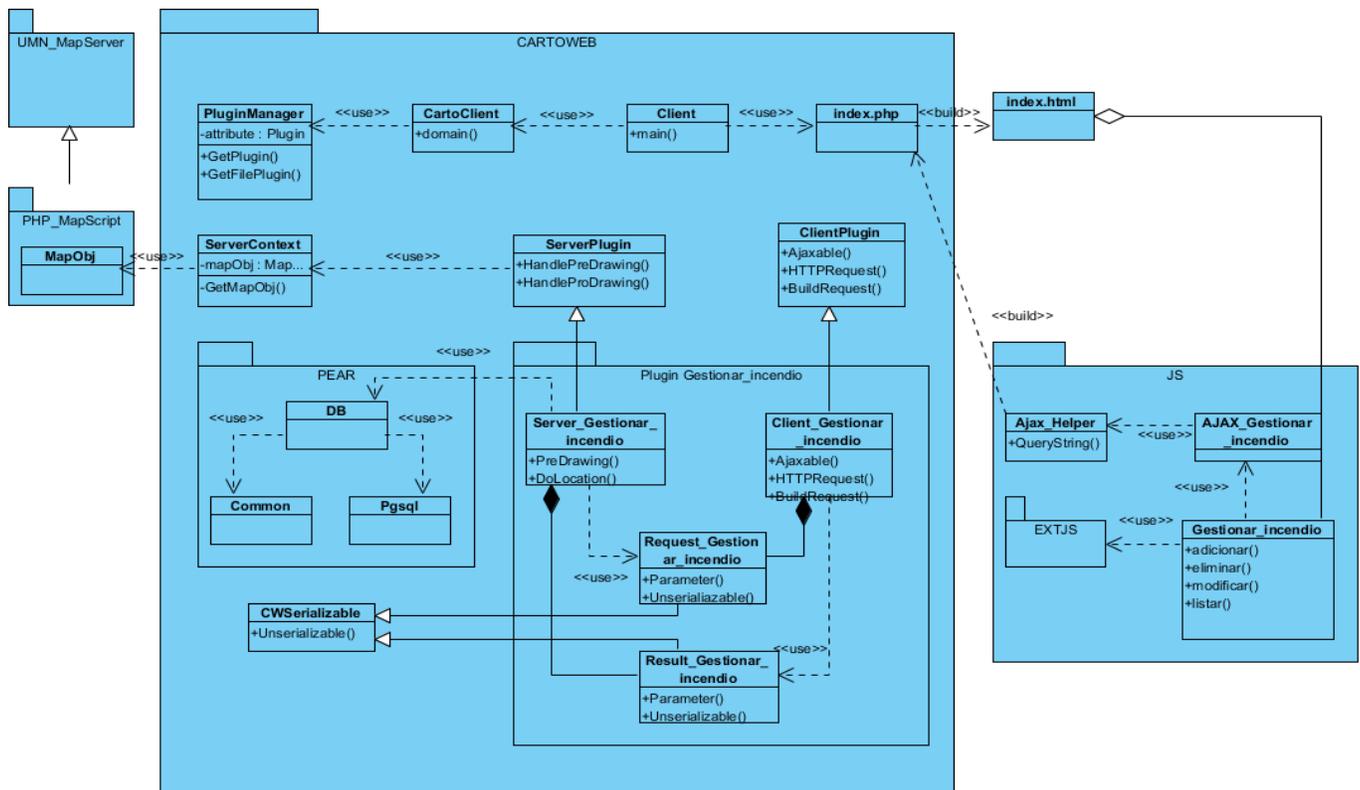


Fig # 4:Diagrama de Clases del Diseño Gestionar Incendio

**Client:** contiene todos los archivos específicos de PHP del lado de CartoClient y permite la interacción entre la index.php y la CartoClient.

**CartoClient:** integra y recoge todos los datos y funciones realizadas por cada una de las .js que intervienen en el plugin, y define una serie de variables globales que van a ser utilizadas por la aplicación.

## CAPÍTULO 4

**PluginManager:** se utiliza para gestionar la base de plugins.

**ClientPlugin:** contiene las interfaces necesarias para los plugins del lado del cliente.

**ServerPlugin:** proporciona la base de herramientas para el desarrollo de plugins.

**ServerContex:** es la contenedora de la información común que ha de ser utilizada por la parte cliente y la servidora, empleando la información seleccionada como un objeto para un fácil manejo de los datos.

**MapObj:** es donde se definen los métodos, funciones, así como el lenguaje para el intercambio de datos con el servidor de mapas (MapServer).

**DB:** es la clase encargada de establecer la conexión con el servidor de base de datos para procesar los objetos a editar.

**Common:** es la encargada de administrar las conexiones a la base de datos para ejecutar las consultas a la misma satisfactoriamente, incluye el tratamiento de los datos.

**Pgsqli:** gestiona desde PHP las funciones de postgresQL.

**CwSerializable:** se encarga de serializar todas aquellas clases que pueden ser serializadas, permitiendo la comunicación entre el ClientGincendio y ServerGincendio.

**AJAXHelper:** tiene como propósito enviar las respuestas de los plugins "AJAX" a los plugins que responden a las peticiones del usuario.

**index.html:** Es la encargada de mostrar en el mapa la información necesaria para la gestión de las zonas de interés.

**AJAX\_Gestionar\_Incendio:** Se encarga de gestionar el pedido y respuesta a las peticiones del usuario por AJAX.

**Gestionar\_Incendio:** Esta clase es la que muestra la información referente a la gestión de los datos de los incendios forestales.

## CAPÍTULO 4

**Server\_ Gestionar\_Incendio:** Es la clase servidora la cual tiene como principal función la conexión con la base de datos para efectuar los cambios requeridos y enviar las respuestas necesarias al Client\_ Gestionar\_Incendio.

**Client\_ Gestionar\_Incendio:** Recoge y selecciona de las .js contenidas en el paquete JS, toda la información correspondiente a los datos a precisar, entrados a través de los formularios, y los envía al Server\_ Gestionar\_Incendio.

**Request\_ Gestionar\_Incendio:** Esta es una clase común encargada de transportar los datos recogidos en Client\_ Gestionar\_Incendio desde la interfaz y transportarlos a la clase Server\_ Gestionar\_Incendio.

**Result\_ Gestionar\_Incendio:** Esta también es una clase común, pero se encargada de transportar los datos generados en Server\_ Gestionar\_Incendio a la clase Client\_ Gestionar\_Incendio.

### 4.4 Modelo de Datos

Un buen diseño de la base de datos es de vital importancia para el correcto funcionamiento de cualquier sistema, ya que garantiza un correcto acceso a la información, sin datos redundantes y permitiendo de este modo que las decisiones que se tomen a partir de los reportes que se generen de los datos almacenados sean las más adecuadas.

CAPÍTULO 4

4.4.1-Modelo entidad-relación

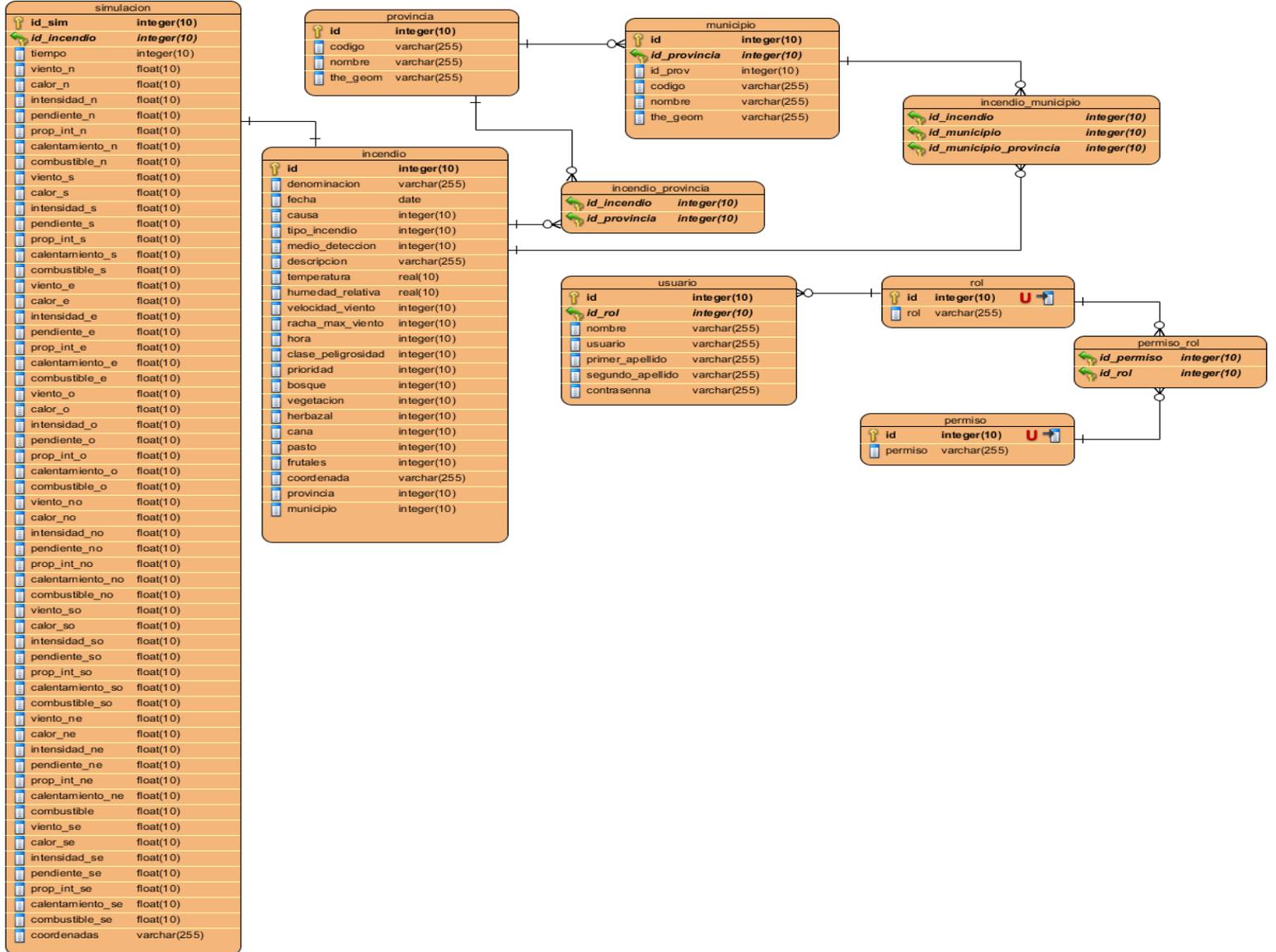


Fig # 5:Modelo de entidad-relación

## 4.5- Modelo de Implementación

Se describe 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).

Describe también cómo los elementos del modelo de diseño se implementan en términos de componentes, como ficheros de código fuente, ejecutables, entre otros. El Modelo de Implementación incluye la información necesaria para construir el sistema.

### 4.5.1-Diagrama de componentes

Este diagrama permite modelar la visión física del sistema a desarrollar, mostrando la organización del mismo además las relaciones y dependencias que existen entre sus componentes. A continuación se presenta el diagrama de componentes correspondiente al plugin Gestionar incendio. Los demás podrán ser consultados en e Diagramas.doc.

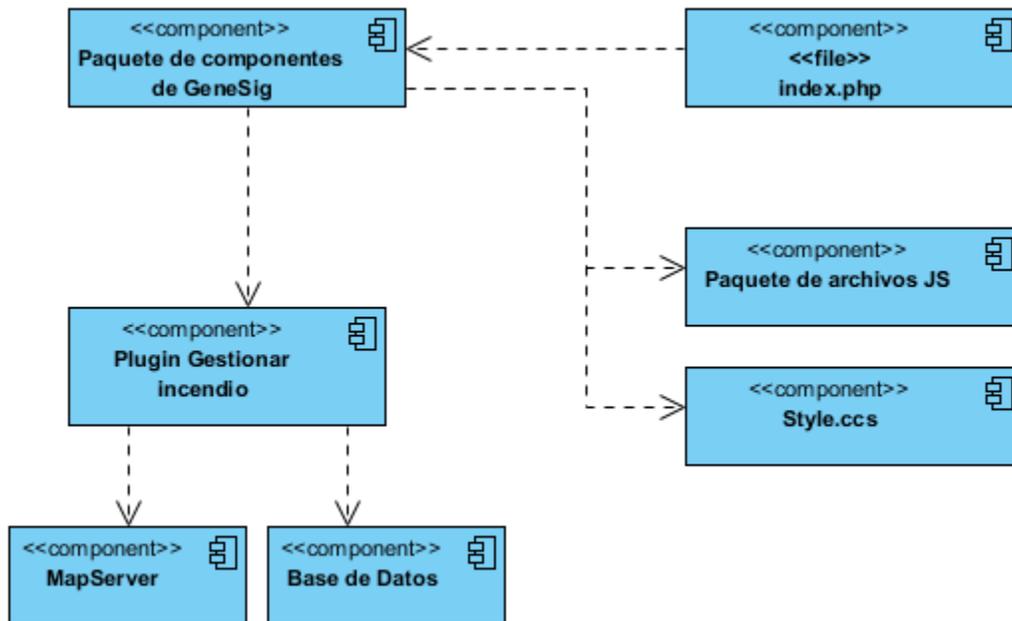


Fig # 6:Diagrama de Componentes Gestionar Incendio

## CAPÍTULO 4

### 4.6-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 fundamental en las actividades de diseño e implementación debido a que la distribución del sistema tiene una influencia principal en su diseño (Jacobson).

Un diagrama de despliegue es un tipo de diagrama del Lenguaje Unificado de Modelado que muestran las relaciones físicas de los distintos nodos que componen un sistema y el reparto de los componentes sobre dichos nodos. (Diagrama de despliegue, 2012)

Un diagrama de despliegue es un tipo de diagrama del lenguaje unificado de software que se utiliza nodos y relaciones entre ellos para modelar artefactos de software y hardware.

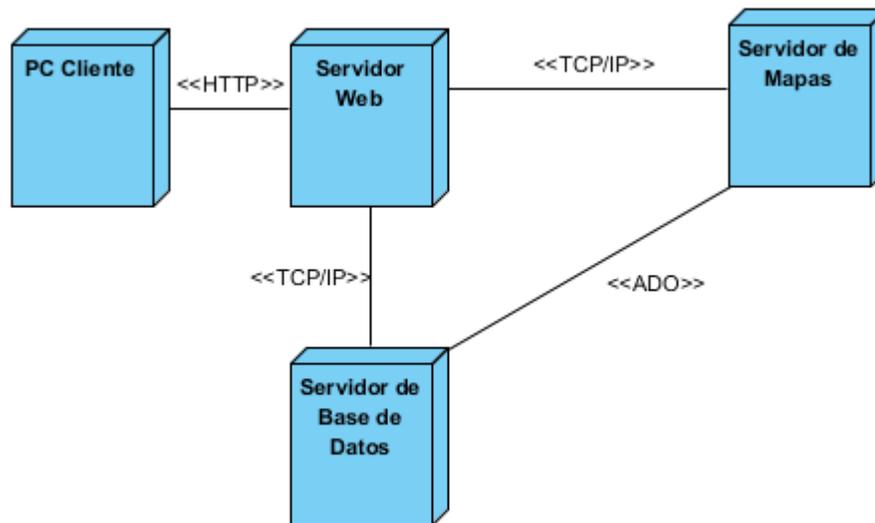


Fig # 7:Diagrama de despliegue

## CAPÍTULO 4

### 4.7-Proceso de Pruebas de la solución propuesta

Las pruebas del software son un elemento imprescindible para garantizar la calidad del mismo y representa una revisión final de las especificaciones, el diseño y la codificación. Se puede definir como un proceso de ejecución de un programa con la intención de descubrir errores y tiene éxito si descubre uno o más errores no detectados hasta entonces.

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).

Las pruebas se organizan por niveles, los 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).

A continuación, se mencionan los niveles de pruebas a aplicar en la presente investigación y una breve descripción de los mismos:

- **Sistema:** las pruebas de sistema buscan discrepancias entre el sistema y sus objetivos, es decir, sus requisitos. Estas pruebas verifican que el sistema como un todo responda a las necesidades que le dieron origen y sea así de utilidad al usuario final.
- **Unitarias:** es una forma de comprobar el correcto funcionamiento de una unidad de código. Por ejemplo en diseño estructurado, una función o un procedimiento, en diseño orientado a objetos, una clase.

Independientemente de los niveles existen dos métodos 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.

**Caja negra:** Las pruebas de caja negra, también denominadas pruebas de comportamiento, se enfocan en los requerimientos funcionales del software. Permiten derivar conjuntos de condiciones de entrada que son las encargadas de revisar por completo todos los requerimientos funcionales para un programa

Las pruebas de caja negra intentan encontrar errores en las categorías siguientes:

- Funciones incorrectas o faltantes.

## CAPÍTULO 4

- Errores de interfaz.
- Errores en las estructuras de datos o en el acceso a bases de datos externas.
- Errores de comportamiento o rendimiento.
- Errores de inicialización y terminación.

Entre las técnicas de pruebas de caja negra se selecciona partición de equivalencia, la cual divide el dominio de entrada de un programa en clases de datos de los que pueden derivarse casos de prueba. El diseño de casos de prueba para la partición equivalente se basa en una evaluación de las clases de equivalencia para una condición de entrada. Una clase de equivalencia representa un conjunto de estados válidos o inválidos para condiciones de entrada.

**Caja blanca:** La prueba de caja blanca, en ocasiones llamada prueba de caja de vidrio, es una filosofía de diseño de casos de prueba que usa la estructura de control descrita como parte del diseño a nivel de componentes para derivar casos de prueba (Pressman R. S., 2010). Al utilizar los métodos de prueba de caja blanca, puede derivar casos de prueba que:

- Garanticen que todas las rutas independientes dentro de un módulo se revisaron al menos una vez.
- Revisen todas las decisiones lógicas en sus lados verdadero y falso.
- Ejecuten todos los bucles en sus fronteras y dentro de sus fronteras operativas.
- Revisen estructuras de datos internas para garantizar su validez.

### **4.7.1-Casos de pruebas**

En el siguiente epígrafe se abordarán los elementos del diseño de las pruebas a aplicar en el sistema. Además, solo se documentan las pruebas funcionales a nivel de sistema realizadas. Las pruebas de unidad se han realizado mediante el empleo de la herramienta PHPunit con el fin de facilitar el proceso.

A continuación, se realiza el diseño de caso de prueba correspondiente al **RF10.Adicionar incendio forestal**.

**Nivel de prueba:** Sistema.

**Tipo de Prueba:** Funcionalidad.

**Método de prueba:** Basado en caja negra.

**Técnica:** Particiones de equivalencia.

**CAPÍTULO 4**

**Descripción General:** El requisito se inicia cuando el usuario desea insertar un incendio forestal mediante la funcionalidad correspondiente y termina cuando el sistema muestra el mensaje “Incendio adicionado satisfactoriamente”.

**Condiciones de Ejecución:**

- El usuario debe estar autenticado.

Tabla # 2 Descripción de las variables de entrada

No	Nombre de campo	Clasificación	Valor Nulo	Descripción
1	Denominación	Texto	No	Denominación asignada a un incendio forestal.
2	Provincia	Lista desplegable	No	Lista desplegable en la que se encuentran los nombres de todas las provincias de Cuba.
3	Municipio	Lista desplegable	No	Lista desplegable en la que se encuentran los nombres de todas las municipios de Cuba.
4	Velocidad del viento	Numerico	No	Campo de texto en el cual se escribe el valor de la velocidad actual del viento.
5	Racha máxima de viento	Numérico	No	Campo de texto en el cual se escribe el valor de la racha máxima de viento registrada desde el inicio del incendio.
6	Vegetación afectada	Checkbox	No	Checkbox que muestra los tipos de vegetación que pueden ser afectados por un incendio forestal en Cuba.

**SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA DISMINUIR EL DAÑO POR INCENDIOS**

**CAPÍTULO 4**

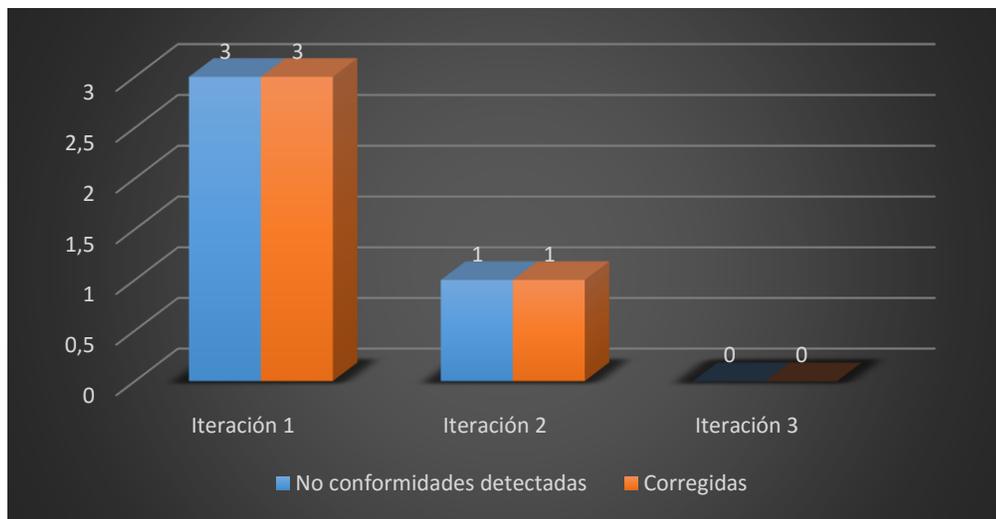
Tabla # 3 Matriz de datos

Insertar incendio forestal satisfactoriamente	El usuario selecciona la funcionalidad Gestionar incendio, hace clic en la opción Adicionar, introduce los datos correctamente y selecciona la opción Aceptar.	Incendio#1	La Habana	La Lisa	50	46	Bosque, Pasto	incendio y muestra un mensaje de confirmación."Incendio insertado satisfactoriamente".	2. Seleccionar la opción Añadir. 3. Insertar los datos pertinentes en el formulario. 4. Presionar el botón Aceptar.
Introducir datos incorrectos.	El usuario introduce datos incorrectos en el formulario y presiona el botón Aceptar.	V	V	V	I	V	V	El sistema muestra un mensaje de error y no permite insertar el incendio."El valor del viento o de la racha máxima de viento no pueden ser	1. Autenticarse 2. Seleccionar la opción Añadir. 3. Insertar los datos pertinentes en el formulario con errores.
		Incendio#2	Pinar del Río	La Palama	-54	24	Caña		
		V	V	V	V	I	V		
Dejar campos obligatorios en blanco	El usuario deja campos obligatorios en blanco y presiona el botón Insertar.	Incendio#1	La Habana	La Lisa	50	-45	Bosque, Pasto	El sistema no habilita el botón Aceptar.	1. Autenticarse 2. Seleccionar la opción Añadir. 3. Insertar los datos pertinentes en el formulario dejando campos en blanco.
		I	V	V	V	V	V		
		V	I	I	V	V	V		
		Incendio#1			50	46	Bosque, Pasto		
		V	V	I	V	V	V		
Incendio#1	La Habana		50	46	Bosque, Pasto				
		V	V	V	I	V	V		
		Incendio#1	La Habana	La Lisa		46	Bosque, Pasto		
		V	V	V	V	V	V		
		Incendio#1	La Habana	La Lisa	50	46	Bosque, Pasto		
		V	V	V	V	I	V		
		Incendio#1	La Habana	La Lisa	50		Bosque, Pasto		
		V	V	V	V	V	I		
Incendio#1	La Habana	La Lisa	50	46					
Cerrar la ventana Gestionar incendio.	El usuario selecciona la funcionalidad Gestionar incendio y luego decide	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Se cierra la ventana Gestionar incendios.	1. Autenticarse 2. Seleccionar la opción insertar incendio.

**CAPÍTULO 4**

**4.7.2-Resultado de las pruebas**

“El Sistema de Información Geográfica para disminuir el daño por incendios” fue sometido a una primera iteración de pruebas, la que arrojó tres no conformidades de interfaz de usuario, luego de corregidas las mismas se procede a una segunda iteración obteniéndose una no conformidad, la cual fue corregida y al someter al sistema a una tercera iteración, se obtuvieron resultados satisfactorios. Con el desarrollo de las pruebas de caja negra se pudo verificar que el software cumple con las funcionalidades establecidas en la fase de análisis y que está en condiciones de ser entregado a los usuarios finales. A continuación, se muestra una gráfica con los resultados obtenidos en cada una de las iteraciones realizadas:



Fig# 8:Resultados obtenidos de la prueba de caja negra.

A continuación, se muestran ejemplos de las no conformidades detectadas durante las pruebas a la aplicación y la respuesta:

Tabla # 4 No conformidades encontradas y respuestas dadas

**CAPÍTULO 4**

Tabla # 5 No conformidades encontradas y respuestas dadas

<b>Elemento</b>	<b>No.</b>	<b>No conformidad (NC)</b>	<b>Alta</b>	<b>Medi a</b>	<b>Baj a</b>	<b>Resp. equipo de desarrollo</b>
Aplicación	1	Cuando el usuario selecciona el plugin Gestionar incendio y hace clic en la opción Adicionar.  El sistema permitía adicionar incendios con datos obligatorios en blanco.	X			Se realizaron las validaciones pertinentes para que el botón de aceptar no se habilitara hasta que todos los campos obligatorios no estuvieran con valores.
Aplicación	2	Cuando el usuario selecciona el plugin Gestionar incendio y desea Adicionar un incendio podía seleccionar cualquier municipio del país independientemente de la provincia seleccionada.	X			Se corrigió el método de obtención de los municipios para que permitiera seleccionar solamente los municipios pertenecientes a la provincia seleccionada.
Aplicación	3	Cuando el usuario selecciona el Gestionar incendio y adiciona un nueva incendio el sistema permite adicionar los valores del viento y la racha máxima de viento negativos.	X			Se realizaron las validaciones pertinentes para corregir este error.

**CAPÍTULO 4**

Ortografía	4	En el combobox Medio de detección, faltaba la tilde del medio de detección Avión.			X	Se corrigió el error ortográfico.
------------	---	---	--	--	---	-----------------------------------

**4.8-Conclusiones Parciales**

El empleo adecuado de los patrones y estilos arquitectónicos, enlazado a un correcto diseño de la base de datos posibilitó realizar una satisfactoria implementación. Por otro lado el desarrollo de las pruebas de caja negra permitió comprobar el cumplimiento de los requisitos funcionales del sistema, identificar y solucionar las deficiencias detectadas y verificar que el mismo cumple con la calidad requerida.

## Conclusiones Generales

Al terminar la investigación se concluye que:

Con el cumplimiento de los objetivos y las tareas de la investigación definidas se logró obtener una solución a la problemática que sentó las bases para el desarrollo de la investigación. La solución propuesta garantiza la obtención de resultados confiables sobre los datos analizados, lo que posibilita un aporte significativo para el proceso de toma de decisiones del Cuerpo de Guardabosques de Cuba.

La documentación técnica generada durante el proceso de desarrollo de la solución propuesta, permitirá a otros desarrolladores comprender mejor su estructura y funcionamiento para la incorporación de nuevas funcionalidades o su reutilización en la creación de nuevos componentes.

Las herramientas y tecnologías utilizadas para la construcción del “*Sistema de Información Geográfica para reducir el daño por incendios*” permiten al Cuerpo de Guardabosques de Cuba disponer de un producto informático que contribuye a la soberanía tecnológica que impulsa el país y la universidad.

## RECOMENDACIONES

### Recomendaciones

Una vez vencidos los objetivos de la investigación y teniendo en cuenta las experiencias obtenidas a lo largo de su desarrollo, se recomienda:

- Darle continuidad a la investigación mediante métodos que permitan representar la propagación de los incendios forestales, teniendo en cuenta la obtención en tiempo real de las variables necesarias para la simulación de los mismos.

**BIBLIOGRAFÍA**

**Bibliografía**

PHP GROUP. (2013). What is PHP? Retrieved from [www.php.net](http://www.php.net)

Apache Software Foundation. (1997). Apache. Retrieved 11 22, 2015, from <http://httpd.apache.org>

Buzai, G. D. (2013). Sistemas de Información Geográfica (SIG), Teorías y Aplicación.

Caballero, V. (2010). Estrategia para la implementación de Sistemas de Información Geográfica del petróleo sobre la base de la Plataforma GeneSIG. La Habana.

CENTRO DE TECNOLOGÍA Y CONOCIMIENTO AERONÁUTICO.(2013) (n.d.). wildfireexperience. Retrieved from Incendios forestales • Mission Training • Simulación Inmersión• Innovación• Flight Training: <http://www.seilaf.com/documentos/2/funcionamiento-seilaf.pdf>

Chaves, N. (n.d.). Retrieved from Simulación de Incendios Forestales: <http://www2.famaf.unc.edu.ar/institucional/biblioteca/trabajos/638/15503.pdf>

Chávez, N. (2012). Simulación de Incendios Forestales. Retrieved from <http://www2.famaf.unc.edu.ar/institucional/biblioteca/trabajos/638/15503.pdf>

Comisión Nacional Forestal, Coordinación General de Educación y Desarrollo Tecnológico, Gerencia de Desarrollo y Transferencia de Tecnología. (2012). Caracterización y cuantificación de combustibles forestales. Retrieved from [http://queimadas.cptec.inpe.br/~rqueimadas/material3os/Evaluac\\_cuantific\\_de\\_combustibles\\_Forestales.pdf](http://queimadas.cptec.inpe.br/~rqueimadas/material3os/Evaluac_cuantific_de_combustibles_Forestales.pdf)

CONAF, C. N. (2011). Retrieved from Manual con medidas para la prevención de incendios forestales: [http://www.conaf.cl/wp-content/files\\_mf/1367248086manual\\_RMbaja.pdf](http://www.conaf.cl/wp-content/files_mf/1367248086manual_RMbaja.pdf)

Confederación de Empresarios de Andalucía. (2010). Sistema de Información Geográfica, tipos y aplicaciones empresariales.

Diagrama de despliegue. (2012). Retrieved from EcuRed: [https://www.ecured.cu/Diagrama\\_de\\_despliegue](https://www.ecured.cu/Diagrama_de_despliegue)

Fernández, Y. M. (2013). Sistema de Información Geográfica para el Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas. La Habana.

**BIBLIOGRAFÍA**

- GIS Commons. (2011). What is GIS? Retrieved from <http://www.gis.com/content/what-gis>
- Guadalajara, G. T. (2015). Incendios de vegetación. Retrieved from [http://ceis.antiun.net/docus/pdfsonline/m1/M1\\_Incendios\\_v6\\_06\\_vegetacion/M1-Incendios-v6-06-vegetacion.pdf](http://ceis.antiun.net/docus/pdfsonline/m1/M1_Incendios_v6_06_vegetacion/M1-Incendios-v6-06-vegetacion.pdf)
- Guerrero, M. (2013). Manual sobre PostgreSQL. Retrieved from [http://www.postgresql.org.es/sobre\\_postgresql](http://www.postgresql.org.es/sobre_postgresql)
- Guerrillera", M. P. (2005 ). SIG para localización y análisis de incendios forestales en la provincia de Pinar del Río(Fénix).
- Indonesia Sustainable Landscapes Knowledge. (2015). An Economic Analysis of Indonesia's 2015 Fire Crisis. Retrieved from The Cost of Fire: <http://pubdocs.worldbank.org/en/643781465442350600/Indonesia-forest-fire-notes.pdf>
- Jacobson, B. &. (2004). El Proceso Unificado de Desarrollo. Vol I, Vol II. La Habana: Félix Varela.
- Jennifer K. Balch, B. A. (2017). Human-started wildfires expand the fire . Retrieved from <http://www.pnas.org/content/114/11/2946.full.pdf>
- Laboratorio Unidad Pacífico Sur (CIESAS). (2016). Sistema de Información Geográfica.
- Larman, C. (1999). UML y Patrones. Introducción al análisis y diseño orientado a objetos. Mexico: PRENTICE HALL.
- Larman, C. (2003). UML y Patrones 2da Edición. España : Pearson Educación.
- López, L. G. (2004). Estudio de las características físicas y geométricas de la llama en los incendios forestales.
- M.Sc. P. R. Zamora González, L. O. (2010). Fortalecimiento del sistema de protección contra incendios forestales en el macizo montañoso Guamuhaya. Retrieved from <http://www.cubasolar.cu/Biblioteca/Ecosolar/Ecosolar32/HTML/articulo05N.htm>
- Madrigal, F. R. (n.d.).(2013). AVANCES TÉCNICOS Y APLICACIONES DEL SIMULADOR DE INCENDIOS FORESTALES VISUAL-CARDIN PARA LA RECONSTRUCCIÓN DE EVENTOS Y PREDICCIÓN DE LOS EFECTOS DEL FUEGO SOBRE EL LECHO DE GERMINACIÓN Y LA

**BIBLIOGRAFÍA**

REGENERACIÓN DE LA VEGETACIÓN. Retrieved from  
secforestales.org/publicaciones/index.php/congresos/article/viewFile/7417/7340

Malgar, P. C. (n.d.).(2016). CARTOGRAFÍA DE MODELOS DE COMBUSTIBLE DEL MONTE. Retrieved  
from [http://oa.upm.es/6573/2/PFC\\_PABLO\\_CHAVERO\\_MELGAR.pdf](http://oa.upm.es/6573/2/PFC_PABLO_CHAVERO_MELGAR.pdf)

Membrides Espinosa, A. (2013). Manual de GeneSIG.

Merino, J. P. (2014). Definición de incendio. Retrieved from Definición de: <http://definicion.de/incendio/>

Ministry of Forests, Lands and Natural Resource Operations. (2017). Wildfire Management Branch.

Modelos matemáticos de los incendios forestales. (n.d.).(1993). Retrieved from  
<http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6436/06CAPITULO4.PDF?sequence=6>

naturales., L. d. (2011). Conceptos básicos. Retrieved from Incendios forestales:  
<http://incendios.semadet.jalisco.gob.mx/conceptos>

NetBeans. (2013-2014). NetBeans. Retrieved from NetBeans IDE Features:  
<https://netbeans.org/features/index.html>

Oficina de Proyectos de Informática. (2015). PMOinformática.com.

Orallo, E. H. (2003). El Lenguaje Unificado de Modelado (UML) . Retrieved from  
<http://www.disca.upv.es/enheror/pdf/ActaUML.PDF>

Pressman. (2001). Ingeniería de Software.Un enfoque práctico5ta. .

Pressman. (2005). Ingeniería de Software: Un enfoque práctico. Sexta Edición.

Pressman, R. S. (2010). Ingeniería de Software. Un enfoque práctico. (Séptima Edición ed.). Retrieved  
noviembre 7, 2016

Prof. Dr. J. A. Capote; Dr. D. Alvear; Dr. O. Abreu Ing. Ind. M. Lázaro; Ing. Ind. P. Espina. (n.d.).(2008)  
GIDAI. Retrieved from Algunos Conceptos y Definiciones del Modelado y Simulación Computacional  
de Incendios:  
<http://grupos.unican.es/gidai/web/Algunos%20Conceptos%20y%20Definiciones%20de%20la%20Modelaci%C3%B3n%20y%20Simulaci%C3%B3n%20Computacional%20de%20Incendios.pdf>

**BIBLIOGRAFÍA**

- RAE. (n.d.). Diccionario de la lengua española-Edición del Tricentenario.
- Ramírez Martín, & Rodríguez Donatien. (2009). Sistema para la Identificación de Aguas en Pozos Petroleros (SIAPP). La Habana: Universidad de las Ciencias Informáticas.
- Regional Fire Monitoring Center. (2015). FOREST FIRES COUNTRY STUDY. Retrieved from FORMER YUGOSLAV REPUBLIC OF MACEDONIA:  
[http://documents.rec.org/publications/Forest\\_Fires\\_FYRMACEDONIA.pdf](http://documents.rec.org/publications/Forest_Fires_FYRMACEDONIA.pdf)
- Romero, J. P. (2014). Aplicación de técnicas gráficas al estudio y evolución de incendios forestales. Retrieved from [https://books.google.com.cu/books?id=NADCCQAAQBAJ&pg=PA23&lpg=PA23&dq=El+simulador+de+incendios+CARDIN+\(Mart%C3%ADnez-Mill%C3%A1n+et+al.+1991\)&source=bl&ots=ZeieeWVshU&sig=8Ha7UaTsm41BZCfEC9uSuTJWM6M&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjGo47V0IfUAhUq64MKHXWDAd4Q6AEIIZa](https://books.google.com.cu/books?id=NADCCQAAQBAJ&pg=PA23&lpg=PA23&dq=El+simulador+de+incendios+CARDIN+(Mart%C3%ADnez-Mill%C3%A1n+et+al.+1991)&source=bl&ots=ZeieeWVshU&sig=8Ha7UaTsm41BZCfEC9uSuTJWM6M&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjGo47V0IfUAhUq64MKHXWDAd4Q6AEIIZa)
- Rothermel. (n.d.). Modelos de combustible. Retrieved from Incendios forestales:  
[https://alojamientos.uva.es/guia\\_docente/uploads/2013/449/42174/1/Documento23.pdf](https://alojamientos.uva.es/guia_docente/uploads/2013/449/42174/1/Documento23.pdf)
- Sánchez, T. R. (2014). PROGRAMA DE MEJORA. Metodología de desarrollo para la Actividad productiva de la UCI.
- Sommerville, I. (2005). Ingeniería de Software, Séptima Edición.
- Urrejola, I. M. (2017). Minuto a Minuto. Retrieved from <http://www.t13.cl/noticia/nacional/minuto-a-minuto/Sigue-el-minuto-a-minuto-de-los-incendios-forestales-en-Chile>
- Yagüez, R. L. (2012). Sistema de Información Geográfica (S.I.G). Retrieved from [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)
- Zayas Agüero, P. M. (2014). Métodos del conocimiento teórico. Retrieved from <http://www.rppnet.com.ar/tecnicasdeinvestigacion.htm>

## Anexo 1: Interfaces de usuario.

The image shows a software window titled "Adicionar Incendio" with a close button (X) in the top right corner. The window contains a form with the following fields:

- Datos generales** (expanded section):
  - Denominación:** A text input field.
  - Causa del incendio:** A dropdown menu with "Seleccione ..." as the current selection.
  - Hora:** A text input field.
  - Fecha:** A date picker field.
  - Tipo de incendio:** A dropdown menu with "Seleccione..." as the current selection.
  - Provincia :** A dropdown menu with "Seleccione..." as the current selection.
  - Medio de detección:** A dropdown menu with "Seleccione..." as the current selection.
  - Municipio :** A dropdown menu with "Seleccione..." as the current selection.
  - Descripción:** A large text area for entering details.

At the bottom right of the window, there are two buttons: "Cancelar" (with an X icon) and "Aceptar" (with a checkmark icon).

Fig# 9:Interfaz del RF10.Insertar incendio.

ANEXOS

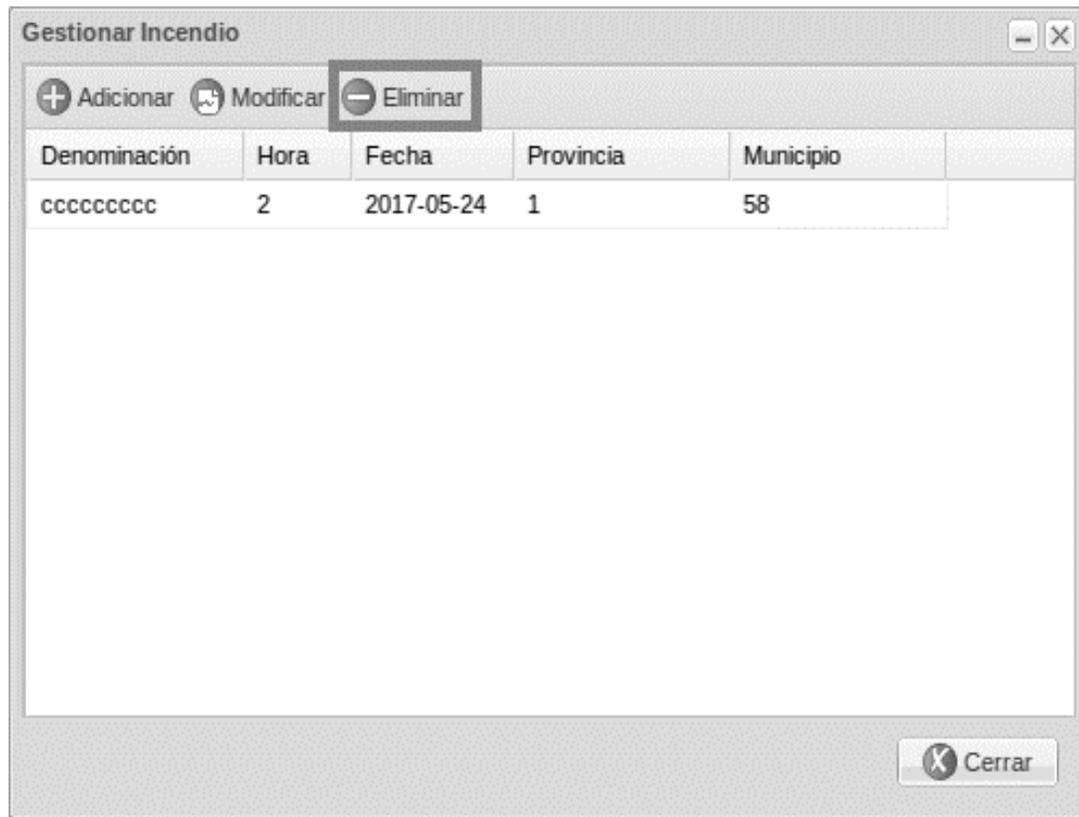
The image shows a software dialog box titled "Modificar Incendio". It features a tabbed interface with the "Datos generales" tab selected. The form contains the following fields:

- Denominación:** A text input field.
- Causa del incendio:** A dropdown menu with "Seleccione..." as the current selection.
- Hora:** A text input field.
- Fecha:** A date picker field.
- Tipo de incendio:** A dropdown menu with "Seleccione..." as the current selection.
- Provincia:** A dropdown menu with "Seleccione..." as the current selection.
- Medio de detección:** A dropdown menu with "Seleccione..." as the current selection.
- Municipio:** A dropdown menu with "Seleccione..." as the current selection.
- Descripción:** A large text area for entering details.

At the bottom right of the dialog, there are two buttons: "Cancelar" (with a close icon) and "Aceptar" (with a checkmark icon).

Fig# 10: Interfaz del RF11.Modificar incendio.

ANEXOS



Fig# 11:Interfaz del RF12.Eliminar incendio.

## **Anexo 2: Entrevista realizada.**

**Entrevistado:** Marcos Crespo Acebal. (Jefe Provincial del CGB de Pinar del Río)

### **Preguntas:**

1. ¿Qué procesos se llevan a cabo?
2. ¿Tienen algún orden o secuencia estos procesos?
3. ¿Podría explicarme en qué consiste cada proceso?
4. ¿Qué procesos son los más importantes?
5. ¿Qué datos maneja en cada uno de ellos?
6. ¿Estos datos como los obtiene?
7. ¿Existen restricciones sobre los datos que se manejan?
8. ¿Existen restricciones de seguridad?
9. ¿Quiénes deben acceder a la información de la entidad?